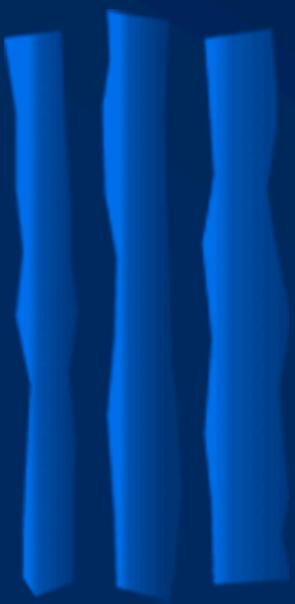


Universidad Pablo de Olavide, Sevilla



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 29. Junio de 2020.

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)



Insurance Options: Beating the Benchmark. Are Catastrophe Bonds more profitable than Corporate Bonds?

CARO BARRERA, JOSÉ RAFAEL

Dept. of Statistics, Econometrics, Operational Research and Applied Economics

University of Córdoba (Spain)

Correo electrónico: z52cabaj@uco.es

ABSTRACT

In this paper, we establish a comparison between one of the most traded financial derivatives in the markets, the so-called catastrophe bonds (abbreviated as cat bonds) and the corporate bonds. In the first section, we start from a brief definition as well as some basic concepts. In section two, we will enumerate the type of investors to whom these products might be interesting and how to price them. Afterwards, in section three we move onto the analysis of the trading rule proposed, that is, the comparison with Corporate bonds, our benchmark, in terms of expected returns. In sections four and five, we will point out some key issues on how the credit risk associated to these products can be reduced and, finally, in the last section, we will conclude with some discussions and remark the state-of-the-art research on this field.

Keywords: catastrophe bonds, corporate bonds, risk securitization, risk transferring, structured product, insurance-linked securities, reinsurance risk, derivatives pricing, credit risk.

JEL classification: G11; G12; G14.

MSC2010: 60G20; 62P20; 91G40.

Opciones de seguros: superando la referencia. ¿Son más rentables los bonos catástrofe que los bonos corporativos?

RESUMEN

En este artículo establecemos una comparación entre uno de los derivados financieros más negociados en los mercados, los llamados bonos catástrofe (abreviados como bonos CAT) y los bonos corporativos. En la primera sección comenzamos con una breve definición y algunos conceptos básicos. En la sección dos, enumeraremos el tipo de inversores para quienes estos productos pueden ser interesantes y cómo se podría fijar el precio. Posteriormente, en la sección tres, pasamos al análisis de la regla de negociación propuesta, es decir, la comparación con los bonos corporativos, nuestro punto de referencia, en términos de rentabilidad esperada. En las secciones cuatro y cinco señalaremos, respectivamente, algunas cuestiones clave sobre cómo se puede reducir el riesgo de crédito asociado a estos productos y, finalmente, en la última sección, concluiremos con algunas discusiones y comentaremos las investigaciones más recientes sobre este tema.

Palabras clave: bonos catástrofe, bonos corporativos, titulización del riesgo, transferencia de riesgo, productos estructurados, valores vinculados a seguros, riesgo de reaseguro, precios de derivados, riesgo de crédito.

Clasificación JEL: G11; G12; G14.

MSC2010: 60G20; 62P20; 91G40.

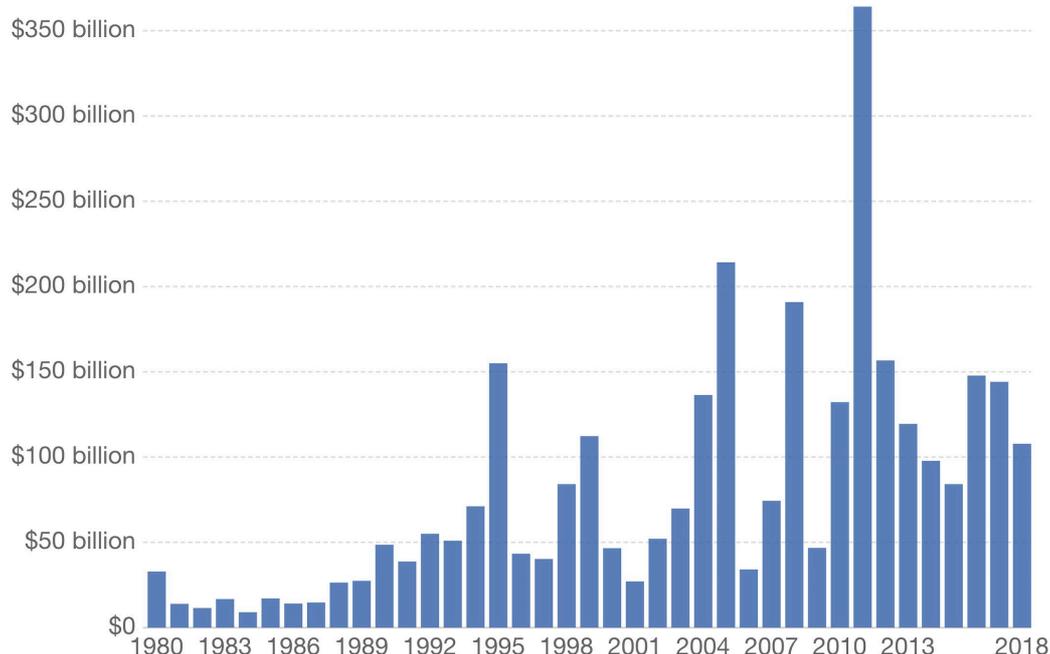


1. Introduction: definition and basic concepts.

According to the *Emergency Events Database (EM-DAT)*¹, in 2018 the economic cost of disasters were 107.77 billion US\$. Such losses may have a significant financial impact on governments if the damages are not fully insured or, at least, partially protected. For developing countries, this mishap may cause a cutout in the state funds for development projects, to disaster relief and rebuilding efforts. One way to avoid this financial risk is through catastrophe risk securitization instruments. Therefore, this allows governments to raise money from investors willing to bet against the likelihood of a disaster occurring in a particular place during a particular time period.

Figure 1 shows the evolution of such costs since 1980 (note that in 2011 the amount rose to more than 350 billion US\$).

Figure 1. Global damage costs from natural disasters.



Source: EMDAT: OFDA/CRED International Disaster Database, Université Catholique de Louvain -Brussels - Belgium. Retrieved from: <https://ourworldindata.org/natural-disasters>

There are a variety of insurance linked securities instruments, such as options, swaps, and bonds. Among them, Catastrophe bonds (from now on CAT bonds) are the largest issued and most successful product. According to the website Artemis², the CAT bonds and insurance-linked securities risk capital issued, have topped nearly 14 billion USD in 2018 and are set to be the highest of all times (still to close 2019).

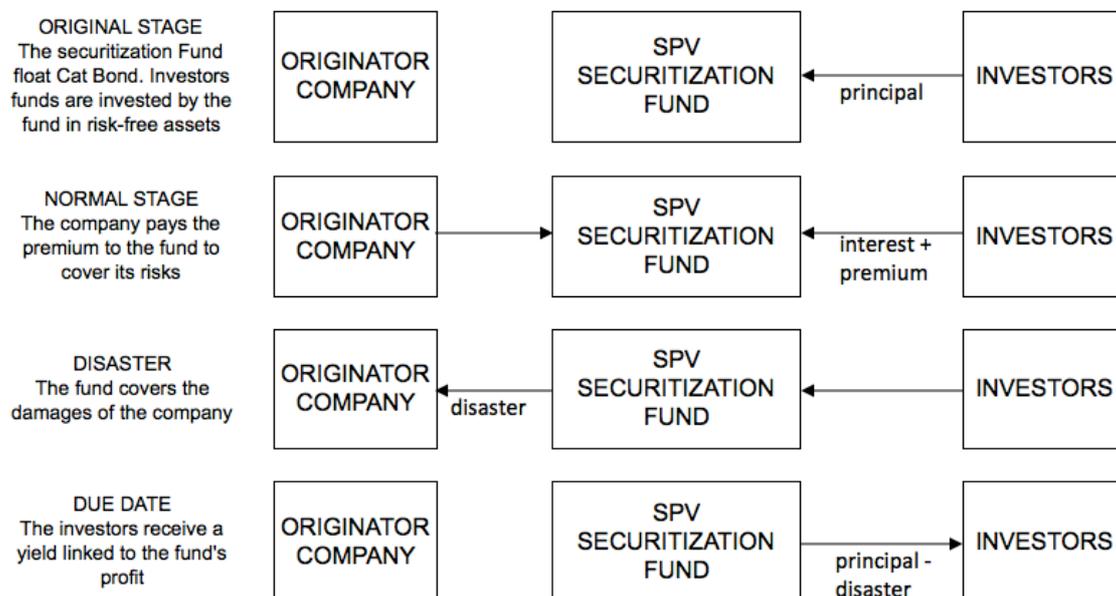
A CAT bond is conceptually a structured note where the coupon payment and/or principal repayment by the issuer is contingent upon the non-occurrence of a specified event-typically, a catastrophe event such hurricanes, droughts, floods, earthquakes, wildfires, extreme weather, etc. In

¹ The EM-DAT is a database launched by the Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED) <https://www.emdat.be/>

² The Catastrophe Bond, Insurance Linked Securities & Investment, Reinsurance Capital, Alternative Risk Transfer and Weather Risk Management Portal: Homepage Steven Artemis.bm - <https://www.artemis.bm/>

essence, the CAT bond structure creates a direct nexus between payment of interest or principal and the catastrophe risk.

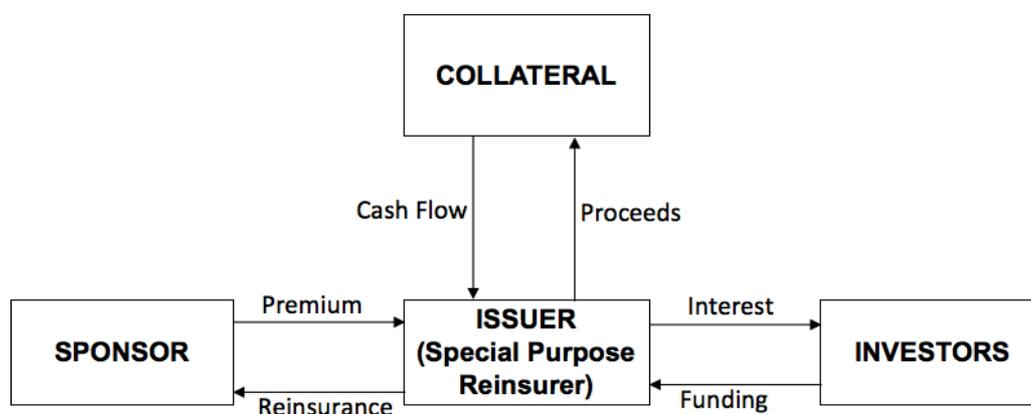
Figure 2. Basic functioning of a CAT bond.



Source: Author's adaptation of information from Artemis from <https://www.artemis.bm/>

The basic functioning and structure of a CAT bond is shown in the figures 2 and 3, respectively. More explicitly, for example, if an insurer has built up a portfolio of risks by insuring properties in Florida, then he or she might wish to pass some of this risk on so that he/she can remain solvent after a large hurricane. They could simply purchase traditional catastrophe reinsurance, which would pass the risk on to reinsurers. Alternatively, they could sponsor a CAT bond, which would pass the risk on to investors. In consultation with an investment bank, they would create a special purpose entity that would issue the CAT bond. Investors would buy the bond, which might pay them a coupon of LIBOR plus something from 3 to 20%. If no hurricane hits Florida, then the investors made a healthy return on their investment. However, if a hurricane hits Florida and triggers the CAT bond, then the principal initially paid by the investors is forgiven, and is instead used by the sponsor to pay their claims to policyholders.

Figure 3. Structure of a CAT bond.



Source: Author's adaptation of information from Artemis <https://www.artemis.bm/>

CAT bonds issues are typically undertaken by an insurer to hedge its losses upon the occurrence of a catastrophe event. The issues are generally structured as follows:

- The issuer of the bond is a special purpose vehicle³, which is generally located in a tax haven.
- The insurer seeking reinsurance cover enters into a reinsurance contract with the SPV. The insurer pays a premium to the SPV in return for assuming the insurance risk.
- The SPV issues the CAT bond to transfer the reinsurance risk assumed in the transaction to investors in the bonds.
- The SPV uses the proceeds of the issue to purchase high quality securities (generally US Treasury securities).
- The SPV pays the CAT bond investors a coupon that is equivalent to the coupon on the US Treasury securities and the reinsurance premium received by the SPV.
- The principal repayment is contingent on the occurrence of the specified catastrophe event:
 1. If there is a catastrophe event, the investors will lose principal up to the full face value of the transaction. The loss to the insurer will be paid out under the reinsurance contract by the SPV and funded out of the US Treasury securities held.
 2. If there is no catastrophe event, then the principal will be paid in full to the investor out of the maturing US Treasury investment pool.

A CAT bond is designed to achieve the following objectives:

- To allow investors access to insurance linked investments: the packaging of the reinsurance risk into a fixed income security format allows investors, who may otherwise be prevented from entering into transactions involving insurance risk, to participate in this structure.
- To reduce credit risk of the transaction: the credit risk on the reinsurance contract is reduced as the obligations to cover losses are fully collateralized by the US Treasury securities. Indeed, the investors provide the insurer with the hedge against losses through the forgiveness of the issued debt.
- To provide structured exposure to insurance risk: the CAT bond format allows the exact degree and level of exposure to the insurance event to be precisely structured to meet investor requirements.
- To transfer risks: for the issuer - typically governments, insurers, and reinsurers - CAT bonds signify financial protection in case of a major natural catastrophe, such as a hurricane or an earthquake. For the investor, buying the bonds means they may get high returns for their investment, which is not subject to financial market fluctuations. As Lakdawalla and Zanjani (2004) points out, these collateralized instruments are useful in a risk transfer market when insurers cannot write contracts with a full menu of state-contingent payments.

2. Type of investors.

The CAT bonds have proved more attractiveness to institutional investors because of the fixed interest investment format that denies the need to enter into separate derivative transactions, also they are interesting to investors seeking leveraged risk profiles because, unlike other option contracts they do not provide the inherent leverage potential.

Particularly, investors choose to invest in catastrophe bonds because their return is largely uncorrelated with the return on other investments in fixed income or in equities, so CAT bonds help investors achieve diversification. Investors also buy these securities because they generally pay higher interest rates (in terms of spreads over funding rates) than comparably rated corporate instruments as long as they are not triggered.

³ An SPV is an organizational mechanism for creating cells of specific expertise focused on Alternative Risk Transfer.

3. Pricing CAT Bonds.

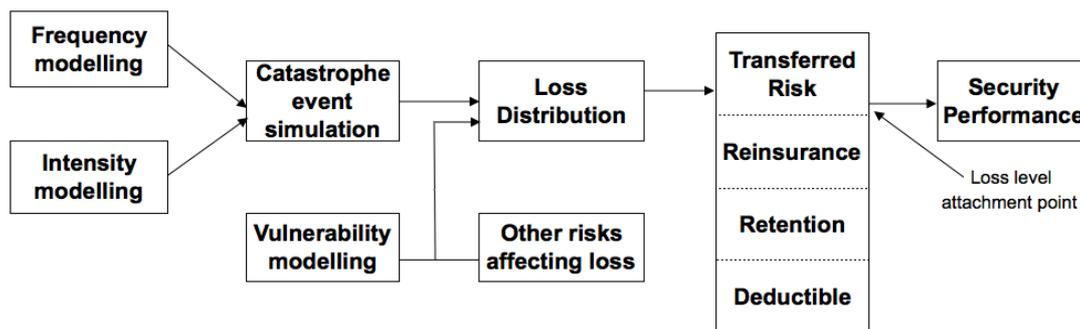
Pricing CAT bonds typically involves the decomposition of such bond into a position which pays risk free rate in order to compensate investors for holding the capital for the period (similar cash flows to a corporate bond) and a CAT option, a derivatives contract based on the value of an index that measures catastrophe losses in a given time (usually a quarter).

A related issue is the rating of CAT bonds which are often rated by an agency such as Standard & Poor's, Moody's or Fitch Ratings. A typical corporate bond is rated based on its probability of default due to the issuer going into bankruptcy, whereas a cat bond is rated based on its probability of default due to an earthquake or hurricane triggering loss of principal.

This probability is determined with the use of catastrophe models. Each agency uses their own models to rate these securities. The methodology used focuses on estimating expected loss and the other factors affecting bond's performance. The analysis concentrates on:

- *The catastrophic event*: modelled using computer simulation models.
- *The conditional loss amount*: refers to the loss level transfer point that must be exceeded before being borne by the investor.
- *The structure of the transaction*: any special transaction features, which may influence loss.

Figure 4. Catastrophic event backed bond analysis.



Source: Author's own elaboration.

As is shown in figure 4, the key elements of the modelling are:

- **Frequency modelling**: likelihood of a long term event occurrence within a probabilistic framework. This is done with any form of stochastic analysis using probability distribution functions to simulate event occurrence (typical distributions are Poisson or Negative Binomial).
- **Intensity modelling**: the potential of the event for destruction using dependency relationships between key variables, which influence the amount of damage.
- **Vulnerability analysis**: potential for damage in the event of the catastrophe occurring and is based on property specific attributes such as types of building and property.
- **Aggregate Loss Distribution**: which is based on the distribution of frequency and intensity. It is used to generate the aggregate loss distribution to cover the relevant event. This may be done using a number of techniques such as Monte Carlo simulations, sampling techniques and event trees.
- **Other factors**: data quality, policy coverage, geographical concentrations and loss management.

Most CAT bonds are rated BB or B, which indicates that the risk of incurring a reimbursement value reduction is assessed to be in the 1% region.

The development of CAT bonds market depends on the reasonable prices, so the scientific pricing is the key problem to the field of CAT bonds research. As kind of catastrophe risk securitization product,

the value of CAT bonds results from the probability of the catastrophe risk and the loss in the catastrophe, for CAT bonds have the dual properties of bonds and options. Moreover, for the highly skewed property of the catastrophe risk distribution, valuing CAT bonds has become very complicated.

Following the line of work of pricing these instruments, Ahrens, Füss and Kestel (2009), for instance, analyzed the impact of the hurricane season 2005 on the pricing of CAT bonds, checking that highly rated CAT bonds compared to sub-investment bonds show a different relation between objective risk measures and the spread. More recently, Braun (2015), presented empirical evidence at the time of identify the determinants of the CAT bond spread at issuance, for that, the author uses a series of OLS regressions with heteroskedasticity- and autocorrelation-consistent standard errors.

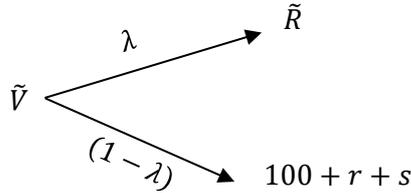
4. Beating the benchmark: the strategy.

4.1. First approach: one period binomial model.

In our study, we use the data obtained from Lane (1998) and Canabarro, Finkemeier, Anderson, and Bendimerad (2000), we focused on the simple strategy of determine the CAT bond excess return and compare them with the corporate ones.

To evaluate the risk-adjusted performance of the CAT bond asset class, different methods have been used empirically. In our case, we have used the one period binomial model.

Figure 5. Valuing catastrophe linked securities using a one-period binomial model.



Source: Author's own elaboration.

We sell a small amount λ of the portfolio and we invest it in the new asset V_i :
 $\pi' = (1 - \lambda)\pi + \lambda V$ and where \tilde{R} is the recovery value, stochastic too, r and s are the principal plus the risk free rate interest (5.5%) which we assume are not stochastic.

$$E[\pi'] = (1 - \lambda) \cdot E[\pi] + \lambda E[V] \quad (1)$$

$$Stdev[\pi'] = (1 - \lambda) \cdot Stdev[\pi] + \lambda^2 + \sigma^2 + 2(1 - \lambda) \lambda \rho \sigma Stdev[\lambda] \quad (2)$$

We can measure the relative value of a bond in terms of its Sharpe ratio:

$$R = \frac{(1 - \lambda)E[\pi] + \lambda E[V] - r_f}{(1 - \lambda)Stdev[\pi]} = \frac{E[\pi] - r_f}{Stdev[\pi]} = \lambda \frac{E[V] - r_f}{Stdev[\pi]} \quad (3)$$

where ρ and λ take small values between [1% – 5%] and $Stdev[\pi'] \simeq (1 - \lambda)s$.

The Sharpe ratio, namely the excess return per unit of volatility, is actually the commonly used measure of return and risk performance, it is as well susceptible to gaming by managers.

So, from now on and like most of the performance measurements proceed we can just play with the Sharpe ratio for analytical interpretations, so following (3), for $E[V] > r_f$ the Sharpe ratio increases by moving a small amount into the new asset.

Table 1 presents a relative value analysis of several recent CAT bonds as well as comparable traditional high yield debt (corporate bonds). For the CAT bonds, the attachment probabilities, expected recovery rates, standard deviations of recoveries and expected losses were taken directly. This analysis indicates that CAT bonds are much more attractive than high yield bonds in terms of Sharpe ratio. It would be interesting to check whether this difference would disappear if we vary the high-yield default probabilities, as well as, to introduce an analysis on the spread over Libor, which was done by the authors, showing that despite of this, the difference does not disappear. In fact, Canabarro et al. (1998) show that, under certain assumptions, the CAT bonds, stochastically dominates the corporate bonds⁴.

Table 1. Relative value analysis: (*) For CAT Bonds they multiplied the quoted spreads by #d/360, where #d is the total number of days over which interest is paid.

<i>Speculative Grade</i>	<i>Historical Default Probability</i>	<i>Recovery Rate %</i>	<i>Standard Deviation</i>	<i>St. Deviation of Return</i>	<i>Expected Loss</i>	<i>Sharpe Ratio</i>
	p		$E(R)$	$Sd(R)$	$Sd(V)$	
Ba2	0.60%	51.26	25.81	4.75	0.33%	0.25
Ba3	2.70%	51.26	25.81	10.02	1.51%	0.02
B1	3.80%	51.26	25.81	11.91	2.15%	0.01
B2	6.70%	51.26	25.81	15.66	3.79%	-0.09
B3	13.20%	51.26	25.81	21.49	7.54%	-0.22
Principal Protected Tranche	Attachment Probability					
R. Re'97	1.02%	48.30	30.60	7.01	0.63%	0.80
Paramet.	1.02%	41.23	30.04	7.57	0.70%	0.54
Trinity	1.53%	54.61	38.27	8.14	0.83%	0.39
R. Re'98	0.87%	42.67	35.72	7.06	0.58%	0.54
Mosaic A	1.13%	61.40	30.05	6.06	0.55%	0.70
Mosaic B	4.29%	52.98	32.71	14.09	2.62%	0.42
Principal Protected Tranche	Attachment Probability					
R. Re'97	1.00%	75.05	16.22	3.72	0.34%	0.76
Paramet.	1.02%	73.47	15.02	3.78	0.35%	0.56
Trinity	1.53%	80.91	18.14	3.86	0.39%	0.39
Mosaic	1.13%	83.53	15.03	3.03	0.28%	0.75

Source: Canabarro et. al. (1998).

Several authors have documented the appeal of CAT bonds. Froot, Murphy and Stern (1995), show that CAT investments over-performed domestic bonds and that the returns on CAT risks are less volatile than either stocks or bonds. Litzenberger, Beaglehole and Reynolds (1996), demonstrated that

⁴ An asset A, stochastically dominates asset B if the probability of asset A's rate of return exceeding any given level is larger than or equal to that of asset B's rate of return exceeding the same level.

returns on CAT bonds are uncorrelated with the market, making them excellent tools for portfolio diversification. Given that, this is not the aim of this paper we will not enter into more details.

Another difference between corporate bonds and CAT bonds lies in the different information flow and therefore price movement process. In the case of corporate bonds, new information about the financial condition of the issuer tends to arrive gradually. A severe catastrophe event would strike with only a few hours' notice. For the price of the security as a function of time, this implies that corporate bond prices have a larger diffusion component, while CAT bond prices are characterized by large sudden jumps, which may be a drawback for investors compared with corporate bonds.

4.2. Second approach: probability transform.

It would be interesting to have another approach given that in our analysis, we are trying to prove the statement that for investors, it is desirable to compare the relative attractiveness of the yields spreads between CAT bonds and corporate bonds. Such approach is also proposed in Wang (2004). In order to compare risk-adjusted performance of various asset classes, we would need a common yardstick that is applicable to all types of risks.

As we know for mutual funds, for instance, a widely used measure of risk-adjusted performance is the above-mentioned Sharpe ratio. Which works well for assets whose returns follow normal distributions, clearly speaking, they have usually attractive Sharpe ratios, even under very bad scenarios. However, for a single CAT bond issue, it is questionable to apply the traditional Sharpe ratio concept since the asset return is skewed and with jumps (stochastically in volatility what is really far from the Black-Scholes concept of pricing derivatives): most of the probability mass is centered at zero loss, while there is a small probability of potentially large negative returns. For our task, we used the probability transform to try to extend the Sharpe ratio concept to credit risk, so that we can evaluate the risk adjustment performance of the CAT bonds asset class.

The following formulation is proposed:

$$S^*(x) = \Phi(\Phi^{-1}(S(x)) + \lambda) \quad (4)$$

$$S^*(x) = Q(\Phi^{-1}(S(x))) \quad (5)$$

$$S^*(y) = Q(\Phi^{-1}(S(y)) + \lambda) \quad (6)$$

with λ as a direct extension of the Sharpe ratio and Φ the *Standard Normal Cumulative Function*, for a given loss variable, L and $S(x) = Prob\{X < x\}$ is the probability that the CAT loss X will exceed amount x and it includes information of expected frequency of default and the recovery rate given default.

For $S(x)$ being an empirically estimated probability distribution, before adjustment for parameter uncertainty. If we combine the later in (4) and (5), which is the pure risk adjustment we get (6) which yields to the two-factor model.

Table 2 shows this probability transform and the two-factor model for a different rated corporate bond.

Table 2. Transformed default frequency. Corporate bonds include the historical default frequencies “p”.

<i>Corporate Bond</i>	Probability Transform		Two-factor model	
	p^*	p^*/p	p^{**}	p^{**}/p
AAA (0.00015)	0.0077	5.15	0.00971	64.73
AA (0.0004)	0.00185	4.62	0.01362	34.05
A (0.00075)	0.0322	4.29	0.01721	22.95
BBB (0.0017)	0.00659	3.87	0.02393	14.08
BB (0.0075)	0.02372	3.16	0.04735	6.31
B (0.02)	0.05438	2.72	0.07995	4.00
CCC (0.08)	0.16977	2.12	0.18821	2.35

Source: Wang (2004).

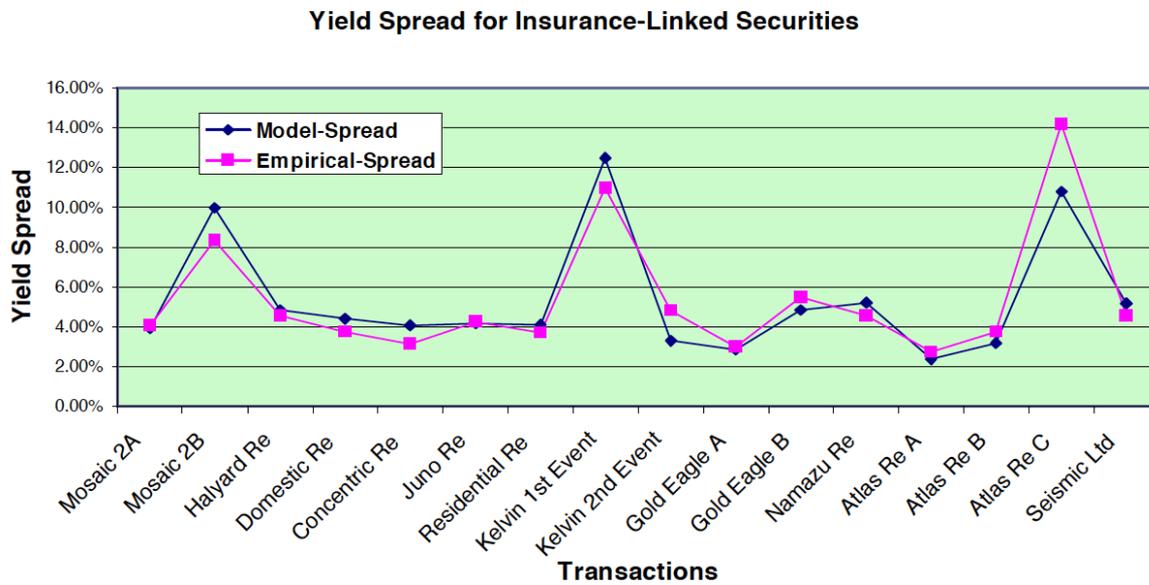
Notice that the number in parenthesis corresponds to the historical default frequencies. We can see that for the two-factor model the difference is much bigger, although as soon as the rating decreases, the probabilities are much closer (i.e., B and CCC rating). On the other hand, table 3 shows the fitted two factor model yield spreads versus empirical spreads for 16 CAT bond transactions during the year of 1999. Based on minimizing mean-squared error, the best fit parameters are $\lambda = 0.453$ and $k = 5$ for the Student- t degrees of freedom and the corresponding graph is showed in figure 6, where we can check that our model-spread fits quite well.

Table 3. Fitted two-factor model yield spreads vs. empirical yield spreads for 16 CAT bond transaction in 1999.

<i>CAT Bond Transaction</i>	<i>Probability of first \$ loss</i>	<i>Probability of last \$ loss</i>	<i>Expected loss given default</i>	<i>Model yield spread</i>	<i>Empirical yield spread</i>
Mosaic2A	0.0115	0.0012	0.3652	3.88%	4.06%
Mosaic2B	0.0525	0.0115	0.5410	10.15%	8.36%
HalyardRe	0.0084	0.0045	0.7500	4.82%	4.56%
Domest.Re	0.0058	0.0044	0.8621	4.36%	3.74%
ConcenRe	0.0062	0.0022	0.6770	4.01%	3.14%
JunoRe	0.0060	0.0033	0.7500	4.15%	4.26%
ResidentRe	0.0076	0.0026	0.5789	4.08%	3.71%
Kelvin1st	0.1210	0.0050	0.3678	12.80%	10.97%
Kelvin2nd	0.0156	0.0007	0.1923	3.25%	4.82%
GoldEagleA	0.0017	0.0017	1.0000	2.81%	2.99%
GoldEagleB	0.0078	0.0049	0.8077	4.82%	5.48%
NamazuRe	0.0100	0.0032	0.7500	5.20%	4.56%
Atlas Re A	0.0019	0.0005	0.5789	2.35%	2.74%
Atlas Re B	0.0029	0.0019	0.7931	3.15%	3.75%
Atlas Re C	0.0547	0.0190	0.5923	11.01%	14.19%
Seismic Ltd.	0.0113	0.0047	0.6460	5.13%	4.56%

Source: Wang (2004).

Figure 6. Fit the two-factor model (3) to empirical yields spreads for the 16 CAT bond transaction data in 1999 compiled by Lane Financial (fitted parameters $\lambda = 0.453$ and $k=5$).



Source: Wang (2004).

5. Reducing the impact sources of risk with CAT Bonds.

Several sources of risk may be reduced, or at least mitigated, with this type of instrument. Before 11th of September 2001 fund managers were less familiar with the CAT bond's asset class, being reluctant to expose themselves to potential career risks, since they had difficulties to explain losses from investing in CAT bonds, instead of conventional corporate bonds. However, since 2002 and 2003 the interest of fund managers in investing in CAT bonds grew significantly and what is more, according to *Aon Securities*⁵, the amount invested in CAT bonds has increased rapidly from 22bn US\$ in 2007 to 98bn US\$ at the end of last year. This is because the superior performance of the CAT bonds has been known by the financial community and because the perceived credit risk of corporate bonds increased.

Nevertheless, most of the literature in CAT bonds pricing does not take the credit risk influence into account. In this sense, for instance, Zimbidis, Frangos and Pantelous (2007) use *Extreme Value Theory* to get the numerical results of CAT bonds prices under stochastic interest rates in an incomplete market framework. In addition, Nowak and Romaniuk (2013) use Monte Carlo simulation method to price the CAT bonds with different payoff functions, but none of them treat the credit risk issue and how affect to the CAT bonds.

Actually, the credit risk has the probability of existence for the operating mechanism of CAT bonds. In this sense, is important to consider the credit risk in the valuation, which can improve the pricing validity. Liu, Xiao, Yan and Wen (2014), for instance, employ the Jarrow and Turnbull method to model the credit risks and get access to the general pricing formula using Extreme Value Theory in an attempt to include the credit risk in the CAT bond's pricing, because since 2008, catastrophic losses and financial turmoil have deeply shaken the insurance and reinsurance industries.

Severe difficulties encountered by sector leaders like AIG and Swiss Re have shed light on the potential fragility of the players, and have increased attention on the subject of reinsurance counterparty risk. Therefore, catastrophe bonds have been structured with total return swaps (TRS) to remove any

⁵ A global professional services firm providing a broad range of risk, retirement and health solutions. Retrieved from: <https://www.ft.com/content/9dc2441c-f23a-11e8-9623-d7f9881e729f>

investment and credit risk face by investors, however, the severity of the credit and liquidity crisis, coupled with Lehman's bankruptcy, has challenged the true security provided by the 'double trigger' mechanism in the TRS. This mechanism was designed to protect investors and sponsors from simultaneous counterparty and collateral impairment risk.

The managing of the systemic risk has been also analyzed at the time of study the risk transferring possibility. Thus Vedenov, Epperson and Barnett (2006) proposed an attempt to design CAT bond products for agriculture products and examined the potential of these instruments as mechanisms for transferring agricultural risks from insurance companies to investors/speculators in the global capital market, specifically, they considered the Georgia cotton.

In addition, as a way of diversification, CAT bonds could be seen as an interesting vehicle to transfer the risk to the capital market. Mariani and Amoruso (2016) analyzed how investing in catastrophe instruments produces actual benefits for investors both in term of diversification and total return showing that CAT bonds are efficient in terms of stability due to its low volatility and stable returns, proving the advantages for the investor who operates in this market in terms of portfolio diversification.

6. Concluding remarks.

The discussions presented so far reflect an attempt to evaluate uncertainty in CAT models and to evaluate its effect on CAT securities pricing. However, what is the investor to make of this? How does uncertainty in CAT models compare with uncertainty in more traditional -corporate bond- securities? According to Bantwal and Kunreuther (2000), despite the attractiveness of the CAT bonds, spreads in this market remain higher than spreads for comparable speculative instruments.

The 1999 market transaction data and as well for the following year, Lane (2001) indicated that CAT bonds and corporate bonds offered similar risk-return trade-offs in terms of Sharpe ratio. However, CAT bonds and corporate bonds showed a student degrees of freedom, $k = 5$. In other words, investors demanded higher risk-adjustment for parameter uncertainty for CAT bonds than for corporate bonds. Other authors, for instance, Gürtler, Hibbeln and Winkelvos (2016), analyze how natural catastrophes and financial crises influence CAT bond premiums using a broad data set of secondary market CAT bond premiums from 2002 to 2012.

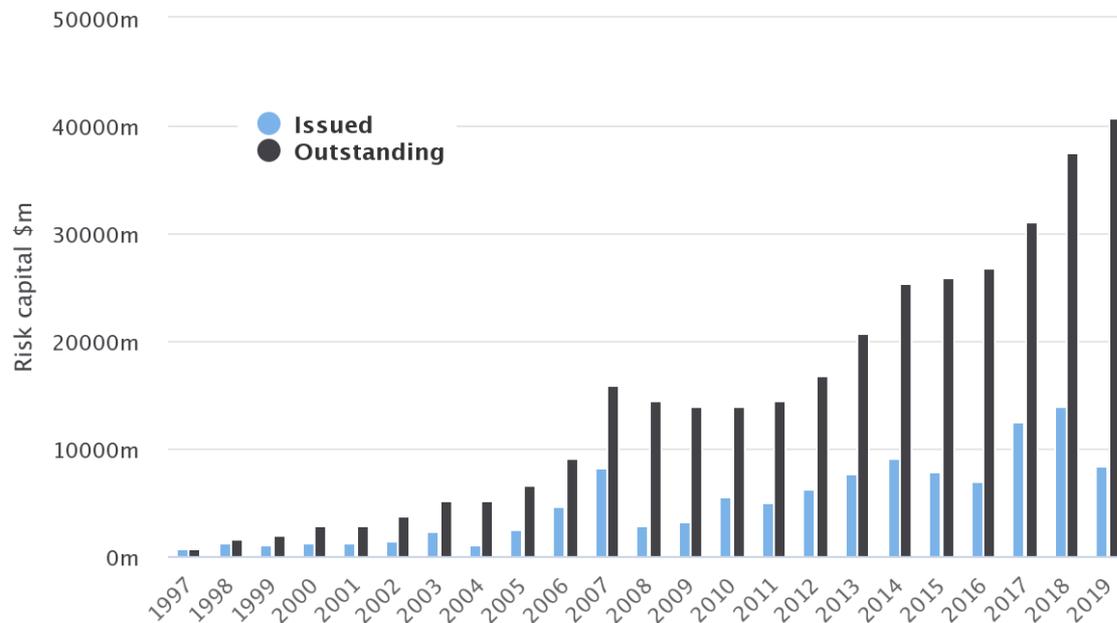
Even though a potential drawback of these types of CAT bonds is that they do not protect the issuer against all possible catastrophe losses, we could expect in the future that CAT bonds will shake up the insurance industry. Wall Street will steal market share from reinsurers, primary insurers with large catastrophe exposures will have better access to coverage, price volatility in the reinsurance market will moderate and many reinsurers will transform into intermediaries/consultants on risk-management strategies.

On the other hand, natural catastrophe risks offer an excellent means of diversification as they are marginally correlated to financial risks. In this sense, more and more investors will be interested in this market because investing in CAT bonds represents a more structured and documented way of assuming natural catastrophe risks exposure than investing in the equity of insurance companies. However, investing in CAT bonds implies a certain level of risk and must only be considered as part of a global strategy of diversification. CAT bonds produce a low level of risk correlation with other classes of assets and can, therefore, dramatically help improve the expected return/risk pattern of an investment portfolio.

DiFiore and Jian (2019), show that adding this kind of financial product at the time of modeling pension portfolios might help them to better achieve their objectives and minimizing the risks being taken against the duration, inflation and longevity assumptions embedded in the scheme's liabilities.

Up to date, CAT bonds have performed very well, despite some significant natural catastrophe events. The few CAT bonds, which have matured to date, have been redeemed in full without any loss to the investors. Figure 7 shows catastrophe bond issuance for the period from 1997 and through 2019, we can see that last year was the fourth for the hole period represented in the chart.

Figure 7. CAT bonds and insured-linked securities issuance and capital outstanding from 1997 to 2019



Source: Artemis.bm (2019). Retrieved from <https://www.artemis.bm/dashboard/catastrophe-bonds-ils-issued-and-outstanding-by-year/>

This proves the strength of the CAT bond market and according to Cory Anger (Artemis, 2016, p.3): “overall, 2015 proved to be a strong issuance year for the cat bond market. In today’s compressed rate environment, where the margin for error is low, investors will likely look towards higher quality risks. Especially as new sponsors continue to incorporate alternative capital into their strategies, we expect issuance to be similar to the last several years with further growth in the private CAT bond market”.

References

- Ahrens, F., Füss, R., & Kestel, S. (2009). An Econometric Pricing Model for CAT Bonds and the Impact of the 2005 Hurricane Season. *European Business School Research Paper*. DOI: 10.2139/ssrn.1514296
- Artemis (2016). *As ILS investors seek yield, focus on higher-quality risks emerges: GC Securities*. Retrieved from: <https://www.artemis.bm/news/as-ils-investors-seek-yield-focus-on-higher-quality-risks-emerges-gc-securities/>
- Artemis - A Steve Evans Ltd. Company (n.d.) (2019). *Catastrophe bonds & ILS issued and outstanding by year*. Retrieved from: <https://www.artemis.bm/dashboard/catastrophe-bonds-ils-issued-and-outstanding-by-year/>
- Bantwal, V.J., & Kunreuther, H.C. (2000). A CAT Bond Premium Puzzle? *Journal of Psychology and Financial Markets*, 1(1), 76-91. DOI: 10.1111/jori.12067

- Braun, A. (2016). Pricing in the Primary Market for CAT Bonds: New Empirical Evidence. *Journal of Risk and Insurance*, 83(4), 811-847. DOI: 10.1111/jori.12067.
- Canabarro, E., Finkemeier, M., Anderson, M., & Bendimerad, F. (2000). Analyzing Insurance-Linked Securities. *The Journal of Risk Finance*, 1(2), 49-75. DOI: 10.1108/eb043445.
- DiFiore, P., & Jiang, Z. (2019). *Diversifying into Insurance Risk Premia*, Neuberger-Bergman Co White Paper. Retrieved from: <https://www.nb.com/en/global/insights/diversifying-into-insurance-risk-premium>.
- Emergency Events Database (2018): OFDA/CRED International Disaster Database. Université Catholique de Louvain. Brussels (Belgium). Retrieved from: <https://ourworldindata.org/natural-disasters>.
- Froot, K.A., Murphy, B., & Stern, A. (1995). The Emerging Asset Class: Insurance Risk. *Viewpoint*, 24(3), 19-28.
- Gürtler, M., Hibbeln, M., & Winkelvos, C. (2016). The impact of the Financial Crisis and Natural Catastrophes on CAT Bonds. *Journal of Risk and Insurance*, 83(3), 579-612.
- Lakdawalla, D., & Zanjani, G. (2006). Catastrophe Bonds, Reinsurance, and the Optimal Collateralization of Risk-Transfer. *Journal of Risk & Insurance, The American Risk and Insurance Association*, 79(2), 449-476. DOI: 10.3386/w12742.
- Lane, M.N. (1998). *Price, Risk and Ratings for Insurance-Linked Notes: Evaluating Their Position in Your Portfolio*. Derivatives Quarterly, Spring 1998. Based on a presentation made before the conference “Rethinking Insurance Regulation 1998” sponsored by the Competitive Enterprise Institute in Washington, DC on April 13, 1998.
- Lane, M.N. (2001). *Analyzing the pricing of the 2001 Risk-Linked Securities Transactions*, Derivatives Quarterly, July. Retrieved from: <http://www.lanefinancialllc.com/content/blogcategory/33/59/>
- Litzenberger, R.H., Beaglehole, D.R., & Reynolds, C.E. (1996). Assessing Catastrophe Reinsurance-Linked Securities as a New Asset Class. *Journal of Portfolio Management*, 23, 76-86.
- Liu, J., Xiao, J., Yan, L., & Wen, F. (2014). Valuing Catastrophe Bonds Involving Credit Risks. *Mathematical Problems in Engineering*, vol. 2014, Article ID 563086, 6 pages. DOI: 10.1155/2014/563086.
- Mariani, M., & Amoruso, P. (2016). The Effectiveness of Catastrophe Bonds in Portfolio Diversification. *International Journal of Economics and Financial Issues*, 6(4), 1760-1767.
- Nowak, P., & Romaniuk, M. (2013). Pricing and Simulations of Catastrophe Bonds. *Insurance: Mathematics & Economics*, 52(1), 18-23.
- Vedenov, D.V., Epperson, J.E., & Barnett, B.J. (2006). Designing Catastrophe Bonds to Securitize Systemic Risks in Agriculture: The Case of Georgia Cotton. *Journal of Agricultural and Resource Economics*, 31(2), 318-338.
- Wang, S.S. (2004). *CAT Bond Pricing Using Probability Transforms*. Invited article by the Geneva Papers: Etudes et Dossiers, special issue on “Insurance and the State of the Art in Cat Bond Pricing”, n°. 278, pp. 19-29, published in January 2004, Geneva.

Zimbidis, A.A., Frangos, N.E., & Pantelous, A.A. (2007). Modeling Earthquake Risk Via Extreme Value Theory and Pricing the Respective Catastrophe Bonds. *Astin Bulletin*, 37(1), 163-183.



Principal component analysis of financial statements. A compositional approach

CARRERAS SIMÓ, MIQUEL

Department of Business Studies

University of Girona

Correo electrónico: miquel.carreras@udg.edu

COENDERS, GERMÀ

Department of Economics, Faculty of Economics and Management

University of Girona

Correo electrónico: germa.coenders@udg.edu

ABSTRACT

Financial ratios are often used in principal component analysis and related techniques for the purposes of data reduction and visualization. Besides the dependence of results on ratio choice, ratios themselves pose a number of problems when subjected to a principal component analysis, such as skewed distributions. In this work, we put forward an alternative method drawn from compositional data analysis (CoDa), a standard statistical toolbox for use when data convey information about relative magnitudes, as financial ratios do. The method, referred to as the CoDa biplot, does not rely on any particular choice of financial ratio but allows researchers to visually order firms along the pairwise financial ratios for any two accounts. Non-financial magnitudes and time evolution can be added to the visualization as desired. We show an example of its application to the top chains in the Spanish grocery retail sector and show how the technique can be used to depict strategic management differences in financial structure or performance, and their evolution over time.

Keywords: financial ratio, compositional data analysis (CoDa), biplot, grocery retail sector, data visualization.

JEL classification: C38; G30; M10; M49.

MSC2010: 62H25; 62P05.

Análisis en componentes principales de los estados financieros. Un enfoque composicional

RESUMEN

Las ratios financieras se utilizan a menudo en el análisis en componentes principales y técnicas relacionadas con el fin de reducir y visualizar los datos. Además de la dependencia de los resultados de la elección de las ratios, las ratios en sí plantean una serie de problemas cuando se someten a un análisis de componentes principales, por ejemplo, distribuciones asimétricas. En este trabajo, presentamos un método alternativo que proviene del análisis de datos composicionales (CoDa), una caja de herramientas estadística estándar para usar cuando los datos contienen información sobre magnitudes relativas, como lo hacen las ratios financieras. El método, conocido como el biplot CoDa, no se basa en una elección particular de ratios financieras, sino que permite a los investigadores ordenar visualmente las empresas a lo largo de las ratios financieras entre cualesquiera pares de cuentas. Las magnitudes no financieras y la evolución temporal se pueden agregar a la visualización como se desee. Mostramos un ejemplo de su aplicación a las principales cadenas de supermercados españolas y mostramos cómo la técnica puede utilizarse para describir las diferencias de gestión estratégica en la estructura o el rendimiento financieros, y su evolución en el tiempo.

Palabras clave: ratio financiera, análisis de datos composicionales (CoDa), biplot, sector de distribución alimentaria, visualización de datos.

Clasificación JEL: C38; G30; M10; M49.

MSC2010: 62H25; 62P05.



1. Introduction.

Financial ratios have been used for a variety of purposes, ranging from bankruptcy prediction and option pricing to management performance assessment and strategic assessment (e.g., Barnes, 1987; Blanco-Oliver et al., 2016; Caro et al., 2017; Chen & Shimerda, 1981; Horrigan, 1968; McGee & Thomas, 1986). As regards the latter purposes, since the last half of the nineteenth century, financial ratio analysis has been a common methodology for assessing firm management (Horrigan, 1968). The original DuPont model based on financial ratios developed in 1918 has become a universally used approach to analyse the relationship between management and firm performance. Since then, scholars and educators alike have acknowledged the role that financial ratios play in the formulation and implementation of realistic and ultimately effective strategies (Norman, 2018). Ross et al. (2003) considered that one the main advantages of financial ratios is their ability to evaluate the company's position compared to its main competitors. This is an essential aspect to address in the strategic management of a company. Strategic management is a process that establishes the courses of action a company will follow to achieve its objectives (Grant, 2008; Smith, 2005). Techniques such as strengths, weaknesses, opportunities and threats (SWOT) analysis, the balanced scorecard, and conceptual approaches such as competitive advantage, resource-based analysis or strategic groups, are widely acknowledged and used in strategic management and business analysis. Their application requires having quantitative information that makes it possible to assess the situation of a company and its competitors, as well as project future strategic scenarios. Financial ratios applied to general-purpose financial statements and related data are the core of useful estimates and inferences in business analysis. In fact, financial ratios make it possible to assess business strategy and relate it to performance measures (Allen & Helms, 2006; Banker et al., 2014; Hoque, 2004). Despite the widespread and frequent use of financial ratios as a business analysis tool, it has been hampered by several long-known shortcomings related to financial-ratio asymmetry and redundancy. Most ratios are distributed between zero and infinity and thus make fully symmetric distributions impossible to achieve (Deakin, 1976). Besides its statistical implications, asymmetry arises from an uneven treatment of differences in the numerator and the denominator of the ratio (Frecka & Hopwood, 1983), meaning that permuting them changes the results of statistical analyses (Linares-Mustarós et al., 2018).

Redundancy necessarily arises from the fact that there are many more financial ratios in common use than there are accounts from which these ratios are computed. Often, redundancy occurs to such an extent that *“there is no absolute test for the importance of variables”* (Barnes, 1987, p. 455) and *“to identify those ratios which contain complete information about a firm while minimising duplication cannot be achieved purely by logic”* (Barnes, 1987, p. 456). In extreme cases, there is an exact dependency between ratios. Chen & Shimerda (1981) put an example of four exactly redundant ratios: net worth to total debt, total debt to net worth, net worth to total assets and total debt to total assets. Just one of them carries the same information as the whole set of four.

Financial ratio analysis constitutes a case of genuine interest to researchers and professionals with regard to relative rather than absolute magnitudes of accounts in financial statements. In other scientific fields, there is a well-developed toolbox for analysing the relative importance of magnitudes, known as Compositional Data Analysis (CoDa- Aitchison's, 1982, 1986; van den Boogaart & Tolosana-Delgado, 2013; Pawlowsky-Glahn et al., 2015). Among other features, CoDa treats magnitudes (i.e., account values) in a symmetric fashion in such a way that results depend only on the selected accounts of interest but not on any particular set of ratios, let alone on numerator and denominator permutation. CoDa also tends to reduce redundancy and hence increase parsimony by acknowledging the fact that no analysis will require more variables than there are account magnitudes to be compared.

CoDa has already been successfully applied with the purpose of clustering firms with similar financial statement structures (Linares-Mustarós et al., 2018). To the best of our knowledge, that is the only CoDa application to financial statement analysis to date. The purpose of the present article is to introduce a data visualization and data reduction tool for financial statement analysis based on CoDa. With this tool firms can be mapped in a two-dimensional space, which allows ready appraisal of their

ordering according to the ratios between any two accounts, thus providing a powerful visual aid for strategic assessment.

In this article, we first provide an overview of the basics in CoDa. Then, we present a common data visualization and reduction tool called CoDa biplot, which can be used to map the main accounts in order to visually appraise the strategic or managerial differences among firms. Some interpretational cues specific to financial ratio analysis are highlighted. Finally, we provide an illustration characterizing the business model evolution of the largest chains in the Spanish grocery retailing sector, from the onset of the financial crisis in 2008 up to 2015.

2. Compositional data analysis.

2.1. Definition and purpose.

Compositional Data analysis (CoDa) is the standard statistical method used when data carry only information about the relative importance of non-negative parts of a whole. The CoDa tradition started with Aitchison’s seminal work (1982, 1986) on chemical and geological compositions, in which only the proportion of each part or component is of interest, since absolute amounts are irrelevant and only telling with regard to the size of the chemical or soil sample (e.g., Buccianti et al., 2006). Nowadays, CoDa spans almost all of the hard sciences and has started to be used in several management fields. Besides Linares et al. (2018), examples include crowdfunding (Davis et al., 2017), financial markets (Ortells et al., 2016; Wang et al., 2019), investment portfolios (Belles-Sampera et al., 2016; Boonen et al., 2019; Glassman & Riddick, 1996), municipality budgets (Voltes-Dorta et al., 2014), product portfolios (Joueid & Coenders, 2018), market segmentation (Ferrer-Rosell & Coenders, 2018; Ferrer-Rosell et al., 2016a), market share (Morais et al., 2018), advertisement (Mariné-Roig & Ferrer-Rosell, 2018), consumer research (Ferrer-Rosell et al., 2015; Ferrer-Rosell et al., 2016b; Vives-Mestres et al., 2016a), quality management (Vives-Mestres et al., 2014; 2016b), organizational culture (Van Eijnatten, et al., 2015), and management education (Batista-Foguet et al., 2015; Mateu-Figueras et al., 2016).

In the last three decades, CoDa has provided a standardized toolbox for statistical analyses whose research questions concern the relative importance of magnitudes. Dedicated user-friendly software is available to this end (Van den Boogaart & Tolosana-Delgado, 2013; Greenacre, 2018; Palarea-Albaladejo & Martín-Fernández, 2015; Templ et al., 2011; Thió-Henestrosa & Martín-Fernández, 2005), as well as accessible handbooks (Van den Boogaart & Tolosana-Delgado, 2013; Filzmoser et al., 2018; Greenacre, 2018; Pawlowsky-Glahn & Buccianti, 2011; Pawlowsky-Glahn et al., 2015).

Compositional analysis (Barceló-Vidal & Martín-Fernández, 2016) has recently been coined as a term to emphasize the fact that what is ultimately compositional are not the data but the analysis and research objectives centred on the relative importance of non-negative magnitudes. Interesting applications of CoDa to non-negative data that do not represent parts of any whole can be found in Ortells et al. (2016) and Azevedo-Rodrigues et al., (2011). This is the case with financial statement analysis, in which, for instance, sales and assets are not parts of any whole and the asset turnover ratio compares the magnitudes of both in relative terms. Even non-negative non-financial magnitudes can be and indeed are included, such as number of employees.

Compositional data are represented by a positive vector in a D -dimensional real space, which conveys information about the relative size of its components:

$$\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_D) \in R_+^D, \text{ with } x_j > 0 \text{ for all } j = 1, 2, \dots, D, \quad (1)$$

where D is the number of components, also referred to as parts. In our case, parts are non-negative accounts in financial statements or even other non-negative management magnitudes. This means, for instance, that one should use the non-negative constituents of working capital (current assets and current

liabilities) rather than working capital itself, that one should use revenues and costs rather than profit, that one should use assets and liabilities rather than net worth, and so on.

2.2. Transformations, variance and association.

The most common CoDa approach is to express an original compositional vector of D parts into logarithms of ratios (Aitchison, 1986; Egozcue et al., 2003). *Log ratios* are unbounded and tend to meet the distributional assumptions of classical statistical models, such as normality (Aitchison, 1982; Pawlowsky-Glahn et al., 2015). This notwithstanding, for the purposes of this article the main arguments for log ratios are that they constitute a natural way of distilling information about relative size of parts, they form the basis for defining compositional association and variance in a meaningful way, and, involving ratios, they are coherent with financial statement analysis practice. Logs of financial ratios had already been suggested in the financial ratio literature as a means of reducing asymmetry (e.g. Cowen & Hoffer, 1982; Deakin, 1976; Sudarsanam & Taffler, 1995).

Log ratios may be computed among all possible pairs of parts:

$$\ln \frac{x_j}{x_k} \quad \text{with } j, k = 1, 2, \dots, D; j \neq k. \quad (2)$$

Positive values mean that x_j is larger than x_k . Negative values show the opposite. A zero log ratio implies equality of both magnitudes, exactly in the same way as a unit standard ratio. If x_j contains quick assets and x_k contains current liabilities, interpretation parallels that of the quick ratio. A log ratio is symmetric in the sense that its range is from minus infinity to plus infinity. It is also symmetric in the sense that permuting the numerator and denominator only affects the log ratio sign, but not its value. Furthermore, if one of the parts being compared is close to zero, it may lead to an outlying standard financial ratio when placed in the denominator and to a typical ratio when placed in the numerator. For log ratios placement makes no difference.

Log ratios may also be computed between each part and the geometric mean the remaining $D-1$ parts, in the so-called *centred log ratios*. They thus indicate the relative dominance of an account in the overall financial statement structure. $(D-1)/D$ is a scaling constant:

$$\frac{D-1}{D} \ln \left(\frac{x_j}{\sqrt[D-1]{x_1 x_2 \dots x_{j-1} x_{j+1} \dots x_D}} \right) \quad \text{with } j = 1, 2, \dots, D. \quad (3)$$

There are alternative interpretations and expressions of centred log-ratios (Filzmoser et al., 2018; Pawlowsky-Glahn et al., 2015). Other ways of computing log ratios in financial analysis are described in Linares-Mustarós et al. (2018).

Total variance in a compositional data set is expressed by the sum of variances of all centred log ratios:

$$\sum_{j=1}^D \text{Var} \left(\frac{D-1}{D} \ln \left(\frac{x_j}{\sqrt[D-1]{x_1 x_2 \dots x_{j-1} x_{j+1} \dots x_D}} \right) \right). \quad (4)$$

Association is understood as proportionality between pairs of accounts is (Lovell et al., 2015). The same pairwise log ratios (2) and their variances are computed:

$$\text{Var} \left(\ln \frac{x_j}{x_k} \right) \quad \text{with } j, k = 1, 2, \dots, D; j \neq k. \quad (5)$$

These variances can be arranged in a symmetric matrix with components (i.e., accounts) defining both D rows and D columns, with the same layout as a correlation matrix. This is the so-called variation matrix and has zero elements in the diagonal. $\text{Var}(\ln(x_j/x_k))$ is zero when x_j and x_k behave perfectly proportionally (e.g., firms having one account of double size also have the other of double size), which corresponds to perfect positive association (Lovell et al., 2015). The further $\text{Var}(\ln(x_j/x_k))$ is from zero, the lower the association. There is no clearly defined threshold representing no association, just as there is no upper bound representing perfect negative association, so that values in the matrix are assessed comparatively. It can be shown that the sum of elements in the variation matrix is $2D$ times the total variance (4).

2.3. Zero and other irregular components.

As with other types of data, compositions require some data preprocessing to deal with problems such as missing information and outliers.

To begin with, the accounts of interest may contain no zero values in order for log ratios to be computed (e.g. Martín-Fernández et al., 2011). The same holds for standard financial ratio analysis regarding the account in the denominator. Unlike the case in standard financial ratio analysis, CoDa includes an advanced toolbox for zero imputation prior to log ratio computation, with Martín-Fernández et al. (2011) and Palarea-Albaladejo & Martín-Fernández (2008) being key references. This makes financial statement analysis possible even when some accounts of interest equal zero. An advanced formal imputation method is the modified EM algorithm in Palarea-Albaladejo & Martín-Fernández (2008).

CoDa also has implications for outlier detection. Given that components cannot be considered in isolation, multivariate outlier detection methods are called for. Once compositions have been transformed into log ratios, squared Mahalanobis distances between each composition and the overall mean can be computed. Under multivariate normality, these squared distances follow a χ^2 distribution with $D-1$ degrees of freedom. An appropriate percentile for this distribution (e.g., the 99.9 percentile) can be used as cut-off criterion for outlier detection.

3. Compositional principal component analysis and the CoDa biplot.

Based on the seminal work by Pinches et al. (1973), the application of factor analysis and related data reduction methods has spread as a means of summarizing the extensive information offered by the many common financial ratios and determining patterns of financial structure and performance. These methods include, among others, principal component analysis (e.g., Chen & Shimerda, 1981; Cowen & Hoffer, 1982; Dimitropoulos et al., 2010; Martín-Oliver et al., 2017; Sanz et al., 2018; Sharma et al., 2016; Yoshino & Taghizadeh-Hesary, 2015; Yoshino et al., 2016) and factor analysis (e.g., Lukason & Laitinen, 2016; Pinches et al., 1973; Yap et al., 2014).

CoDa also has its own multivariate statistical methods, which are in many cases closely related to standard methods used for log ratio transformations. In this article, we deal with compositional principal component analysis. Aitchison (1983) was the first to extend principal component analysis to the compositional case. The extension boils down to submitting centred log ratios (3) to an otherwise standard principal component analysis based on a covariance matrix, and adapting interpretation to take into account the fact that the information carried by the data refers to relative rather than absolute importance of magnitudes. Together with Gabriel's (1971) *biplot*, which jointly represents cases and variables in a principal component analysis, Aitchison's developments served as a basis for Aitchison & Greenacre (2002) introducing CoDa biplots.

A CoDa biplot can be understood as the most accurate data visualization of a compositional dataset in two dimensions. As in standard principal component analysis, overall biplot accuracy can be assessed from the percentage of variance (4) explained by the two first principal components. There are

several types of biplots. The most interesting type for financial statement analysis purposes is the so-called *covariance biplot*, which optimizes the representation of the variation matrix (5) among the selected accounts and non-financial magnitudes. Accounts and other magnitudes appear as rays emanating from a common origin, which represents a firm with log ratios equal to the sample average. Firms appear as points. The interpretation of the covariance biplot is explained below (see Aitchison & Greenacre, 2002; Van den Boogaart & Tolosana-Delgado, 2013; Pawlowsky-Glahn et al., 2015 for further details). The two key interpretational elements are the rays representing accounts and other magnitudes, and the links between the vertices of a pair of rays:

- Lengths of the links between the vertices of the rays of two accounts or magnitudes are approximately proportional to the square root of the variance of their corresponding pairwise logratio (5). Accounts which behave proportionally for all firms appear close together. It must be noted that, unlike in standard principal component analysis, distances between vertices are used rather than angles between rays.
- The orthogonal projection of all firms along the direction defined by a ray shows an approximate ordering of the relative size of that account or magnitude for all firms. This coincides with the interpretation in standard principal component analysis, the only difference being that relative rather than absolute size is considered, as implied in (3).
- The orthogonal projection of all firms along the direction defined by the link between the vertices of a pair of rays shows an approximate ordering of firms according to the standard financial ratio between the corresponding two accounts. In this way, the CoDa biplot is also a visual representation of any of the $D(D-1)/2$ possible financial ratios computed from any two accounts or magnitudes, although only long links showing high variance pairwise log ratios tend to lead to informative directions. The ability to visually interpret ratios between any two magnitudes is of great interest in financial statement analysis. This interpretation is specific to CoDa biplots, and differs from that of standard principal component analysis. Unlike principal component analysis of standard financial ratios, the choice of ratios of interest does not need to be made in advance and hence does not influence the analysis outcome.
- The cosine of the angles between two links corresponding to the financial ratios between two pairs of accounts shows the approximate correlation between the two corresponding log ratios. For example, parallel links show log ratios with approximate correlations equal to 1 or -1 . Orthogonal links show log ratios with approximate 0 correlation.

The use of compositional principal components and the CoDa biplot is not limited to visualizing the composition but is also appropriate for data reduction and summarization purposes. The first few principal component coordinates explaining most of the variance can be used as variables in further statistical analyses, exactly in the same way as in standard principal component analysis.

4. A case study: the largest retail chains in the Spanish grocery sector (2008-2015).

This example focuses on the largest retail chains in the Spanish grocery sector. Data are taken from the largest chains in 2015 (a total of 28 chains with a net income of over €200 million) using the SABI (Iberian Balance sheet Analysis System) database, developed by INFORMA D&B in collaboration with Bureau Van Dijk. These data correspond to annual accounts presented in official records and other non-financial information from 2008 to 2015. Four chains were ruled out due to missing or faulty information for the total period considered. The final sample size was therefore 24 retail chains, i.e., 192 observations over 8 years: Ahorramás, AlCampo, Alimerka, BonPreu, Caprabo, Carrefour, Cecosa Supermercados, Condis, Consum, Dia, Distribuciones Froiz, Eroski, HiperCor, Hiper Usera, JuanFornes, Lidl, Mercadona, Semark, Supermercados Champion, Supercor, Supeco Maxor, Supermercados Sabeco, Unión Detallistas Españoles, Vego Supermercados. The database was accessed on 28/7/2017.

This sector is especially interesting for analysis due to the pressures and changes it has had to face during the last economic crisis. On the one hand, we must consider a very adverse international context at the beginning of the crisis with an inflationary process in the food and energy markets (OECD, 2013) and on the other, the factors characteristic of the Spanish economy: demographic stagnation, a fall in the purchasing power of domestic economies, decrease in household size, changes in purchasing habits (Pablos et al., 2013) and an increase in VAT. Faced with this complex scenario, large grocery distribution chains have been forced to react and modify or intensify their strategic approaches, and in so doing they have contributed to shaping the sector's recent evolution (OECD, 2013). The observed trends for this sector in Spain are not isolated, coinciding with those observed for the vast majority of EU countries (European Union, 2016), although they have presented greater intensity in the Spanish case.

The non-negative financial and non-financial magnitudes used in this case study include:

- x_1 =Fixed assets (FA)
- x_2 =Inventory (I)
- x_3 =Quick assets (QA)
- x_4 =Long term liability (LTL)
- x_5 =Short term debt (STD)
- x_6 =Accounts payable (AP)
- x_7 =Number of employees (E)
- x_8 =Net Sales (NS)
- x_9 =Costs of goods sold (CGS)
- x_{10} =Labour costs (CL)
- x_{11} =Costs of external services (CES)
- x_{12} =Asset depreciation and amortization (AAD)
- x_{13} =Other non-finance costs (CONF)
- x_{14} =Finance costs (CF)

These magnitudes have been selected because they constitute the basis for a wide array of common financial and management ratios frequently used in the retail sector (Evans & Mathur, 2014), which belong to three main categories: solvency and liquidity, operating efficiency and profitability. Table 1 shows examples of relevant financial ratios that might be computed from x_1 to x_{14} . The use of CoDa does not favour one ratio over any other, as only the data transformed as centred log ratios (3) are used in the analysis. This ratio list is not closed; it could incorporate any possible ratio computed from x_1 to x_{14} . Thus, it is provided merely as an example in order to show which type of information is carried by x_1 to x_{14} .

Table 1. A sample financial ratio list, which might be computed from x_1 to x_{14} .

Ratios	Formal expression
<i>Solvency and liquidity</i>	
Current ratio	$(I+QA)/(STD+AP)$
Quick ratio	$QA/(STD+AP)$
Current liabilities to net worth	$(AP+STD)/(FA+I+QA-LTL-STD-AP)$
Current liabilities to inventory	$(AP+STD)/I$
Total liabilities to net worth	$(AP+STD+LTL)/(FA+QA+I-LTL-STD-AP)$
Fixed assets to net worth	$FA/(FA+QA+I-LTL-STD-AP)$
Temporary structure of the liabilities	$(STD+AP)/(STD+AP+LTL)$
Average financial cost of liabilities	$CF/(STD+AP+LTL)$
<i>Operating efficiency</i>	
Net sales to inventory	NS/I
Net sales to assets (Asset turnover)	$NS/(FA+QA+I)$
Net sales to fixed assets (Fixed asset turnover)	NS/FA
Asset depreciation and amortization over fixed assets	AAD/FA
Net sales to net working capital	$NS/[(QA+I)-(AP+STD)]$
Accounts payable to net sales	AP/NS
Accounts payable turnover	(AP/CGS)
Fixed assets per employee	FA/E
Net sales per employee (Productivity)	NS/E
Labour cost to operating costs	$CL/(CGS+CL+CES+AAD)$
Gross margin	$(NS-CGS)/NS$
<i>Profitability</i>	
Return on sales (EBIT margin)	$[NS-(CGS+CL+CES+AAD+CONF)]/NS$
Return on assets	$[NS-(CGS+CL+CES+AAD+CONF)]/(FA+I+QA)$
Return on equity	$[NS-(CGS+CL+CES+AAD+CONF+CF)]/[(FA+I+QA)-(LTL+STD+AP)]$

Source: Own elaboration.

All analyses were performed with the R packages *compositions* (Van den Boogaart, & Tolosana-Delgado, 2013) and *zCompositions* (Palarea-Albaladejo & Martín-Fernández, 2015). Component $x_{14}=CF$ had two zero values, which were imputed with the modified EM algorithm (Palarea-Albaladejo & Martín-Fernández, 2008) as implemented in the `lrEM` command with default options and the minimum non-zero observed value as detection limit. Eight outliers with squared Mahalanobis distance to the centre above the 99.9 percentile of the χ^2 distribution were removed. The final sample size was thus $n=184$. The `acomp`, `clr` and `princomp` commands were used in the principal component analysis. However, once centred log ratios (3) are computed, any standard software handling covariance-based principal component analysis could be used with identical results. Subsequently, the `biplot` command was used, whose default options return the covariance biplot.

5. Results.

The variation matrix in Table 2 shows some cells with very low values, in other words, ones displaying strong proportionality. Proportionality between number of employees (E) and labour costs (CL) suggests average wages to be very similar across chains and over time. Proportionality among net sales (NS), cost of goods sold (CGS), labour costs (CL), and costs of external services (CES) suggests that chains have very similar operating margins and cost structure.

Table 2. Variation matrix, and centred log ratio variances.

Variation matrix														
	FA	I	QA	LTL	STD	AP	E	NS	CGS	CL	CES	AAD	CONF	CF
FA	0.00	0.43	1.19	1.49	0.35	1.66	0.41	0.42	0.48	0.37	0.25	0.32	0.49	2.44
I	0.43	0.00	0.80	2.21	0.40	0.98	0.25	0.10	0.11	0.15	0.13	0.26	0.61	2.92
QA	1.19	0.80	0.00	2.98	1.11	1.06	0.99	0.52	0.50	0.72	0.79	1.00	1.42	3.60
LTL	1.49	2.21	2.98	0.00	1.88	3.01	2.54	2.38	2.46	2.41	2.03	2.33	2.16	1.54
STD	0.35	0.40	1.11	1.88	0.00	1.55	0.52	0.44	0.46	0.49	0.36	0.52	0.76	2.33
AP	1.66	0.98	1.06	3.01	1.55	0.00	1.45	0.87	0.84	1.05	1.19	1.46	1.68	3.06
E	0.41	0.25	0.99	2.54	0.52	1.45	0.00	0.26	0.32	0.08	0.18	0.22	0.81	3.31
NS	0.42	0.10	0.52	2.38	0.44	0.87	0.26	0.00	0.01	0.10	0.10	0.22	0.67	3.01
CGS	0.48	0.11	0.50	2.46	0.46	0.84	0.32	0.01	0.00	0.14	0.14	0.27	0.72	3.04
CL	0.37	0.15	0.72	2.41	0.49	1.05	0.08	0.10	0.14	0.00	0.10	0.16	0.67	3.14
CES	0.25	0.13	0.79	2.03	0.36	1.19	0.18	0.10	0.14	0.10	0.00	0.16	0.59	2.84
AAD	0.32	0.26	1.00	2.33	0.52	1.46	0.22	0.22	0.27	0.16	0.16	0.00	0.65	3.20
CONF	0.49	0.61	1.42	2.16	0.76	1.68	0.81	0.67	0.72	0.67	0.59	0.65	0.00	3.21
CF	2.44	2.92	3.60	1.54	2.33	3.06	3.31	3.01	3.04	3.14	2.84	3.20	3.21	0.00

Centred log ratio variances														
	0.20	0.14	0.66	1.57	0.27	0.89	0.28	0.12	0.15	0.16	0.10	0.24	0.50	2.16

Source: Own elaboration.

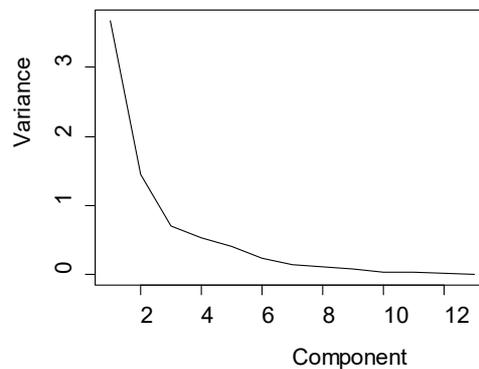
Table 3 and Figure 1 show two dimensions to be appropriate for a compositional principal component analysis and thus the two-dimensional biplot to accurately represent centred log ratio variances (4) and the variation matrix (5).

Table 3. Percentages of explained variance by components.

Comp.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
%	49.6	19.5	9.4	7.2	5.5	3.1	2.0	1.5	1.1	0.5	0.4	0.2	0.0
Cum %	49.6	69.1	78.5	85.7	91.2	94.4	96.3	97.9	98.9	99.5	99.8	100.0	100.0

Source: Own elaboration.

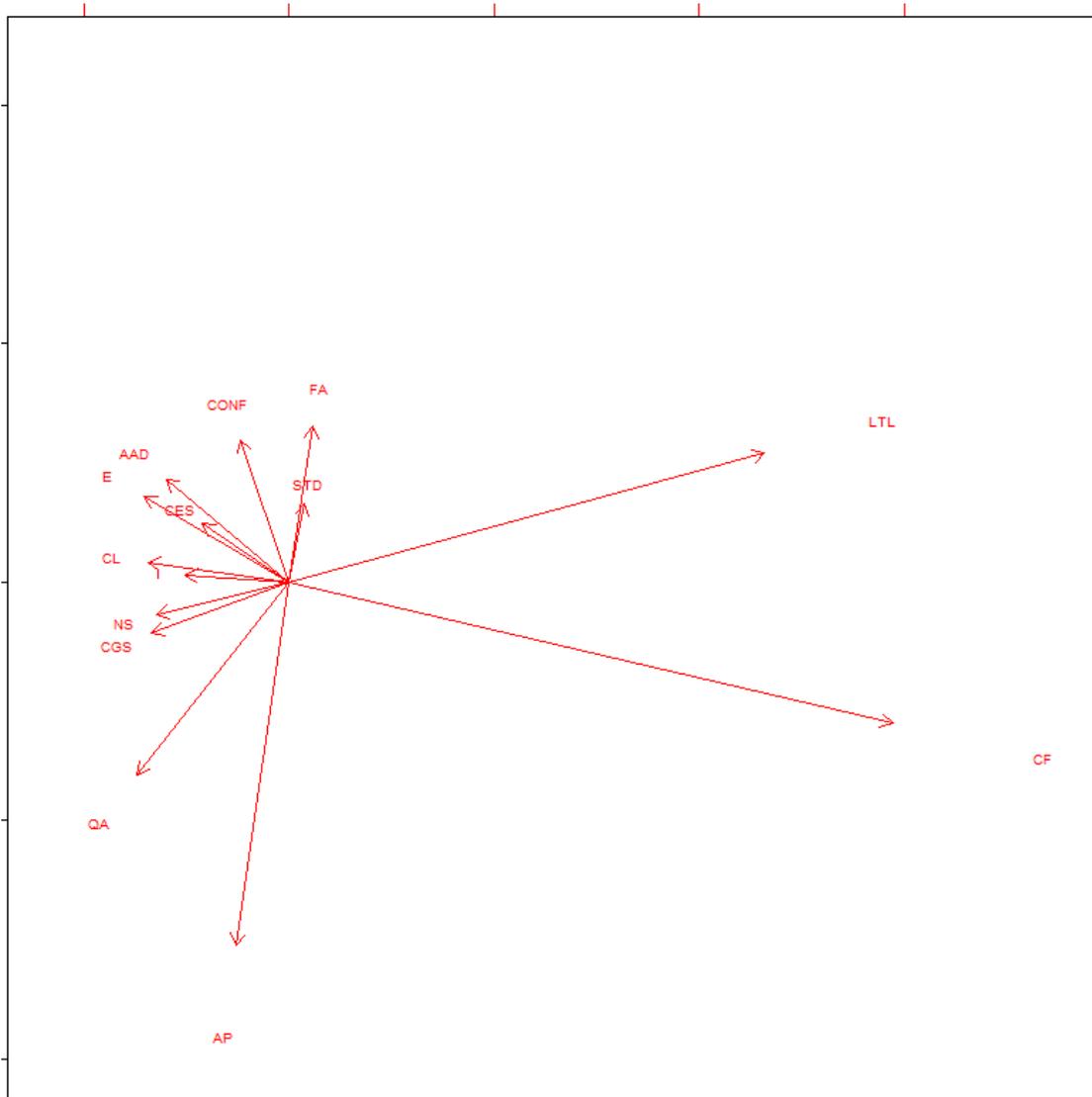
Figure 1. Principal component screeplot.



Source: Own elaboration.

Figure 2 shows the covariance biplot with only part rays (only 2005 rays are shown). As expected, magnitudes related to net sales and direct costs (NS, AAD, CES, CGS, CL) and thus to operating margins appear close together. Heterogeneity among chains mostly lies in solvency, liquidity and turnover. The most leveraged chains will appear to the right of the graph (high financial costs –CF– and long term liabilities –LTL–) relative to their activity volume (sales –NS–) and non-financial operating costs –AAD, CES, CGS, CL–). The upper part of the biplot represents chains with high fixed assets (FA) and overheads (CONF) relative to the quick assets (QA) and liabilities (AP) related to core activity (NS).

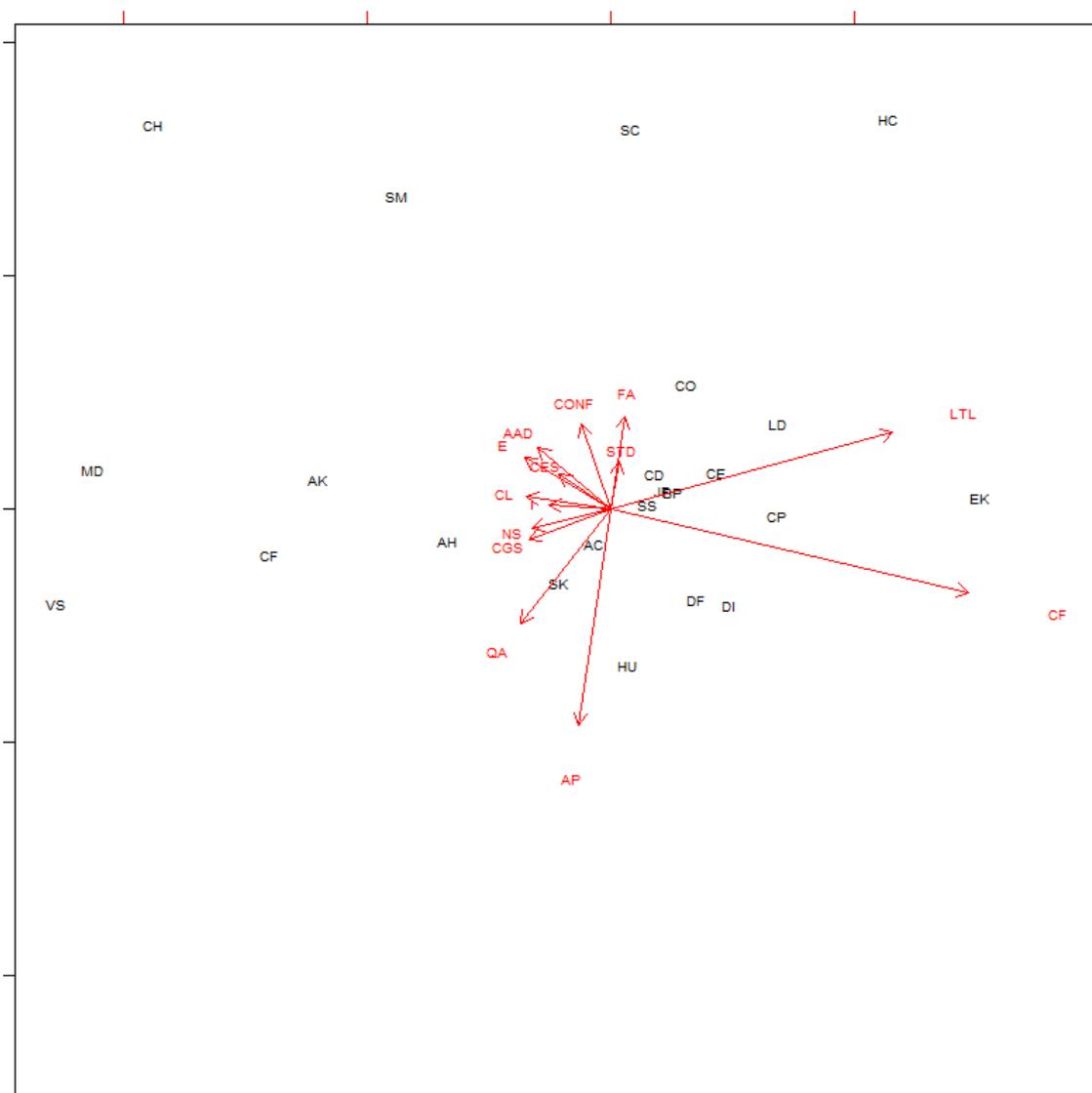
Figure 2. Covariance biplot.



Source: Own elaboration.

Figure 3 shows the covariance biplot with both rays and chains (only 2015 data shown). In spite of the fact that all observations have been used for its computation, only 2015 values are shown for the sake of simplicity.

Figure 3. Full covariance biplot.



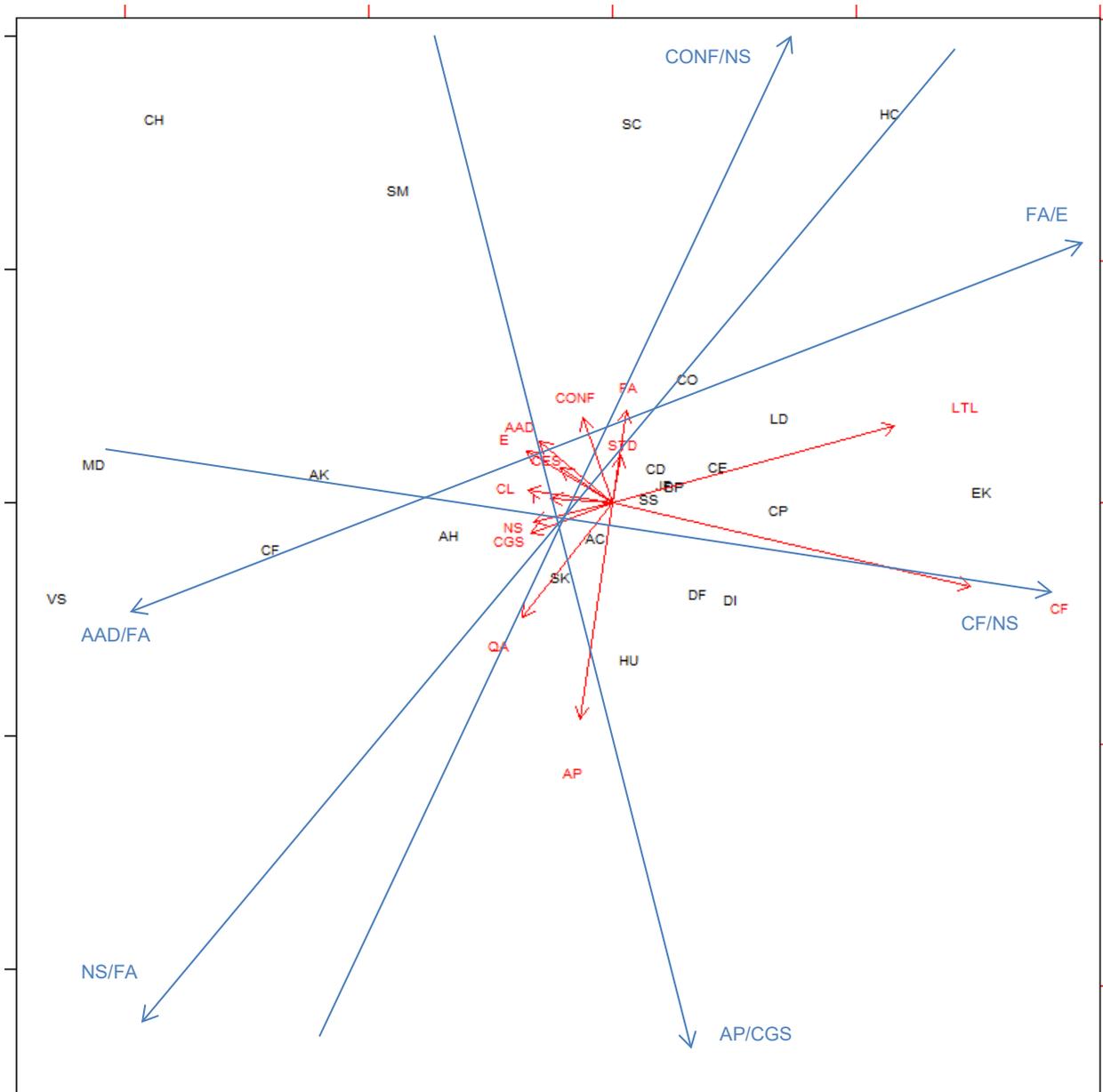
Ahorramás (AH), AlCampo (AC), Alimerka (AK), BonPreu (BP), Caprabo (CP), Carrefour (CF), Cecosa Supermercados (CE), Condis (CD), Consum (CO), Dia (DI), Distribuciones Froiz (DF), Eroski (EK), HiperCor (HC), Hiper Usera (HU), JuanFornes (JF), Lidl (LD), Mercadona (MD), Semark (SK), Supermercados Champion (CH), Supercor (SC), Supeco Maxor (SM), Superercados Sabeco (SS), Unión Detallistas Españoles (UD, outlier in 2015), Vego Supermercados (VS).

Source: Own elaboration.

Figure 4 shows the covariance biplot with the directions defined by some informative financial ratios between two magnitudes (only 2015 data shown). Note that we have not represented the ratios of net sales over inventory (NS/I) or net sales per employee (NS/E), which have very low variances given the proximity of their pairs of vertices. The represented ratios are:

- Fixed assets turnover (NS/FA).
- Share of overheads in the margin structure (CONF/NS).
- Share of financial costs in the margin structure (CF/NS).
- Fixed asset per employee (FA/E).
- Accounts payable turnover (AP/CGS).
- Asset depreciation and amortization over fixed assets (AAD/FA).

Figure 4. Covariance biplot with the directions defined by some key ratios.



Ahorramás (AH), Alcampo (AC), Alimerka (AK), BonPreu (BP), Caprabo (CP), Carrefour (CF), Cecosa Supermercados (CE), Condis (CD), Consum (CO), Dia (DI), Distribuciones Froiz (DF), Eroski (EK), HiperCor (HC), Hiper Usera (HU), JuanFornes (JF), Lidl (LD), Mercadona (MD), Semark (SK), Supermercados Champion (CH), Supercor (SC), Supeco Maxor (SM), Superercados Sabeco (SS), Unión Detallistas Españoles (UD, outlier in 2015), Vego Supermercados (VS).

Source: Own elaboration.

The angles between the links show the log fixed assets turnover (NS/FA) to be negatively correlated with the log share of overheads in the margin structure (CONF/NS) but to have almost no correlation with the log share of financial costs in the margin structure (CF/NS). Log fixed asset per employee (FA/E) also has a very low correlation with log accounts payable turnover (AP/CGS). Any other ratio of interest to the researcher and the correlation with any other ratio could be represented and interpreted in the same manner.

In spite of the fact that all observations have been used for its computation, only 2015 values are shown in Figure 4 for the sake of simplicity. The orthogonal projection of all chains along the direction defined by a ratio shows an approximate ordering of chains according to the ratio value. For instance, Hiper Usera (HU) has the highest accounts payable turnover (AP/CGS) and Supermercados Champion

(CH) the lowest. In the same vein, Eroski (EK), and HiperCor (HC) have the highest fixed asset per employee (FA/E), and Vego Supermercados (VS) the lowest. Vego Supermercados (VS) has the highest fixed assets turnover (NS/FA) and HiperCor (HC) the lowest. HiperCor (HC) has the largest share of overheads in the margin structure (CONF/NS), Eroski (EK) the largest share of financial costs in the margin structure (CF/NS), and Vego Supermercados (VS) the largest depreciation and amortization over fixed assets (AAD/FA).

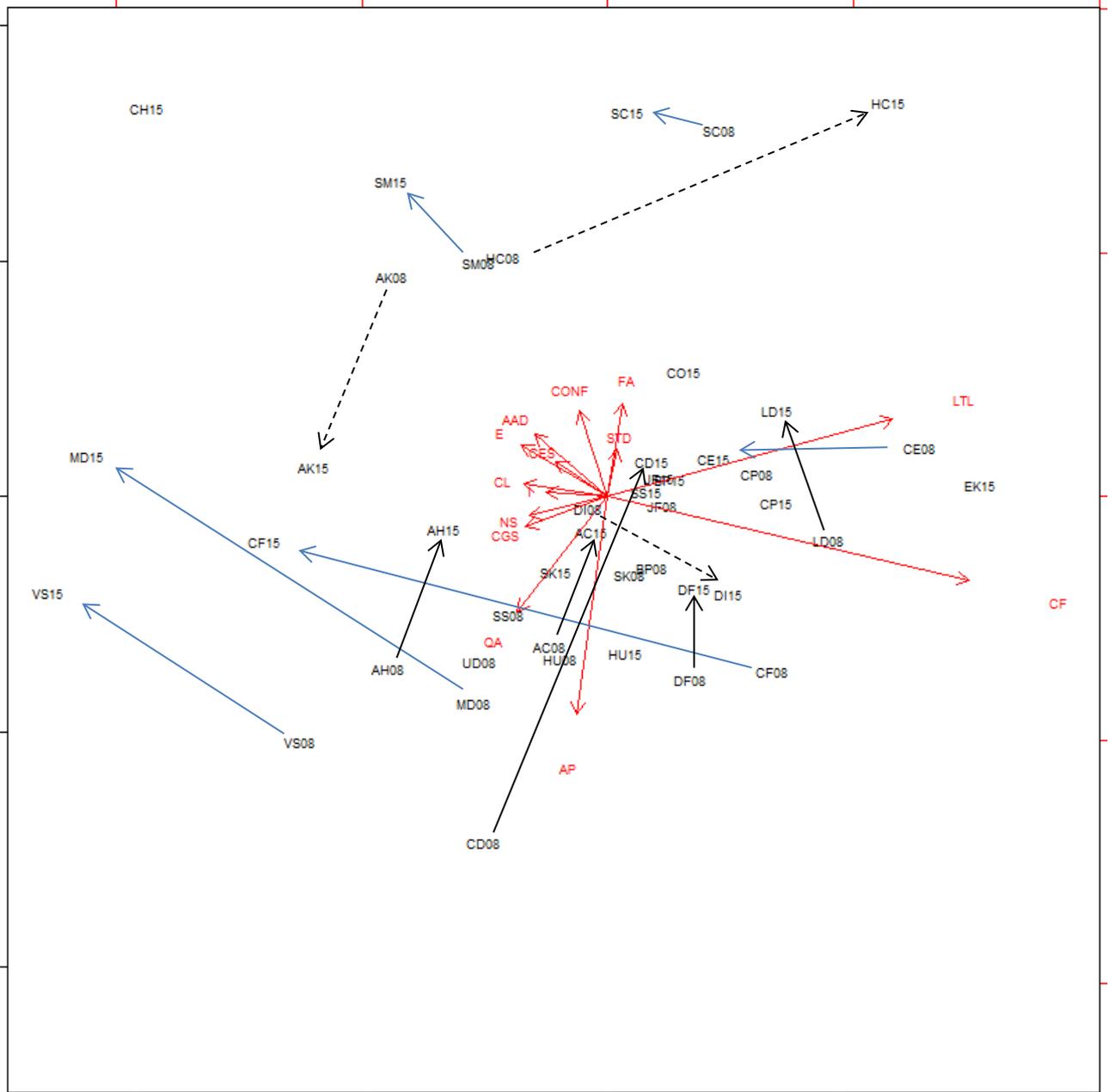
Although formal CoDa methods for clustering firms according to financial statement structure have been developed (Linares-Mustarós et al., 2018), the biplot makes for an appealing visual classification of strategic groups. For instance, firms close to the origin of the rays would fit the so-called stuck-in-the-middle strategy (e.g., AlCampo –AC–, Supermercados Sabeco –SS– and Juan Fornes –JF). Alimerka (AK), Mercadona (MD), Vego Supermercados (VS) and Carrefour (CF) seem to form a strategic group characterized by low fixed asset per employee and low share of financial costs in the margin structure. Supercor (SC) and HiperCor (HC) are characterized by low fixed asset turnover and large overhead share in the margin structure, and so on.

Figure 5 shows the covariance biplot with evolution over time (only 2008 and 2015 data shown). In spite of the fact that all observations have been used for its computation, only 2008 and 2015 values are shown for the sake of simplicity. There are two dominant trajectory patterns. Cecosa Supermercados (CE), Carrefour (CF), Mercadona (MD), Supeco Maxor (SM), Supercor (SC) and Vego Supermercados (VS) are examples of a westbound trajectory, depicted by a blue solid arrow. These chains moved towards having lower leverage and lower financial cost share in their cost structure. Ahorramás (AH), Lidl (LD), Condis (CD), Distribuciones Froiz (DF) and AlCampo (AC) are examples of a northbound trajectory shown in a black arrow, whereby chains increase the share of fixed assets in the asset structure and the share of overhead costs in the cost structure. Some chains, namely Alimerka (AK), Dia (DI) and HiperCor (HC), have trajectories in the opposite direction, depicted by broken arrows.

6. Discussion.

This work has presented a data analysis and visualization tool for supporting strategic management decisions. This approach uses the same type of financial statement information used by financial ratios but does not depend on the often arbitrary decision about which financial ratios to compute. Instead of drawing from any particular ratio, the approach maps accounts and other management magnitudes in a two-dimensional plot, on which firms can be ordered with respect to the ratios of any two magnitudes. Thus, the analysis supplies a global perspective on the financial and economic situation of firms, which is more enriching than that offered by a collection of ratios considered in an isolated way. In this way, the global characteristics of firms can be readily visualized. This tool is especially valuable in the field of strategic management. Analytical techniques such as SWOT analysis or strategic groups are applied more rigorously when based on an adequate metric. Moreover, even the use of conceptual paradigms such as the theory of resource-based analysis (Grant, 1991) or Michael Porter's analysis of industry structure and competitive positioning (Porter, 1980) is enhanced when a metric analysis can be performed. Firms with similar financial patterns and performance can be easily identified, as well as the key ratios according to which they behave similarly or differently. Thus, strategic groups can be considered in terms of the relative position of firms. Particular firms are represented and differences between them are derived by taking into account the multiple dimensions represented by each financial magnitude and all pairwise ratios.

Figure 5. Covariance biplot with evolution over time.



Ahorramás (AH), AlCampo (AC), Alimerka (AK), BonPreu (BP), Caprabo (CP), Carrefour (CF), Cecosa Supermercados (CE), Condis (CD), Consum (CO, outlier in 2008), Dia (DI), Distribuciones Froiz (DF), Eroski (EK, outlier in 2008), HiperCor (HC), Hiper Usera (HU), JuanFornes (JF), Lidl (LD), Mercadona (MD), Semark (SK), Supermercados Champion (CH, outlier in 2008), Supercor (SC), Supeco Maxor (SM), Supermercados Sabeco (SS), Unión Detallistas Españoles (UD, outlier in 2015), Vego Supermercados (VS).

Source: Own elaboration.

This tool visualizes the strengths and weaknesses of each firm in a relative way compared to competitors. Moreover, it helps to identify resource-based position by firm. In a global perspective, this tool is useful for describing industrial structure and the competitive positioning of each firm. Therefore, it can be a powerful methodology for assisting in internal strategic analyses. It can also help define the strategic objectives of the company and the subsequent formulation of strategies to be executed, as well as assessing the performance obtained from their implementation. If panel data are available, the individual time evolution of each firm can also be plotted and interpreted in terms of key ratios.

This method draws on the CoDa tradition, and is based on logarithms of ratios, which have proven to lead to less asymmetry and redundancy than standard financial ratios (Linares-Mustarós et al., 2018)

and not to rely on any particular choice of financial ratios. Another advantage of CoDa in financial analysis is the existence of a formal and well proven method for imputing zero values in financial statements. This makes it possible to perform financial analysis of firms with some zero account values, for which standard financial ratio analysis has to date only provided ad-hoc solutions or has merely dropped them from the analyses.

Several extensions are possible. In this article, mostly financial information has been used to develop and show the proposed methodological approach. However, this tool can deal with any type of quantitative variables, be they financial or not. For example, in the analysis of large distribution chains, we might have considered aspects as relevant as the number of establishments or the commercial area of each retail chain, the volume of Internet sales or other relevant data. All this information can be analysed using this methodological tool if it is in a quantitative metric and non-negative. The method can also be used as a data reduction tool and the first few coordinates explaining most of the variance can be used as variables in further statistical analyses, as explanatory variables in models predicting bankruptcy or belonging to previously known strategic groups, for example. The analysis can also be extended by using weights (Greenacre, 2018) or robust methods (Templ et al., 2011).

Funding

This work was supported by the Catalan Autonomous Government [grant numbers 2014SGR551, 2017SGR656]; the Spanish Health Ministry [grant number CIBER CB06/02/1002]; the Spanish Economy and Competitiveness Ministry/FEDER [grant number MTM2015-65016-C2-1-R]; the Spanish Science, Innovation and Universities Ministry/FEDER [grant number RTI2018-095518-B-C21], and the University of Girona [grant numbers MPCUdG2016/069, GDRCompetUdG2017/19].

References

- Aitchison, J. (1982). The statistical analysis of compositional data. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)*, *44*, 139-177. DOI: 10.1111/j.2517-6161.1982.tb01195.x.
- Aitchison, J. (1983). Principal component analysis of compositional data. *Biometrika*, *70*, 57-65. DOI:10.1093/biomet/70.1.57.
- Aitchison, J. (1986). *The Statistical Analysis of Compositional Data. Monographs on Statistics and Applied Probability*. London: Chapman and Hall.
- Aitchison, J., & Greenacre, M. (2002). Biplots of compositional data. *Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics)*, *51*, 375-392. DOI:10.1111/1467-9876.00275.
- Allen, R.S., & Helms, M.M. (2006). Linking strategic practices and organizational performance to Porter's generic strategies. *Business Process Management Journal*, *12*, 433-455. DOI: 10.1108/14637150610678069.
- Azevedo, L., Daunis-i-Estadella, J., Mateu-Flgueras, G., & Thió-Henestrosa, S. (2011). Flying in compositional morphospaces: evolution of limb proportions in flying vertebrates. *Compositional Data Analysis. Theory and Applications* (V. Pawlowsky-Glahn & A. Buccianti, eds). New York, NY: Wiley. pp. 235-254.
- Banker, R.D., Mashruwala, R., & Tripathy, A. (2014). Does a differentiation strategy lead to more sustainable financial performance than a cost leadership strategy? *Management Decision*, *52*, 872-896. DOI: 10.1108/MD-05-2013-0282.
- Barceló-Vidal, C., & Martín-Fernández, J.A. (2016). The mathematics of compositional analysis. *Austrian Journal of Statistics*, *45*, 57-71. DOI: 10.17713/ajs.v45i4.142.
- Barnes, P. (1987). The analysis and use of financial ratios: A review article. *Journal of Business Finance & Accounting*, *14*, 449-461. DOI: 10.1111/j.1468-5957.1987.tb00106.x.

- Batista-Foguet, J.M., Ferrer-Rosell, B., Serlavós, R., Coenders, G., & Boyatzis, R.E. (2015). An alternative approach to analyze ipsative data. Revisiting Experiential Learning Theory. *Frontiers in Psychology*, 6, 1742. DOI: 10.3389/fpsyg.2015.01742.
- Belles-Sampera, J., Guillen, M., & Santolino, M. (2016) Compositional methods applied to capital allocation problems. *Journal of Risk*, 19, 1-15. DOI: 10.21314/JOR.2016.345.
- Blanco-Oliver, A.J., Irimia-Diéguez, A.I., & Vázquez-Cueto, M.J. (2016) Design of a specific model for predicting micro-entities failure. *Journal of Quantitative Methods for Economics and Business Administration*, 22, 3-18. <https://www.upo.es/revistas/index.php/RevMetCuant/article/view/2336>
- Boonen, T., Guillén, M., & Santolino, M. (2019). Forecasting compositional risk allocations. *Insurance: Mathematics and Economics*, 84, 79-86. DOI: 10.1016/j.insmatheco.2018.10.002.
- Buccianti, A., Mateu-Figueras, G., & Pawlowsky-Glahn, V. (2006) *Compositional Data Analysis in the Geosciences: From Theory to Practice*. London: Geological Society.
- Caro, N.P., Arias, V., & Ortiz, P. (2017). Prediction of failure in Latin-American companies using the nearest-neighbor method to predict random effects in mixed models. *Journal of Quantitative Methods for Economics and Business Administration*, 24, 5-24. <https://www.upo.es/revistas/index.php/RevMetCuant/article/view/2878>.
- Chen, K.H., & Shimerda, T.A. (1981). An empirical analysis of useful financial ratios. *Financial Management*, 10, 51-60. DOI: 10.2307/3665113.
- Cowen, S.S., & Hoffer, J.A. (1982). Usefulness of financial ratios in a single industry. *Journal of Business Research*, 10, 103-118. DOI: 10.1016/0148-2963(82)90020-0.
- Davis, B.C., Hmieleski, K.M., Webb, J.W., & Coombs, J.E. (2017). Funders' positive affective reactions to entrepreneurs' crowdfunding pitches: The influence of perceived product creativity and entrepreneurial passion. *Journal of Business Venturing*, 32, 90-106. DOI:10.1016/j.jbusvent.2016.10.006.
- Deakin, E.B. (1976). Distributions of financial accounting ratios: some empirical evidence. *The Accounting Review*, 51, 90-96.
- Dimitropoulos, P.E., Asteriou, D., & Koumanakos, E. (2010). The relevance of earnings and cash flows in a heavily regulated industry: Evidence from the Greek banking sector. *Advances in Accounting*, 26, 290-303. DOI: 10.1016/j.adiac.2010.08.005.
- Egozcue, J.J. Pawlowsky-Glahn, V. Mateu-Figueras, G., & Barceló-Vidal, C. (2003). Isometric logratio transformations for compositional data analysis. *Mathematical Geology*, 35, 279-300. DOI: 10.1023/A:1023818214614.
- European Union (2016). *Competition in the Food Retail Sector Proceedings of the Workshop*. Policy Department A: Economic and Scientific Policy. www.europarl.europa.eu/supporting-analyses.
- Evans, J. R., & Mathur, A. (2014). Retailing and the period leading up to the Great Recession: a model and a 25-year financial ratio analysis of US retailing. *The International Review of Retail, Distribution and Consumer Research*, 24, 30-51. DOI:10.1080/09593969.2013.801360.
- Ferrer-Rosell, B., & Coenders, G. (2018). Destinations and crisis. Profiling tourists' budget share from 2006 to 2012. *Journal of Destination Marketing & Management*, 7, 26-35. DOI:10.1016/j.jdmm.2016.07.002.
- Ferrer-Rosell, B., Coenders, G., & Martínez-García, E. (2015). Determinants in tourist expenditure composition-the role of airline types. *Tourism Economics*, 21, 9-32. DOI:10.5367/te.2014.0434.
- Ferrer-Rosell, B., Coenders, G., & Martínez-García, E. (2016a). Segmentation by tourist expenditure composition. An approach with compositional data analysis and latent classes. *Tourism Analysis*, 21, 589-602. DOI: 10.3727/108354216X14713487283075.

- Ferrer-Rosell, B., Coenders, G., Mateu-Figueras, G., & Pawlowsky-Glahn, V. (2016b). Understanding low cost airline users' expenditure pattern and volume. *Tourism Economics*, 22, 269-291. DOI:10.5367/te.2016.0548.
- Filzmoser, P., Hron, K. & Templ, M. (2018). *Applied Compositional Data Analysis with Worked Examples in R*. New York: Springer.
- Frecka, T.J., & Hopwood, W.S. (1983). The effects of outliers on the cross-sectional distributional properties of financial ratios. *The Accounting Review*, 58, 115-128.
- Gabriel, K.R. (1971). The biplot-graphic display of matrices with application to principal component analysis. *Biometrika*, 58, 453-467. DOI:10.1093/biomet/58.3.453.
- Glassman, D.A., & Riddick, L.A. (1996). Why empirical international portfolio models fail: evidence that model misspecification creates home asset bias. *Journal of International Money and Finance*, 15, 275-312. DOI: 10.1016/0261-5606(95)00046-1.
- Grant, R.M. (1991). The resource-based theory of competitive advantage: implications for strategy formulation. *California Management Review*, 33, 114-135. DOI: 10.2307/41166664.
- Grant, R.M. (2008). *Contemporary Strategy Analysis*. Malden, MA: Blackwell Publishing.
- Greenacre, M. (2018). *Compositional Data Analysis in Practice*. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Hoque, Z. (2004). A contingency model of the association between strategy, environmental uncertainty and performance measurement: impact on organizational performance. *International Business Review*, 13, 485-502. DOI:10.1016/j.ibusrev.2004.04.003.
- Horrigan, J.O. (1968). A short history of financial ratio analysis. *The Accounting Review*, 43, 284-294.
- Joueid, A., & Coenders, G. (2018). Marketing innovation and new product portfolios. A compositional approach. *Journal of Open Innovation: Technology, Market and Complexity*, 4, 19. DOI: 10.3390/joitmc4020019.
- Linares-Mustarós, S., Coenders, G., & Vives-Mestres, M. (2018). Financial performance and distress profiles. From classification according to financial ratios to compositional classification. *Advances in Accounting*, 40, 1-10. DOI: 10.1016/j.adiac.2017.10.003.
- Lovell, D., Pawlowsky-Glahn, V., Egozcue, J.J., Marguerat, S., & Bähler, J. (2015). Proportionality: a valid alternative to correlation for relative data. *PLoS Computational Biology*, 11, e1004075. DOI: 10.1371/journal.pcbi.1004075.
- Lukason, O., & Laitinen, E.K. (2016) Failure processes of old manufacturing firms in different European countries. *Investment Management and Financial Innovations*, 13, 310-321.
- Mariné-Roig, E., & Ferrer-Rosell, B (2018). Measuring the gap between projected and perceived destination images of Catalonia using compositional analysis. *Tourism Management*, 68, 236-249. DOI: 10.1016/j.tourman.2018.03.020.
- Martín-Fernández, J.A., Palarea-Albaladejo, J., & Olea, R.A. (2011). Dealing with zeros. *Compositional Data Analysis. Theory and Applications* (V. Pawlowsky-Glahn & A. Buccianti, eds). New York, NY: Wiley. pp. 47-62.
- Martín-Oliver, A., Ruano, S., & Salas-Fumás, V. (2017). The fall of Spanish cajas: Lessons of ownership and governance for banks. *Journal of Financial Stability*, 33, 244-260. DOI:10.1016/j.jfs.2017.02.004.
- Mateu-Figueras, G., Daunis-i-Estadella, J., Coenders, G., Ferrer-Rosell, B., Serlavós, R., & Batista-Foguet, J.M. (2016). Exploring the relationship between two compositions using canonical correlation analysis. *Metodološki Zvezki*, 13, 131-150. http://ibmi.mf.uni-lj.si/mz/2016/no-2/p5MZ13_2.pdf
- McGee, J., & Thomas, H. (1986) Strategic groups: theory, research and taxonomy. *Strategic Management Journal*, 7, 141-160. DOI: 10.1002/smj.4250070204.

- Morais, J., Thomas-Agnan, C., & Simioni, M. (2018). Using compositional and Dirichlet models for market-share regression. *Journal of Applied Statistics*, 45, 1670-1689. DOI: 10.1080/02664763.2017.1389864.
- Norman, P.M. (2018). An exercise to integrate strategic and financial analysis. *Management Teaching Review*, 3, 252-264. DOI: 10.1177/2379298117752680.
- OECD (2013). *Competition Issues in the Food Chain Industry*. <https://www.oecd.org/daf/competition/CompetitionIssuesintheFoodChainIndustry.pdf>
- Ortells, R., Egozcue, J.J., Ortego, M.I., & Garola, A. (2016). Relationship between popularity of key words in the Google browser and the evolution of worldwide financial indices. *Compositional Data Analysis. Springer Proceedings in Mathematics & Statistics, Vol. 187* (J.A. Martín-Fernández & S. Thió-Henestrosa, eds). Cham, CH: Springer. pp. 145-166.
- Pablos, R.R., Vara, A.J., & Roche, I.C. (2013). Estrategias de las principales empresas de distribución minorista de gran consumo ante la crisis económica. *Distribución y Consumo*, 23, 5-17.
- Palarea-Albaladejo, J., & Martín-Fernández, J.A. (2008). A modified EM algorithm for replacing rounded zeros in compositional data sets. *Computers & Geosciences*, 34, 902-917. DOI: 10.1016/j.cageo.2007.09.015.
- Palarea-Albaladejo, J., & Martín-Fernández, J.A. (2015) zCompositions-R package for multivariate imputation of left-censored data under a compositional approach. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 143, 85-96. DOI: j.chemolab.2015.02.019.
- Pawlowsky-Glahn, V. & Buccianti, A. (eds) (2011). *Compositional Data Analysis. Theory and Applications*. New York, NY: Wiley.
- Pawlowsky-Glahn, V., Egozcue, J.J., & Tolosana-Delgado, R. (2015). *Modeling and Analysis of Compositional Data*. Chichester, UK: Wiley.
- Pinches, G.E., Mingo, K.A., & Caruthers, J.K. (1973). The stability of financial patterns in industrial organizations. *The Journal of Finance*, 28, 389-396. DOI: 10.1111/j.1540-6261.1973.tb01782.x.
- Porter, M. (1980). *Competitive Strategy: Techniques for Analysing Industries and Competitors*. New York, NY: The Free Press.
- Ross, S.A., Westfield, R.W., & Jordan, B.D. (2003). *Fundamentals of Corporate Finance*. 6th ed. (Vol.1). New York, NY: McGraw-Hill.
- Sanz, J.Á., Bedate, A.M., & Durántez, M. (2018). Determining some factors of the financial situation in the European Union publishing sector. *Review of Economic Perspectives*, 18, 25-43. DOI: 10.2478/revecp-2018-0002.
- Sharma, S., Shebalkov, M., & Yukhanaev, A. (2016). Evaluating banks performance using key financial indicators-a quantitative modeling of Russian banks. *The Journal of Developing Areas*, 50, 425-453. DOI: 10.1353/jda.2016.0015.
- Smith, M. (2005). *Performance Measurement & Management: a Strategic Approach to Management Accounting*. London: SAGE.
- Sudarsanam, P.S., & Taffler, R.J. (1995). Financial ratio proportionality and inter-temporal stability: An empirical analysis. *Journal of Banking & Finance*, 19, 45-60. DOI: 10.1016/0378-4266(94)00044-4.
- Templ, M., Hron, K., & Filzmoser P. (2011). robCompositions: an R-package for robust statistical analysis of compositional data. *Compositional Data Analysis. Theory and Applications* (V. Pawlowsky-Glahn & A. Buccianti, eds). New York, NY: Wiley. pp. 341-355.
- Thió-Henestrosa, S., & Martín-Fernández, J.A. (2005). Dealing with compositional data: The freeware CoDaPack. *Mathematical Geology*, 37, 773-793. DOI: 10.1007/s11004-005-7379-3.
- Van den Boogaart, K.G., & Tolosana-Delgado, R. (2013). *Analyzing Compositional Data with R*. Berlin: Springer.

- Van Eijnatten, F.M., van der Ark, L.A., & Holloway, S.S. (2015). Ipsative measurement and the analysis of organizational values: an alternative approach for data analysis. *Quality & Quantity*, 49, 559-579. DOI: 10.1007/s11135-014-0009-8.
- Vives-Mestres, M., Daunis-i-Estadella, J., & Martín-Fernández, J.A. (2014). Out-of-control signals in three-part compositional T^2 control chart. *Quality and Reliability Engineering International*, 30, 337-346. DOI: 10.1002/qre.1583.
- Vives-Mestres, M., Martín-Fernández, J.A., & Kenett, R. (2016a). Compositional data methods in customer survey analysis. *Quality and Reliability Engineering International*, 32, 2115-2125. DOI: 10.1002/qre.2029.
- Vives-Mestres, M., Daunis-i-Estadella, J., & Martín-Fernández, J.A. (2016b). Signal interpretation in Hotelling's T^2 control chart for compositional data. *IIE Transactions*, 48, 661-672. DOI: 10.1080/0740817X.2015.1125042.
- Voltes-Dorta, A., Jiménez, J.L., & Suárez-Alemán, A. (2014). An initial investigation into the impact of tourism on local budgets: A comparative analysis of Spanish municipalities. *Tourism Management*, 45, 124-133. DOI: 10.1016/j.tourman.2014.02.016
- Wang, H., Lu, S., & Zhao, J. (2019). Aggregating multiple types of complex data in stock market prediction: A model-independent framework. *Knowledge-Based Systems*, 164, 193-204. DOI: 10.1016/j.knosys.2018.10.035.
- Yap, B.C.F., Mohamed, Z., & Chong, K.R. (2014). The effects of the financial crisis on the financial performance of Malaysian companies. *Asian Journal of Finance & Accounting*, 6, 236-248. DOI: 10.5296/ajfa.v6i1.5314.
- Yoshino, N., & Taghizadeh-Hesary, F. (2015). Analysis of credit ratings for small and medium-sized enterprises: Evidence from Asia. *Asian Development Review*, 32, 18-37. DOI: 10.1162/ADEV_a_00050.
- Yoshino, N., Taghizadeh-Hesary, F., Charoensivakorn, P., & Niraula, B. (2016). Small and medium-sized enterprise (SME) credit risk analysis using bank-lending data: An analysis of Thai SMEs. *Journal of Comparative Asian Development*, 15, 383-406. DOI: 10.1080/15339114.2016.1233821.



Uso del diseño de experimentos para la innovación empresarial

DELGADO FERNÁNDEZ, MERCEDES

Escuela Superior de Cuadros del Estado y del Gobierno (ESCEG) (La Habana, Cuba)

Correo electrónico: mercedes@esceg.cu

RESUMEN

El artículo aborda el uso del diseño de experimentos en proyectos de innovación empresarial. En primer lugar, se plantean las bases del diseño experimental con especial énfasis en el enfoque de procesos y su aplicabilidad en la innovación. En segundo lugar, propone una guía para su aplicación tanto en proyectos de innovación empresarial, como de productos, procesos, organizacional y de comercialización. La información inicial para la aplicación de la guía se basa en el diagrama causa efecto. Finalmente, se muestran tres casos de estudio de proyectos de innovación empresarial en los que se aplica la guía de diseño de experimento, que permite decidir cuáles son los factores o causas que influyen en la variable respuesta, en correspondencia con el efecto analizado. De esta forma el directivo de la empresa tiene más conocimiento para tomar decisiones que contribuyan al incremento de la eficacia y la eficiencia.

Palabras clave: diseño de experimentos, análisis de varianza, diagrama causa-efecto, innovación empresarial.

Clasificación JEL: C4; C9; O3.

MSC2010: 62Kxx; 62K15.

Use of experiments design for business innovation

ABSTRACT

The article deals with the use of experimental design in business innovation projects. Firstly, the foundations of experimental design are presented, with special emphasis on the process approach and its applicability in innovation. The second section proposes a guide for its application in business innovation projects, such as products, processes, organizational and marketing. The initial information for the application of the guide is based on the cause-effect diagram. Finally, three case studies of business innovation projects are presented in which the experiment design guide is applied, by means of which it is decided which factors are related to the causes that influence the response variable in correspondence with the analyzed effect. In this way, the manager of the company would have more knowledge to make decisions that contribute to the increase of efficacy and efficiency.

Keywords: design of experiments, analysis of variance, cause-effect diagram, business innovation.

JEL classification: C4; C9; O3.

MSC2010: 62Kxx; 62K15.



1. Introducción.

En el ámbito organizacional, el diseño de experimentos puede ser útil para ayudar a caracterizar los procesos de la ciencia y la tecnología (Deming & Morgan, 1993; Klauss & Kempthorne, 2008), en la valoración del uso de las tecnologías de gestión de procesos (Weber, Mutschler & Reichert, 2010), la influencia del conocimiento y la motivación en la innovación organizacional (Eardley & Uden, 2011) y de conjunto con otros métodos del control estadístico de la calidad, para la mejora de la calidad.

Aunque se amplía su uso, aún no se aprovechan todas sus potencialidades en el ámbito empresarial. Por una parte, existe una falsa creencia de que el diseño de experimento es más conveniente para las áreas de Investigación y Desarrollo (I+D) y que está restringido a la disponibilidad de recursos para medir los efectos combinados de los factores de interés. Por ejemplo, se recomienda no invertir más del 25% de los recursos de la experimentación en el experimento inicial, lo que presupone un accionar iterativo para el aprendizaje (Montgomery, 2013).

Por otra parte, las insuficiencias existentes en el registro y análisis de los datos, el desconocimiento sobre esta metodología y su utilidad, así como la relativa complejidad del método son otras razones que han provocado la no difusión de los diseños experimentales en la industria e incluso en algunos servicios. Se reconoce que su uso en los sectores no manufactureros implica mayores retos a vencer (Antony, 2014).

Una limitación en el uso extensivo del diseño de experimentos en el ámbito social, organizacional y empresarial, lo constituyen las exigencias del método en relación al conocimiento del problema a investigar, de las condiciones a comparar, las variables de salida, los factores y los datos a recopilar, que no siempre es posible contar con ellos a priori. A pesar de estas limitaciones, la capacidad que tiene el software de aplicar los métodos estadísticos y procesar elevados volúmenes de información, facilita el empleo del método de diseño de experimentos para la solución de problemas en un proceso iterativo de aprendizaje y de descubrimiento (Box, Hunter & Hunter, 2005). La recopilación de datos mediante pruebas teóricas y simulaciones es útil, aunque algunos resultados desconcierten la teoría, incluyendo los diseños cuasi-experimentales, cuya eficiencia es menor que la de los experimentos reales (Campbell & Stanley, 1963). Los resultados y ejemplos de la identificación automática de los diseños cuasi-experimentales demuestran el potencial de este campo en la actualidad, sobre todo en grandes bases de datos (Jensen, Fast, Taylor & Maier, 2008).

Los métodos estadísticos de diseño de experimentos podrían tener más aplicaciones bajo determinadas condiciones en el proceso de toma de decisiones empresarial. Por ejemplo, en la evaluación y selección de proveedores y tecnologías, en la compra de una nueva materia prima, en el análisis de la calidad del producto, en la selección y evaluación del personal, en la valoración de diferentes causas como la accidentalidad en un puesto de trabajo, en el diseño de productos, entre otros. Muchas de estas decisiones sobre materias primas, tecnologías, recursos humanos, productos y calidad, entre otras tantas, se toman en las empresas en ocasiones sin ningún tipo de análisis estadístico.

Los diseños de experimentos se pueden emplear para comparar dos o más tratamientos, estudiar el efecto de varios factores sobre la(s) respuesta(s), determinar el punto óptimo de operación del proceso, la optimización de una mezcla y para hacer el producto o proceso insensible a factores no controlables (Gutiérrez & de la Vara, 2008). Se le reconoce su utilidad en la ingeniería para mejorar el rendimiento de un proceso de manufactura, en el desarrollo de nuevos procesos y productos (Montgomery, 2013). De esta forma, es frecuente su uso en el diseño y rediseño de productos y procesos y en la propia planificación y mejora de la calidad. Puede ser una de las técnicas a emplear para realizar cambios en los procesos y evaluar el cumplimiento de

los objetivos de calidad proyectados. Se usa en el ciclo de Deming (o Shewart) de Planear-Hacer-Verificar-Actuar, para la mejora o en estudios de simulación (Salazar & Baena, 2009).

Por otra parte, las organizaciones deben poseer como filosofía una tendencia al incremento de la innovación, como vía para aumentar sus niveles de calidad y competitividad (Delgado, 1998). En la valoración de los cambios que se proyectan para generar la innovación puede ser de utilidad el diseño de experimentos.

La innovación puede ser de producto o servicio, de procesos, organizacional o de comercialización (OCDE & Eurostat, 2006). Los diferentes tipos de innovaciones están estrechamente relacionados entre sí e impactan en la eficiencia y la eficacia.

Este artículo propone emplear la información histórica disponible y requerida para la generación de la innovación empresarial, estructurándola como un diseño de experimento, según los objetivos que se persigan en el análisis a realizar, y a la vez sus resultados permitirán conocer mejor el objeto de estudio. El artículo tiene como objetivo mostrar la utilidad del diseño experimental en la evaluación, generación y proyección de la innovación, con su contribución en la toma de decisiones empresariales.

En primer lugar, se plantean los fundamentos del diseño experimental con especial énfasis en el enfoque de procesos y su aplicabilidad en la innovación. En segundo lugar, propone una guía para su aplicación en proyectos de innovación empresarial, ya sean de productos, procesos, organizacional y de comercialización.

A través de casos de estudio reales se muestran en el siguiente apartado diferentes usos del diseño de experimentos para la selección de las mejores condiciones de los factores que influyen en las empresas objetos de estudio y con ello el incremento de la eficacia y la eficiencia, según los objetivos y variables definidas.

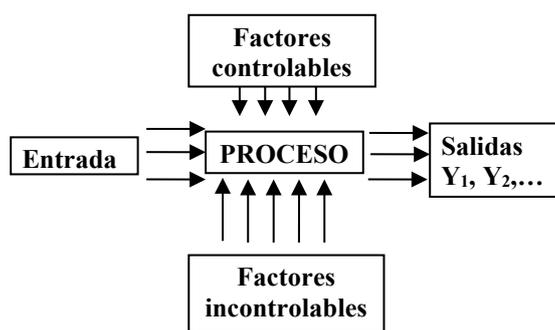
2. Fundamentos del diseño de experimentos con enfoque a procesos para la innovación.

El diseño de experimento se define como una estrategia de planificación de experimentos tal que las conclusiones válidas y relevantes puedan ser eficientes y económicamente enriquecidas (International Standardization Organization, 2015). Se define habitualmente como una prueba o serie de pruebas donde se inducen cambios deliberados en los factores para observar y analizar los cambios en la respuesta de salida (Peña, 1992). Esta definición se adapta al ámbito empresarial, ya que en muchas ocasiones existen diferentes alternativas entre las que se debe decidir cuál es la que agrega mayor valor a los procesos y productos o cuáles son las que satisfacen determinadas restricciones u objetivos de la organización. La figura 1 representa el proceso, entendido como aquél que transforma entradas en salidas en presencia de factores controlables e incontrolables (Montgomery, 2013).

Las salidas pueden ser medidas a través de diferentes variables como resistencia a la tracción, la productividad, el rendimiento agrícola, la satisfacción de los clientes, características de calidad del producto final, ventas, utilidades, etc. A su vez, en un mismo proceso puede ser de interés medir varias características a la salida.

Los factores controlables son aquellas variables de las que se quiere estudiar su posible incidencia en la(s) salida(s) o variables, como lo pudiera ser el tipo de materia prima, proveedor, trabajador, equipo de trabajo, la unidad empresarial, los meses, etc. Hay que tener en cuenta que en ocasiones se requiere controlar en una prueba algunos de los factores incontrolables. En este artículo, las variables de interés, sean las de salida o los factores a controlar, se relacionan con la innovación de productos, procesos, organizacional y de comercialización.

Figura 1. Proceso en el diseño de experimento.



Fuente: Elaboración propia.

Un proceso es un conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados con el fin de satisfacer las necesidades para las que van dirigidas esas salidas (NC ISO 9001, 2015).

En el enfoque a procesos, las diferentes fuentes de variación necesitan ser entendidas, dado que cada respuesta, efecto o salida refleja la variabilidad relacionadas con (Barrentine, 1999):

- a) el conocimiento de las variables de entrada,
- b) las variables desconocidas del proceso y/o
- c) la medición de la variable respuesta.

Las materias, energía e información pueden constituir fuentes de variación a ser investigadas en un experimento, en relación a su influencia en las variables de salida de ese proceso y en los procesos posteriores (NC ISO 9001, 2015).

En la adopción del enfoque basado en procesos, el diseño de experimento puede ser útil al facilitar la identificación de cuáles son las mejores condiciones de las entradas y los factores para generar las mejores salidas. Por ejemplo, puede contribuir al aumento de la satisfacción del cliente mediante el análisis del cumplimiento de sus requisitos y a un uso más racional y eficiente de los recursos en una organización, al evaluar las mejores condiciones de los mismos. En ambas situaciones se pueden mejorar la eficacia y la eficiencia empresarial.

Existen dos formas básicas de obtener información sobre los factores que afectan a un proceso: observar el proceso sin modificarlo, o experimentar en el proceso, haciendo cambios y estudiando sus consecuencias. La primera forma se refiere en mayor medida al análisis de los datos para extraer toda la información que hay en los mismos y en cierta forma es la que más se ha venido aplicando en el ámbito empresarial. La toma de decisiones debe hacerse basada en la evidencia, para lo cual el análisis de los datos contribuye a tal fin. La segunda forma constituye la base del diseño de experimentos, aplicado para generar eficientemente datos que contengan la información de interés. En este artículo se recomienda analizar la variabilidad a partir del comportamiento de los datos históricos, según objetivos determinados en relación a la proyección de la innovación.

En estudios experimentales las variables de interés frecuentemente pueden ser controladas y fijadas a valores predeterminados para cada corrida del experimento, mientras que en los observacionales muchas de las variables de interés no pueden ser controladas, pero pueden ser registradas y analizadas (Mason, Gunst & Hess, 2003).

Las investigaciones hechas en un laboratorio generalmente son experimentales pero los estudios sociales son esencialmente de naturaleza observacional, aunque pueden tener algún

enfoque experimental, como los procesos industriales (Cox & Reid, 2000), en los que se realizan intervenciones de diferentes tipos de implicaciones al pensamiento estadístico por su universalidad (Daniel, 1976).

La investigación que produce innovación y sostiene su desarrollo ha sido llamada diseño de innovación, siendo aquella que produce hallazgos que se retroalimentan en ciclos iterativos del diseño innovador (Bareiter, 2002), para lo cual el diseño de experimentos puede ser útil. Existen dos argumentaciones sobre el valor del diseño de innovaciones: las científicas que involucran conocimiento y las sustantivas que involucran el cambio y requieren un plan (Schwartz & Lee, 2005).

Una de las vías prácticas recomendadas para el proceso de innovación son los programas de investigación que coordinan diseños ingenieriles de experimentos en laboratorios con psicólogos, que permiten identificar los principales efectos de los componentes e interacciones, para luego correlacionarlos y construir el modelo cognitivo de los componentes (Schunn, Paulus, Cagan & Wood, 2006).

En un ambiente de ingeniería los experimentos son frecuentemente conducidos para explorar, estimar y confirmar (Antony, 2014). La exploración se refiere al entendimiento de los datos de los procesos, la estimación es para determinar los efectos de las variables o factores de los procesos sobre las características de las salidas y la confirmación implica verificar los resultados predichos obtenidos del experimento.

A la vez, el diseño de experimentos tiene dos perspectivas: prospectiva y reflexiva, que resultan en el diseño iterativo (Cobb, Confrey, diSessa, Lehrer & Schauble, 2003). Un diseño de experimentos es una forma de investigación intervencionista que crea y evalúa condiciones novedosas para el aprendizaje (Schwartz & Lee, 2005) y la generación de conocimiento.

Un concepto también descrito en la literatura es el pensamiento de diseño, que se entiende como una forma de pensar que conduce a la transformación, la evolución y la innovación, a nuevas formas de gestionar los negocios y, en este sentido, tiene mucho que ofrecer a la gestión de la innovación; lo que aún no está claro para muchos gerentes es el valor agregado de este enfoque para la innovación en la práctica, y cómo evaluar y elegir el camino más efectivo (Tschimmel, 2012). El pensamiento de diseño se convierte en una metodología de solución de problemas adaptada a los desafíos a los que se enfrentan las organizaciones empresariales para fomentar la innovación y el crecimiento, orientando así a los tomadores de decisiones a reducir sus sesgos cognitivos a nivel individual (Liedtka, 2015).

El paradigma de investigación basado en el diseño ha demostrado un potencial considerable y plantea relaciones sinérgicas entre la investigación, el diseño y la ingeniería a través de la participación activa de los investigadores en los procedimientos de aprendizaje y enseñanza, así como de los procesos científicos de descubrimiento, exploración, confirmación y difusión (Wang & Hannafin, 2005).

El trabajo empírico en la economía ha mejorado en los últimos 20 años principalmente por las mejoras en los diseños de la investigación, ya sea en virtud de una experimentación directa o mediante la implementación cuidadosa de los métodos cuasi-experimentales, logrando éxitos en los resultados alcanzados por los responsables de la formulación de las políticas y los teóricos económicos, imaginándose todo lo que podría aprenderse si se tratara de romper las barreras entre los campos de conocimientos de la macroeconomía y la organización industrial (Angrist & Pischke, 2010).

Las capacidades en diseño constituyen fuentes importantes de ventaja competitiva y su fiabilidad en apoyo a la innovación debe demostrarse mediante múltiples aplicaciones en estudios de casos reales (Cantamessa, Montagna & Cascini, 2016).

Otros aspectos que se requieren identificar, pueden referirse a la provisión de conocimientos de las entradas de los procesos de innovación, la identificación de demandas, el soporte a los elementos del sistema de innovación y los servicios de soporte a las empresas para innovar (Edquist, 2016). Las técnicas cualitativas permiten conocer las competencias innovativas de los trabajadores, contribuyendo al campo de la creatividad organizacional y la productividad (Olugbenga, 2016).

Así, el diseño de experimento se puede aplicar a un proceso o cadena de procesos, identificando los factores y niveles que contribuyan a la innovación, ya sea de procesos, productos, servicios y comercial.

3. Guía para la aplicación del diseño de experimentos en la innovación empresarial.

Innovar incluye el proceso de convertir ideas en productos, procesos o servicios nuevos o mejorados en la práctica social (Delgado, Pino, Solís & Barea, 2008), para generar resultados en función de los objetivos trazados (Delgado, 2016). Implica un éxito, con un factor de diferenciación, que puede incluso ser consigo mismo. En este concepto de innovación es viable el uso del diseño de experimentos, en la medida que sea posible valorar las alternativas de cambios, según los objetivos previstos y los resultados alcanzados.

El diseño de experimentos estudia el efecto que, sobre una variable respuesta, tienen un conjunto de otras variables que se pueden llamar experimentales, factores o tratamientos (Peña, 1992), así como las relaciones causales entre variables independientes y dependientes. El experimento que se genere tendrá en cuenta su contribución a la innovación, utilizando los datos existentes y accesibles de la realidad.

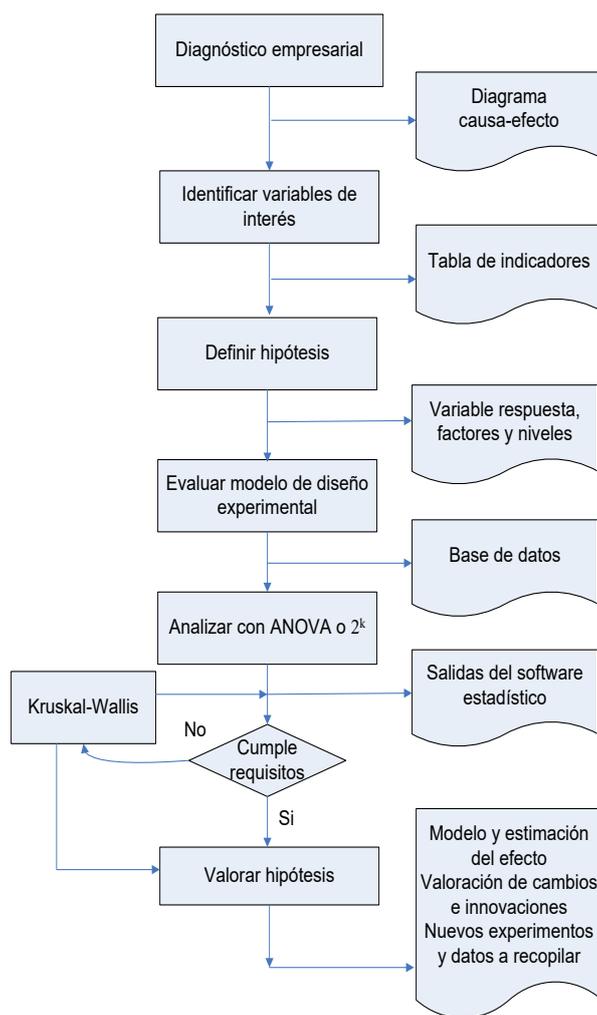
La innovación es a la vez una actividad muy compleja y heterogénea con diferentes factores y condicionantes, tanto internos como externos a una organización, sector, región y país. En este sentido, el diseño de experimentos puede contribuir a la evaluación de las alternativas diferenciadoras y la identificación de las condicionantes requeridas para la generación de la innovación.

La guía para el uso del diseño de experimentos en apoyo a la proyección de la innovación en el sistema empresarial se ha empleado desde hace 6 años y se muestra en la figura 2. La flexibilidad de la guía está dada por las diversas aplicaciones en las que se puede emplear, desde casos más sencillos hasta otros en los que se requiere un conocimiento más profundo del problema y del método.

La medición de la innovación permite una mejor toma de decisiones (Delgado, Esmeraldo & Oliveira, 2002), empleándose para ello técnicas como el diagrama causa-efecto, análisis de las barreras, la estadística, indicadores económicos, entre otros (Delgado, 2018), que propician la identificación de oportunidades de innovaciones.

Es aconsejable resumir toda la información del diagnóstico empresarial en un diagrama causa-efecto o espina de pescado (Ishikawa, 1986). En este diagrama, se identifican las variables de interés, siendo aquellas que más se vinculan con la problemática objeto de estudio, y de las que se dispongan de datos históricos suficientes o que sean fáciles de experimentar y registrar la información para su análisis. Posteriormente se elabora la tabla con los indicadores, entre los que se encuentran los relacionados con la gestión económico-financiera, el análisis de encuestas de satisfacción de los clientes, el comportamiento de las características de la calidad, los parámetros de la tecnología, del mercado, el recurso humano, la logística, la organización, etc.

Figura 2. Guía del diseño de experimentos para la innovación empresarial.



Fuente: Elaboración propia.

Las hipótesis a probar dependerán de los objetivos que se persiguen en la empresa y las variables de interés definidas, en relación a la proyección de un cambio o innovación empresarial. Para la identificación de los factores y las variables, además del diagrama causa-efecto podrían usarse otras técnicas como el despliegue de la función de la calidad, el análisis modal de fallos y efectos, la matriz de no conformidades (Farooq, Nónvoa, Araújo & Tavares, 2015), así como matrices de impacto de las subcausas sobre el efecto con el empleo de expertos (Delgado, 2017). Entre las variables seleccionadas se identifican la variable respuesta, que deberá proveer información útil acerca del objeto de estudio, que por lo general es un indicador o más que mide el efecto. La variable respuesta tiene como requisito que sea medible y se disponga de datos asociados a los factores (causas) seleccionadas o pueda disponerse fácilmente de los datos con la experimentación.

Las otras variables de interés se relacionan con las causas, que son los factores a los que se definen los intervalos de dicha variación y se fijan los niveles a los que se tomará información histórica para su análisis o se hará el experimento. La elección de los niveles depende de los intereses que se tengan al hacer variar las condiciones a las que se somete el factor o pueda estar sometido, en el futuro, si se fuesen a evaluar nuevas condiciones.

El método a seleccionar, muchas veces queda restringido por los datos disponibles, ya que no siempre se poseen suficientes datos de todos los factores, niveles y tratamientos deseados a

investigar. Se aconseja iniciar los diseños por los más fáciles, siendo el mínimo posible el de dos factores, y es aconsejable que haya réplicas. El diseño 2^k , es decir k factores a analizar, todos a dos niveles, es una buena estrategia para iniciar las corridas experimentales. El modelo depende de la cantidad de factores. Para dos factores A y B sería: $Y_{ij} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + e_{ij}$. El e_{ij} se refiere al error residual.

Los métodos paramétricos empleados en esta guía son los del Análisis de varianza (ANOVA) y el 2^k , lo que dependerá de los factores y niveles definidos. El ANOVA es útil para la comparación de medias y así poder concluir acerca de si un determinado factor (docimado o estudiado) influye en el comportamiento de la respuesta (Montgomery, 2013). En ámbitos como la sociología, sicología, medicina, agricultura y la ingeniería el análisis exploratorio de los datos de conjunto con el ANOVA mejora el entendimiento en el análisis (Hoaglin, Mosteller & Tukey, 1991).

Otra cuestión a considerar al aplicar estos métodos paramétricos es la comprobación de los requisitos como la normalidad, la homogeneidad de varianza y la aleatoriedad de los residuos. Cuando se incumple el requisito de la normalidad o el de la homogeneidad de varianzas se pueden hacer algunas transformaciones a la variable respuesta como x^2 , $1/x$ y \sqrt{x} . En caso de persistir el incumplimiento de estos requisitos se procede a aplicar un método no paramétrico como el Kruskal-Wallis (Toutenburg & Toutenburg, 2009).

La valoración de las hipótesis permite conocer qué factores tienen un efecto significativo sobre la media de la variable respuesta, la existencia de interacciones significativas, cuáles serían los niveles o variantes recomendadas para los diferentes factores, en función de sus efectos sobre la media de la respuesta, así como la estimación de la media de la respuesta teniendo en cuenta las mejores condiciones encontradas. Se debe investigar la posible existencia de resultados anómalos o datos erróneos. Según los resultados se podría recomendar la realización de nuevos diseños de experimentos y la recopilación de datos para aclarar cuestiones o profundizar en el conocimiento de otros efectos importantes.

4. Resultados y análisis del diseño experimental en empresas.

Las aplicaciones de la guía se llevan a cabo en varias empresas cubanas, en las que se muestran las características de las variables y los factores analizados en diferentes proyectos de innovación (Delgado, 2018). En estos casos se muestran en detalle los pasos seguidos según la guía propuesta, destacando el objetivo, el efecto y la variable respuesta, las causas y la cantidad de subcausas que se desagregan, los factores y niveles estudiados, el modelo matemático del diseño de experimento, el análisis de los datos y la interpretación de los resultados.

Caso 1. Competitividad de una empresa de ingeniería y proyectos de la agricultura.

Objetivo: elevar la competitividad para contribuir a la eficiencia y eficacia del proceso inversionista.

Efecto: competitividad.

Variable respuesta que mide el efecto: tiempo total de ejecución de los servicios (días).

Causas: se identifican siete causas, 20 subcausas y 74 subsubcausas. Las causas son:

1. Soporte tecnológico.
2. Asimilación de la metodología BIM (Building Information Modelling).
3. Alianzas con suministradores.
4. Explotación de la carpeta de servicios.
5. Mercado y competencia.

6. Gestión del capital humano.
7. Regulaciones.

Se identifican factores de interés relacionados con las causas 2), 4), 5) y 6).

Factores: se seleccionan tres factores (A, B y C).

A: Tecnología (BIM, CAD).

- BIM: Building Information Modelling (Modelo de información de la edificación o la construcción).
- CAD: Design Assisted Computer (Diseño asistido por computadora).

B: Experiencia de los especialistas (UTP-10 y UTP+10). Se evaluó en Unidades Temporales de Proyecto (UTP).

- UTP-10: con experiencia promedio de los especialistas de 10 años o menos.
- UTP+10: con experiencia promedio de 10 años o más de los especialistas.

C: Complejidad (Alta, Media y Baja).

- Alta (1): mayor envergadura del trabajo con más cantidad de especialidades involucrados en su elaboración (6 o más especialidades). Se usaron servicios de ingeniería de diseño e instalación de almacenes mecanizados, con siete especialidades (Mecánica, Eléctrica, Arquitectura, Civil, Hidráulica, Automática y Presupuesto).
- Media (2): envergadura del trabajo media con la cantidad de especialidades involucradas de más de tres y menos de seis. Se usaron servicios de ingeniería de diseño e instalación de equipos y participaron cinco especialidades (Tecnológica, Mecánica, Eléctrica, Civil y Presupuesto).
- Baja (3): envergadura de trabajo baja con menor cantidad de especialidades involucradas. Se usaron servicios de ingeniería de diseño e instalación para la remodelación de redes tecnológicas de vapor directo con tres especialidades (Tecnológica, Civil y Presupuesto).

Datos y réplicas: se recopilaron datos históricos de un pilotaje realizado durante los años 2016 y 2017 de la unidad empresarial productiva de la región oriental de Cuba (ver Tabla 1).

Tabla 1. Datos recopilados del experimento.

Tecnología	Experiencia					
	Grupo No. 1		Grupo No. 2		Grupo No. 3	
	UTP-10	UTP+10	UTP-10	UTP+10	UTP-10	UTP+10
CAD	90	85	50	43	26	25
	86	89	54	49	30	25
	88	86	49	48	31	27
	90	88	52	44	28	24
BIM	58	56	36	34	19	18
	60	57	39	35	20	18
	56	55	38	34	21	17
	60	57	38	36	24	16

Fuente: Bergue (2018).

Modelo matemático (3 factores):

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + C_k + (AB)_{ij} + (AC)_{ik} + (BC)_{jk} + (ABC)_{ijk} + e_{ijk}$$

Análisis de los datos e interpretación de los resultados

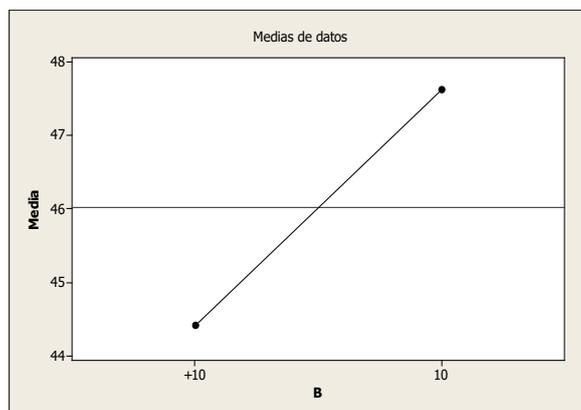
La Tabla ANOVA arroja los resultados siguientes:

Fuente	GL	SC	CM	F	P
A	1	3417,2	3417,2	1031,60	0,000
B	1	123,5	123,5	37,29	0,000
C	2	19910,2	9955,1	3005,31	0,000
A*B	1	0,5	0,5	0,16	0,694
A*C	2	1134,0	567,0	171,17	0,000
B*C	2	11,2	5,6	1,69	0,200
A*B*C	2	5,2	2,6	0,78	0,466
Error	36	119,3	3,3		
Total	47	24721,0			

Como efectos significativos en la ejecución de los servicios y proyectos de ingeniería se identifican, la tecnología (A), la experiencia (B) y la complejidad de las UTP (C), así como el efecto de la interacción de los factores AC, ya que el valor de P obtenido en esos casos son inferiores al α predeterminado de 0,05. Este valor P permite tomar la decisión de rechazar o aceptar la Hipótesis nula (H_0). Esta hipótesis se refiere a que no hay diferencias significativas entre los niveles del factor o la interacción que se analiza. El nivel de significación (α) es la probabilidad límite para tomar la decisión de rechazar H_0 cuando ella es cierta, es decir, es una probabilidad máxima de cometer error, y comúnmente se emplea el valor límite de 0,05. De esa forma se decide rechazar H_0 si el valor P es menor o igual a 0,05 y de lo contrario se acepta H_0 .

Las figuras 3 y 4 muestran el efecto principal de B y los de la interacción AC respectivamente. En el caso del factor B se concluye que el tiempo de entrega del servicio es menor para los especialistas de mayor experiencia, lo cual es lógico de esperar. Para la combinación de AC el menor tiempo de ejecución del proyecto y servicio de ingeniería se alcanza con la complejidad alta. En el caso de los proyectos de mayor complejidad (1) la diferencia entre el CAD y el BIM es de casi 30 días, recomendándose la asimilación del BIM.

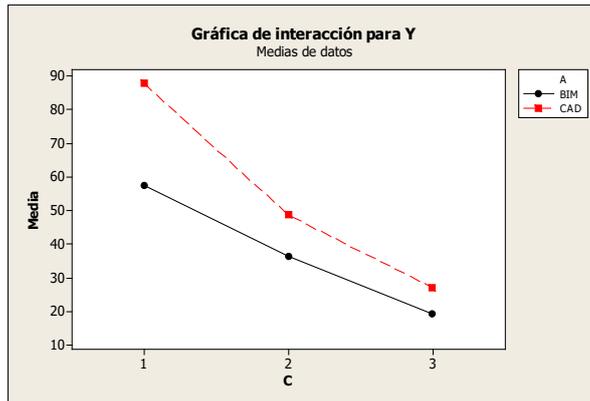
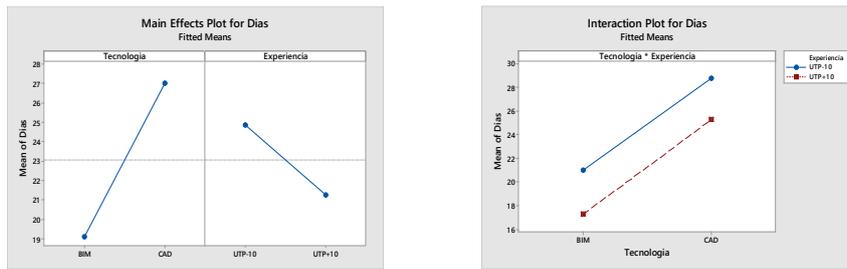
Figura 3. Gráfico de efectos principal de B.



Fuente: Elaboración propia.

Los resultados corroboran la tendencia de esta tecnología en el mundo, aunque estos niveles de productividad varían con el tamaño y tipo de empresa. El aumento de la productividad reportada en la literatura con el empleo del BIM es de aproximadamente un 50% respecto al CAD, y en algunos casos este valor se puede extender a cerca de un 80%, estando la media entre 55% y 65% (Bergue, 2018).

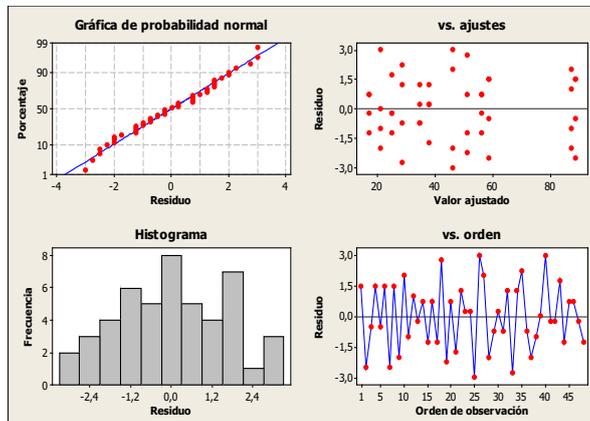
Figura 4. Gráfico de interacciones AC.



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 5 se observa que se cumplen los requisitos de normalidad, homogeneidad e independencia de los residuos, por lo que las conclusiones con el ANOVA son válidas.

Figura 5. Gráfico de residuos.



Fuente: Elaboración propia.

Con los resultados obtenidos se tomó la decisión de acometer el proyecto de innovación para la asimilación y generalización en la empresa de proyectos de ingeniería y servicios de la tecnología BIM (Bergue, 2018). Con el uso del BIM se obtienen ventajas competitivas al realizar los servicios en un menor tiempo, disminuir los errores con la realización de un trabajo colaborativo, aumentando la productividad y la satisfacción de los clientes por la entrega de un servicio de mayor calidad con un alto valor agregado intrínseco.

Caso 2. Calidad de servicios turísticos de naturaleza.

Objetivo: elevar la calidad del servicio turístico.

Efecto: estancamiento del destino turístico de naturaleza.

Variable respuesta: porcentaje de satisfacción de los servicios turísticos (%).

Causas: se identifican cinco causas y 30 subcausas. Las causas son:

1. Suministros y abastecimientos.
2. Infraestructura de servicio.
3. Desfase entre expectativas de clientes y diseño de productos turísticos.
4. Capacitación.
5. Motivación.

Se identifican factores de interés relacionados con las causas 1), 4) y 5).

Factores: Todos medidos a dos niveles:

A: Abastecimiento (bajo, alto)

B: Capacitación (bajo, alto)

C: Motivación (bajo, alto)

Réplicas: 2^3 con 3 réplicas (24 pruebas).

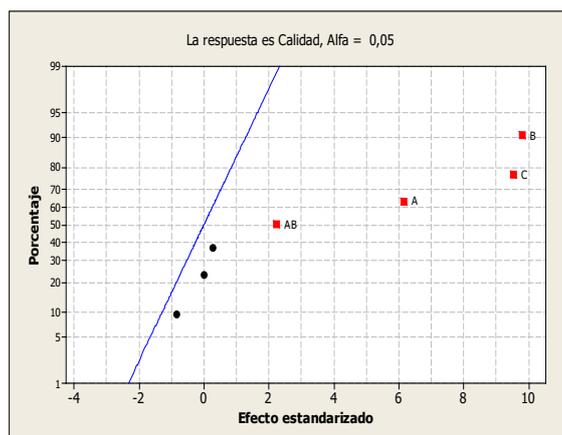
Modelo matemático (3 factores):

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + C_k + (AB)_{ij} + (AC)_{ik} + (BC)_{jk} + (ABC)_{ijk} + e_{ijk}$$

Análisis de los datos e interpretación de los resultados

Se cumple el requisito de la normalidad (P valor 0,267) y la varianza constante (P Valor de 0.252 en la Prueba de Bartlett) para los residuos. En la figura 7 se representan con letras los efectos principales e interacciones significativas.

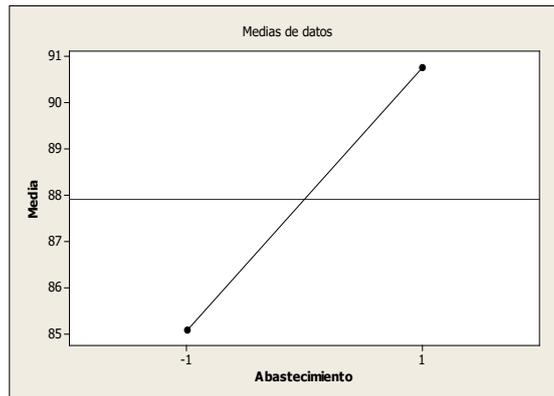
Figura 7. Gráfica normal de efectos estandarizados.



Fuente: Elaboración propia.

La mejor opción de C (Abastecimiento) es en el nivel alto para garantizar mayor calidad del servicio turístico, tal como se muestra en la figura 8. La calidad del servicio llega a alcanzar una satisfacción del 91% en ese nivel alto.

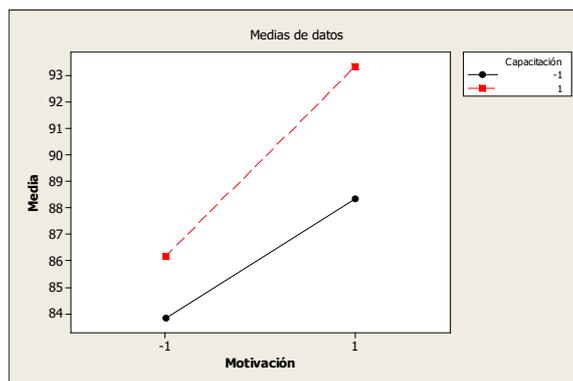
Figura 8. Efectos principales de abastecimiento en la calidad del servicio turístico.



Fuente: Elaboración propia.

La figura 9 muestra la influencia de la interacción AB en la calidad, por lo que se recomienda como mejor opción la capacitación y la motivación en el nivel alto (Acosta, 2014), lo cual era lógico de esperar.

Figura 9. Influencia de la Capacitación y Motivación en la calidad del servicio turístico.



Fuente: Elaboración propia.

Caso 2. Costo por tiempo de estadía de la carga de mercancía.

Objetivo: disminuir el costo por tiempo de estadía en la descarga de mercancía.

Efecto: eficiencia en la descarga de mercancía.

Variable respuesta que mide el efecto: cobro por tiempo de estadía de la carga (UM). La UM significa unidades monetarias.

Causas: se identifican 6 causas, 46 subcausas y 37 subsubcausas. Las causas que provocan los elevados costos son:

1. Planificación de los transportes de carga.
2. Disponibilidad técnica.
3. Abastecimiento técnico material.
4. Gestión de cobros y pagos.
5. Comunicación institucional.
6. Inestabilidad de los trabajadores en los talleres.

Los factores de interés están relacionados con las causas 1) y 4).

Factores:

A: Clientes (A y B).

B: Meses (12 meses del año).

Réplicas: 24 pruebas seleccionadas aleatoriamente de los años 2014 y 2015.

Modelo matemático (2 factores):

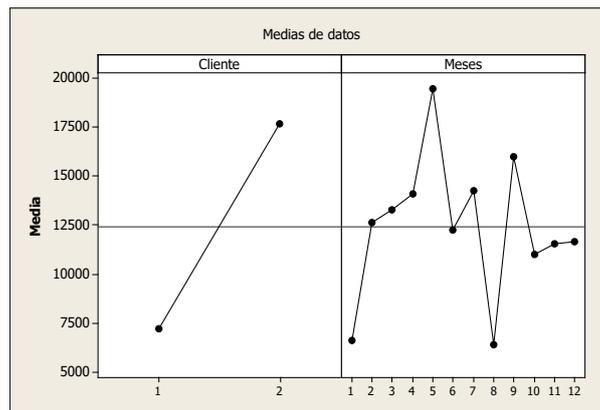
$$Y_{ij} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + e_{ij}$$

Análisis de los datos e interpretación de los resultados:

El Valor P del ANOVA para los factores Cliente es 0,000, para Meses es 0,009 y para la interacción Cliente*Meses es 0,422, lo que permite concluir que los factores Cliente y los Meses son significativos y no así la interacción. En la figura 6 se aprecia para el cobro por tiempo de estadía de la carga que el cliente 2 es al que más se le ha cobrado por concepto de estadía de la carga, siendo los meses más altos el de mayo (5) y septiembre (9), lo que se ratifica en la figura 7 del Diagrama de caja de todas las interacciones.

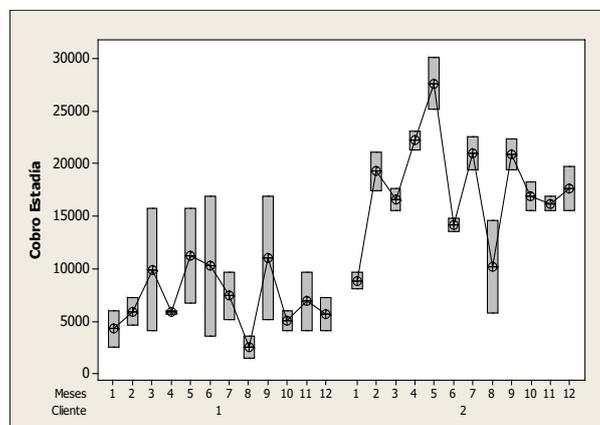
Se cumple el requisito de normalidad de los residuos al obtenerse un valor P de 0,267, por lo que se Acepta la hipótesis H_0 de que los residuos sigan una distribución normal. También se cumple el requisito de la varianza constante de los residuos con el valor de P de 0,62.

Figura 10. Efectos principales para el cobro por cliente y tiempo de estadía.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 11. Diagrama de caja de cobro por estadía.



Fuente: Elaboración propia.

Las diferencias significativas de los dos factores ratificaron mejorar la planificación de la transportación de carga a través de un nuevo procedimiento, lo que se convirtió en un proyecto de innovación (Méndez, 2016).

5. Conclusiones.

Infinidades son las aplicaciones que se pueden tener del diseño de experimentos en las empresas, entre las que se pueden mencionar la evaluación de diversos métodos de trabajo y tecnologías, la introducción y mejora de productos, la evaluación de materias primas, la valoración de factores cualitativos como las habilidades, la capacitación y la motivación, entre otras. A pesar de ello se considera que aún no se han explotado las potencialidades de esta metodología estadística en el ámbito empresarial.

Una alternativa para el uso y generalización del diseño de experimentos en el contexto empresarial se refiere al empleo de los datos históricos para explorar el comportamiento de dichos procesos y su influencia en variables respuestas relacionadas con los factores a estudiar u objetivos establecidos, sin tener que planear a priori el experimento. Este estudio puede complementarse con otros diseños que se prevean y se disponga de los recursos y el tiempo requerido para su ejecución.

El registro sistemático de los datos que se generan en la cadena de valor de procesos productivos de bienes y servicios es una premisa para el uso efectivo del diseño de experimentos, facilitando la generación de conocimiento, al descubrir las causas de los problemas y las fuentes de variación que más influyen en los indicadores de respuestas y las metas establecidas por la dirección de la organización.

La aplicación de software estadísticos para el procesamiento de resultados, el entrenamiento en dichos paquetes informáticos y en el diseño de experimentos, de conjunto con la aplicación del enfoque a procesos, pueden formar parte de las competencias que se requieren en la actualidad para incrementar la eficiencia y eficacia en el sistema empresarial.

La difusión de la guía del diseño de experimentos para los directivos empresariales se lleva a cabo en la Especialidad de Dirección y Gestión Empresarial que se imparte en Cuba y los tres casos expuestos corresponden a experiencias prácticas resultantes de esta capacitación.

La experiencia en las diversas aplicaciones que se han desarrollado en procesos y productos con el análisis de varianza y el 2^k a partir de datos históricos y experimentos realizados según las variables de interés, así como las condiciones asociadas a causas o factores a investigar evidencian la capacidad del método del diseño de experimentos para generar posibles alternativas de cambio e innovación empresarial, ya sean de procesos, productos, comercial y organizacional.

Referencias

- Acosta, J.L. (2014). *Estrategia de producto turístico para el proyecto minero de Pinar del Rio con enfoque al desarrollo local*, 60. La Habana, Cuba: Taller integrador Ciclo de I+D+i avanzada. Especialidad de Dirección y Gestión Empresarial. Escuela Superior de Cuadros del Estado y del Gobierno.
- Angrist, J.D., & Pischke, J.S. (2010). The Credibility Revolution in Empirical Economics: How Better Research Design is taking the Con out of Econometrics, *Journal of Economic Perspectives*, 24(2), 3-30. DOI: 10.1257/jep.24.2.3.
- Antony, J. (2014). *Design of Experiments for Engineers and Scientists*. (2ed.). Edinburgh, UK: Elsevier.

- Bareite, C.R. (2002). Design research for sustained innovation. *Cognitive Studies* 9(3), 321-327.
- Barrentine, L.B. (1999). *An Introduction to Design of Experiments: A Simplified Approach*. Milwaukee, USA: ASQ Quality Press.
- Bergue, R.D. (2018). Programa para la implantación ordenada y progresiva de la metodología BIM en IPROYAZ. La Habana, Cuba: Tesis de Especialidad de Dirección y Gestión Empresarial. Escuela Superior de Cuadros del Estado y del Gobierno.
- Box, G., Hunter, J.S., & Hunter, W.G. (2005). *Statistics for Experimenters. Design, Innovation, and Discovery (2ed.)*. New Jersey. USA: Wiley Series in Probability and Statistics. Wiley-Interscience.
- Campbell, D.T., & Stanley, J.C. (1963). *Experimental and Quasi-Experimental Designs for Research*. Boston: Houghton Mifflin.
- Cantamessa, M., Montagna, F., & Cascini, G. (2016). Design for innovation - A methodology to engineer the innovation diffusion into the development process. *Computers in Industry*, 75, 46-57. DOI: 10.1016/j.compind. 2015.10.013.
- Cobb, P., Confrey, J., Disessa, A., Lehrer R., & Schauble, L. (2003). *Design Experiments in Educational Research*. American Educational Research Association. DOI: 10.3102/0013189X032001009.
- Cox, D.R., & Reid, N. (2000). *The Theory of the Design of Experiments*. Florida, USA: CRC Press.
- Daniel, C. (1976). *Applications of statistics to industrial experimentation*. Toronto, Canada: John Wiley & Sons.
- Delgado, M. (1998). La calidad y la innovación tecnológica en la biotecnología aplicada a la salud. *Dirección y organización: Revista de dirección, organización y administración de empresas*, 19, 125-132.
- Delgado, M., Esmeraldo, M.E., & Oliveira, H. (2002). Análisis comparativo de instrumentos de evaluación de la innovación tecnológica. *Ingeniería Industrial*, 23(3), 56-63.
- Delgado, M., Pino J.L., Solís, F., & Barea, R. (2008). Evaluación integrada de la innovación, la tecnología y las competencias en la empresa. *Revista madri+d*, 47. Recuperado de: <https://www.madrimasd.org/revista/revista47/tribuna/tribuna1.asp>
- Delgado, M. (2016). Innovación en la administración pública. En: *Contribuciones al conocimiento de la administración pública*, 67-110. Editorial Universitaria Félix Varela.
- Delgado, M. (2017). Innovación Empresarial. En: Delgado, M. (Coordinador académico). *Temas de Gestión Empresarial*, 2, 117. La Habana: Editorial Universitaria Félix Varela.
- Delgado, M. (2018). Proyectos de innovación en Administración Pública y Empresarial en Cuba, *Folleto Gerenciales*, 22(2), 71-84.

- Deming, S.N., & Morgan, S.L. (1993). *Experimental design: a chemometric approach in Data handling in science and technology*, 11, 437. Amsterdam, Netherlands: Elsevier Science Publishers B.V.
- Eardley, A., & Uden, L. (2011). *Innovative Knowledge Management: Concepts for Organizational Creativity and Collaborative Design*, 423. New York, USA: Information Science Reference.
- Edquist, C. (2016). *The Swedish National Innovation Council: Innovation policy governance to replace linearity with holism*, 2016/24, 1-52. Lund University, Sweden: Papers in Innovation Studies. Centre for Innovation, Research and Competence in the Learning Economy (CIRCLE).
- Farooq, M.A., Nóvoa, H., Araújo, A., & Tavares, S. (2015). An innovative approach for planning and execution of pre-experimental runs for Design of Experiments. *European Research on Management and Business Economics*, 22(3), 155-161. DOI: 10.1016/j.iedee.2014.12.003.
- Gutiérrez, H., & de la Vara, R. (2008). *Análisis y diseño de experimentos (2ed.)*. México: McGraw-Hill Interamericana.
- Hoaglin, D.C., Mosteller, F., & Tukey, J. (1991). *Fundamentals of Exploratory Analysis of Variance*. USA: John Wiley & Sons.
- Ishikawa, K. (1986). *Qué es el Control Total de la Calidad. La modalidad japonesa*. Bogotá, Colombia: Editorial Norma.
- ISO 3534-3:2013. (2015). *Statistics - Vocabulary and symbols - Part 3: Design of experiments*. International Standardization Organization.
- Jensen, D.D., Fast, A.S., Taylor, B.J., & Maier, M.E. (24-27 august of 2008). *Automatic Identification of Quasi-Experimental Designs for Discovering Causal Knowledge*. Proceedings of the 14th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, Las Vegas, Nevada, USA. Recuperado de: <http://andrewfast.com/publications/jensen-et-al-kdd2008.pdf>
- Klauss, H. & Kempthorne, O. (2008). *Design and Analysis of Experiments. Introduction to Experimental Design (2ed.)*. New Jersey, USA: Wiley-Interscience.
- Liedtka, J. (2015). Design Thinking with Innovation Outcomes through Cognitive Bias Reduction. *Journal of Product Innovation Management*, 32(6), 925-938. DOI: 10.1111/jpim.12163.
- Mason, R.L., Gunst, R.F., & Hess, J.L. (2003). *Statistical Design and Analysis of Experiments. With Applications to Engineering and Science (2ed.)*. New Jersey, USA: Wiley-Interscience.
- Méndez, L. (2016). *Proyecto de innovación en la empresa provincial del transporte de Cienfuego*. La Habana, Cuba: Taller integrador Ciclo de I+D+i avanzada. Especialidad de Dirección y Gestión Empresarial. Escuela Superior de Cuadros del Estado y del Gobierno.
- Montgomery, D.C. (2013). *Design and analysis of experiment (8ed.)*. USA: Wiley, John Wiley & Sons.

- NC ISO 9001:2015 (septiembre, 2015) *Sistemas de Gestión de la Calidad. Requisitos (5ed.)*. La Habana, Cuba: Edición. Oficina Nacional de Normalización (NC). ICS: 03.120.10.
- NC ISO 9000:2015 (octubre, 2015). *Sistemas de Gestión de la Calidad. Fundamentos y vocabulario (3ed.)*. La Habana, Cuba: Oficina Nacional de Normalización (NC). ICS: 03.120.10; 01.040.03.
- OCDE & Eurostat. (2006). *Manual de OSLO. Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación (3ed.)*. Grupo Tragsa. Recuperado de: <http://www.itq.edu.mx/convocatorias/manualdeoslo.pdf>.
- Olugbenga, A.R. (2016). Six Thinking Hats and Social Workers' Innovative Competence: An Experimental Study. *Journal of Education and Practice*, 7(24), 149-153.
- Peña, D. (1992). *Estadística. Modelos y métodos 2. Modelos lineales y series temporales (2ed.)*. Madrid, España: Editorial Alianza Universidad Textos.
- Salazar, J.C., & Baena, A. (2009). Análisis y diseño de experimentos aplicados a estudios de simulación. *DYNA*, 76(159), 249-257.
- Schwartz, D.L., & Lee, J.C. (2005). *Instrumentation and innovation in design experiments: taking the turn towards efficiency*, 1-40. Recuperado de: <https://pdfs.semanticscholar.org/f20d/940f10c2de6b99170eab30fbe5db4034e369.pdf>
- Schunn, C.D., Paulus, P.B., Cagan, J., & Wood, K. (august, 2006). *Final Report from the NSF Innovation and Discovery Workshop: The Scientific Basis of individual and Team Innovation and Discovery*, 1-18. Edited by NSF Award BCS0623421.
- Toutenburg, H., & Toutenburg S. (2009). *Statistical Analysis of Designed Experiments*. New York, USA: Springer. DOI 10.1007/978-1-4419-1148-3.
- Tschimmel, K. (2012). *Design Thinking as an effective Toolkit for Innovation*. Barcelona, España: In: *Proceedings of the XXIII ISPIM Conference: Action for Innovation: Innovating from Experience*.
- Wang, F., & M.J. Hannafin (2005). Design-Based Research and Technology-Enhanced Learning Environments. *Educational Technology Research and Development*, 53(4), 5-23.
- Weber, B., Mutschler, B., & Reichert, M. (2010). Investigating the effort of using business process management technology: results from a controlled experiment. *Science of Computer Programming*, 75(5), 292-310. DOI: 10.1016/j.scico.2009.12.003



Multianálisis de las organizaciones más valoradas para el desempeño laboral en España

FERREIRO-SEOANE, FRANCISCO JESÚS

Departamento de Economía Aplicada

Universidad de Santiago de Compostela

Correo electrónico: franciscojesus.ferreiro@usc.es

RESUMEN

El presente artículo trata de conocer el perfil de las empresas más valoradas para el desempeño laboral en España y determinar la posible influencia que tienen en la valoración total. Para ello, se parte del ranking de las 100 empresas con mayor valoración publicado anualmente por la Revista de Actualidad Económica en el período 2013-2016. En un primer paso, se realiza un análisis descriptivo de los promedios de valoración de las empresas agrupándolas por su nacionalidad, la región en la que tienen su sede, el sector económico, el tamaño y su cotización en el mercado bursátil. En un segundo paso, mediante modelos de regresión múltiple, se tratará de establecer si estas características influyen en la valoración total. A pesar de los estudios realizados por diversos autores, no existe ninguno que analice diversas variables objetivas de las empresas para conocer sus perfiles y su posible influencia en el valor total. Los principales hallazgos serían que la mayoría de las empresas más atractivas para trabajar tienen carácter internacional (17 países); predominan los sectores financieros y actividades profesionales, científicas; ubicadas principalmente en la capital del país (76,8%); de gran tamaño y que cotizan en bolsa. Se concluye que sólo el tamaño y la cotización en bolsa, influyen en la valoración total de las empresas. Destacamos como principales contribuciones, la novedad de este tipo de estudios a través de métodos cuantitativos y un mayor conocimiento sobre el perfil de las empresas más atractivas para trabajar en España.

Palabras clave: empresas, recursos humanos, nacionalidad, territorio, comunidades autónomas.

Clasificación JEL: J24; J28; M51.

MSC2010: 60E05; 60A05.

Multi analysis of most valued companies for labour performance in Spain

ABSTRACT

The present article intends to study the profile of the most valued companies regarding their labour performance in Spain. It also tries to determine the influence that this profile's characteristics have on the overall rating. For that purpose, we analyse the 100 companies, taken from the ranking published by the Journal of Actualidad Económica (RAE in Spanish), with the highest value every year between 2013 and 2016. As first step, a descriptive analysis of the averaged valuations of the companies is made, grouping them by their nationality, the regions where the companies have their headquarters, their economic sector, their size and their market/share price. Secondly, using multiple regression models, the influence of these characteristics (as independent variables) on the total value (as a dependent variable) will be analyzed and quantified. Despite the studies carried out by some authors, none of them has analyzed objective variables of the companies to know their profiles and their possible influence on the total value. The main findings show that the majority of the most attractive companies have an international character (17 countries); also, that the predominant sectors are the financial ones and those that develop professional and scientific activities, located in the capital of the country (76.8%) with a big size and listed on the market. It concludes that only the size and the market/share price could influence the total valuation of the companies. We highlight as main contributions the newness of this type of study using quantitative methods and a higher knowledge of the profile of the most attractive companies to work for in Spain.

Keywords: companies, human resources, nationality, territory, autonomous community.

JEL classification: J24; J28; M51.

MSC2010: 60E05; 60A05.



1. Introducción.

En enero del 2019, el número de empresas con trabajadores inscritas en la Seguridad Social fue de 1.326.691. Ahora bien, no todas ellas tienen el mismo poder de atracción para los trabajadores. En la actualidad, tener un trabajo es un bien muy apreciado, más si cabe, si la empresa está ubicada en el ranking de las 100 más valoradas para el desempeño laboral en España, como los publicados anualmente por la *Revista de Actualidad Económica (RAE)*.

Dado que no se han encontrado investigaciones que hayan analizado las características de las empresas del ranking publicado por la *RAE* u otras, esto constituye una oportunidad para investigar y conocer el perfil de las empresas más valoradas para el desempeño laboral ubicadas en España a través de variables objetivas como son la nacionalidad, la ubicación de su sede central en una comunidad autónoma, la actividad económica de la compañía, el tamaño de la empresa medida por el número de empleados, y la cotización en el mercado bursátil. Por otro lado, también constituye un reto plantear un modelo global de regresión para analizar las posibles influencias de estas variables en las valoraciones obtenidas por las empresas en el ranking de la *RAE*.

Los resultados permitirán conocer el número de empresas españolas en el ranking, si hay empresas anglosajonas, europeas o de otras zonas geo-culturales. A nivel de ubicación regional se podrá determinar en qué zona se encuentran las sedes centrales, si el hecho de que Madrid, en su condición de capital de España, concentra el mayor número de empresas del ranking, si otras zonas desarrolladas del país, como Cataluña o País Vasco, están presentes en el ranking, si existe alguna comunidad autónoma que no alberga ninguna empresa de estas características en su territorio. Otras preguntas académicas que pudieran suscitar interés es conocer a qué se dedican este tipo de empresas, ¿pertenecen al sector sanitario que gestiona recursos humanos de alta talento? ¿Pertenecen al sector energético crucial para la economía española? ¿Se dedican a las actividades financieras y de seguros, sector concentrado y muy competitivo? ¿Cuáles son sus valoraciones? ¿Y el tamaño, tiene relevancia e importancia o es una característica indiferente? Cotizar en el mercado bursátil obliga a las empresas a una serie de requisitos, pero, ¿el hecho de cotizar en dicho mercado influye en una política de recursos humanos con mayor valoración que las que no cotizan?

Para el desarrollo de este trabajo, se empezará con una revisión literaria. En un segundo apartado se definirán los objetivos concretos de esta investigación y la metodología empleada. Posteriormente, partiendo de los datos desglosados de las empresas más atractivas para el desempeño laboral publicado por la *Revista de Actualidad Económica*, se agregarán variables a cada empresa que definan características de las mismas, se realizará un análisis descriptivo con técnicas estadísticas y se planteará un modelo global de regresión. Se finalizará con un apartado de conclusiones, destacando la importancia de los hallazgos encontrados.

2. Revisión bibliográfica.

Según Friedman (2014) y Morgan (2014) las empresas más atractivas para trabajar son aquellas que alcanzan un alto nivel de internacionalización, con un elevado grado tecnológico y que fomentan la movilidad de sus recursos humanos. Este hecho es reflejado en los estudios de Guest (2007) incidiendo en que los profesionales no se limitan a desarrollar su talento en una sola empresa. A su vez el salario no es percibido por los trabajadores como el único elemento a considerar para decantarse por una organización u otra.

Hace más de dos décadas que se publican rankings de las empresas más atractivas para trabajar, con una tendencia a reflejar un centenar, siendo una de las herramientas del *branding* de los empleadores (Joo & McLean, 2006). La pretensión es resaltar aquellas organizaciones más valoradas para atraer y retener a un capital humano que se considera como el recurso más valioso de una organización (Joyce, 2003). Este valor intangible es algo fundamental para que las

empresas puedan ser competitivas, tal como se reflejan en las publicaciones de Hall (1992) y Bonache (1996). Wright, McMahan y McWilliams, (1994) lo definen como el conjunto de capital humano que se encuentra bajo el control de la empresa y con una relación directa de empleo. Así, las propias empresas intentan atraer y retener al talento, hecho que se refuerza con la presencia en alguno de los rankings como una de las mejores empresas para trabajar (Lenaghan & Eisner, 2006).

Destacando algunos de los principales rankings, tenemos el de la *Revista de Actualidad Económica* que lo publica todos los años referidos a las empresas que operan en España. Otros internacionalmente conocidos son los que anualmente se publican en EEUU, el *Fortune 100 Best Companies to Work for*, así como el *Glassdoor*. En Europa se puede destacar el *Best Places to Work*. *Marcaempleo* edita su ranking *Merco Talento*, que ordena por puntuación a las "100 mejores empresas españolas para trabajar". *Universon*, elabora rankings de "top employers" para varios países. El *Top Employers Institute* publica, un listado de empresas certificadas por ellos por "crear condiciones óptimas para el desarrollo de sus empleados, tanto personal como profesionalmente". Por su parte, la revista *Workforce* elabora un ranking de *The World's Top Companies for HR* mediante la combinación de varios índices o rankings, entre ellos, el de *Great Place to Work*.

El estar en alguno de estos rankings redundan positivamente para las empresas que figuran en dicho ranking, tal como reflejan Hinkin y Tracey (2010), que destacan que estar en algún ranking hacen que las empresas se perciban como las mejores en sus prácticas de recursos humanos. En una línea similar son las conclusiones de Fulmer, Gerhart y Scott (2003) y Romero (2004), que resaltan cómo la presencia en algún ranking de las empresas más atractivas para el personal influye sobre las condiciones más idóneas de las mismas para trabajar. Incluso el estar en dichos rankings afecta a las actitudes de los empleados hacia el puesto de trabajo, tal como recogen Ballou, Godwin y Shortridge (2003). Los investigadores científicos usan este tipo de rankings en sus estudios, tal como hicieron Guinot, Chiva y Mallén, (2015), en su trabajo sobre capacidad de aprendizaje organizativo, utilizando entre ellos el de *RAE*.

Un hecho que aumenta las posibilidades de estar en los rankings más atractivos para trabajar, es hacer una buena gestión del talento tal como resalta Alles (2006), la gestión del talento aborda la proyección, el rendimiento y la rotación no deseada. En su trabajo, Bethke-Langenegger, Mahler y Staffelbach (2011) afirman que centrarse en retener y desarrollar el talento impacta positivamente en los resultados obtenidos.

El capital humano ha de ser retribuido, siendo esta compensación económica un aspecto que no deben obviar las empresas que buscan la excelencia en la gestión de recursos humanos, tal como reflejaron en sus trabajos Bešlić y Bešlić (2008), que la satisfacción en el trabajo aumentará si los empleados creen que el sistema de recompensas es justo.

Es difícil imaginarse estar en algún ranking de las empresas más atractivas para el desempeño laboral si la organización tiene un mal ambiente de trabajo. Kreps y Spence (1985) sugieren que incrementar el bienestar del empleado aumenta el compromiso de los trabajadores y envía señales a empleados potenciales sobre las condiciones laborales y las normas internas.

Una buena Responsabilidad Social Corporativa (*RSC*) aumenta las posibilidades de estar presente en estos rankings de reputación que influye positivamente en su valor de mercado (Fernández-Gámez, Gil-Corral & Galán-Valdivieso, 2016). Kotha, Rajgopal y Rindova (2001) afirman que es un activo inimitable e irremplazable para una empresa.

Finegold y Soskice (1988) y Betcherman, Leckie y McMullen (1997) concluyen que la toma de decisiones sobre formación es clave en el resultado empresarial y debe ser tomada en cuenta por los directivos, hecho que aumenta las posibilidades de estar incluidos en el ranking. La Teoría del Capital Humano de Mincer (1962) argumenta que la educación y la formación son

dos formas de inversión complementarias, siendo la formación una inversión rentable (OCDE, 1991). Según Smith (1993) y Osterman (1994) la formación es esencial para la supervivencia de la empresa. Existen evidencias que indican que la excelencia de la organización solo puede alcanzarse si se introducen intervenciones de formación junto con otros factores sociales (Hosie et al., 2013). Además, los empleados satisfechos tienen mayor devoción por su trabajo y son más productivos (Nijhof et al., 1998; Baron, 1991).

3. Objetivo y metodología.

3.1. Objetivo.

Cada año, la *RAE* publica una lista de las cien empresas que operan en España más valoradas para el desempeño laboral. El primer objetivo del presente artículo es conocer el perfil y las características de estas empresas, a través de variables que definan su procedencia nacional, la ubicación territorial desde donde dirigen la organización, la actividad de económica, el tamaño y si cotizan en el mercado bursátil. Un segundo objetivo es ver la posible influencia que dichas variables pudieran tener en los valores publicados en el ranking de la *Revista de Actualidad Económica*.

3.2. Variables.

Se han de distinguir tres categorías de variables: las primeras son las usadas por la *RAE* para la elaboración del ranking (Tabla 1); las segundas son las que definen características de las empresas que están en dicho listado y que se usarán para el análisis descriptivo (Tabla 2); y las terceras (Tabla 3) son una agrupación de las segundas, que nos permite analizar si existe relación entre éstas y los valores obtenidos por las empresas en el ranking de la *RAE*.

3.2.1. Variables usadas por la *RAE* para la publicación del ranking

Tal como se puede apreciar en la Tabla 1, la *Revista Actualidad Económica* utiliza para la publicación de su ranking seis variables independientes y un total que es la suma de dichas variables.

Tabla 1. Variables usadas por la *RAE* para valorar las organizaciones más atractivas para el desempeño laboral en España.

Variables	Puntos	% s/total
Gestión del talento (independiente): proyección, rendimiento y rotación no deseada	240	24,0%
Retribución y compensación (independiente): combinación de salario fijo y variable, remuneración en especie y beneficios sociales	225	22,5%
Ambiente de trabajo (independiente): horario, teletrabajo, conciliación familiar y condiciones de trabajo	205	20,5%
Responsabilidad Social Corporativa (RSC) (independiente): políticas sociales y de voluntariado en las que se involucra a la plantilla	50	5,0%
Formación (independiente): inversión recibida por el empleado	220	22,0%
Empleados (independiente): valoración que tienen los profesionales de la empresa en la que trabajan	60	6,0%
Total (dependiente): corresponde a la suma de las puntuaciones de las dimensiones	1.000	100,0%

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos publicados en *Actualidad Económica* n^{os} 2.735 (2013), 2.747 (2014), 2.758 (2015), 2.770 (2016).

La variable independiente, **Gestión del talento**, puede alcanzar un valor potencial de 240 puntos, que la convierte en la de mayor valor. La gestión del talento de una compañía aumenta la excelencia y refuerza la cultura corporativa, tal como acreditan los trabajos de DiRomualdo, Joyce & Bression, 2009; Gandossy & Kao, 2004; y Ashton & Morton, 2005.

La segunda variable independiente en importancia cuantitativa (225 puntos) del modelo utilizada por la *RAE* es **la retribución y compensación**, que evalúa la combinación de salario fijo y variable, la remuneración en especie y los beneficios sociales, tal como indicaron en sus trabajos Brown, 2001; Clark, Kristensen & Westergard-Nielsen, 2007; y Kabak et al., 2014.

La tercera variable considerada por la *RAE* para la elaboración del ranking, con una valoración potencial de 205 puntos, es el **ambiente de trabajo**, pues tal como concluye Helm (2007), crear trabajadores satisfechos, que presenten una buena imagen de la empresa en cualquier interacción con los clientes y otras partes interesadas, aumenta el valor de la empresa. Los empleados son los que crean la reputación de la empresa; a través de ellos, los clientes perciben a la organización (Davies et al., 2003), lo que nos da entender que un mal ambiente de trabajo puede redundar en una mala percepción de la empresa por parte del cliente.

La cuarta variable, ponderada con 50 puntos en el ranking de la *RAE*, es la **Responsabilidad Social Corporativa RSC**. Para Capraro y Srivastava (1997), y Fombrun & Shanley (1990), la reputación corporativa le confiere a la compañía una ventaja competitiva sostenible y de valor. De acuerdo con Elsbach y Glynn (1996), las empresas deberían comprometer activamente a los empleados en la trasmisión y demostración de la reputación, para mejorar la reputación global de la compañía. Se considera el desarrollo social de las empresas como un elemento importante que forma las percepciones de diferentes partes involucradas y guía sus comportamientos (Arikan et al., 2016).

Existen evidencias que indican que la excelencia de la organización solo puede alcanzarse si se introducen intervenciones de **formación** (quinta variable del ranking de la *RAE* y tercera en valor de todas las consideradas) junto con factores sociales como la confianza, la comunicación, el *feedback*, el tipo de supervisión, la apropiada gestión del desarrollo y el sistema de recompensa, pero también debe tenerse en cuenta el salario como mediador de la satisfacción laboral (Hosie et al., 2013).

Los **empleados tienen sus propias percepciones** de las empresas en las que trabajan, siendo ésta la sexta variable, con un valor potencial de 60 puntos. La satisfacción global, las recompensas (retribución) y el equilibrio entre trabajo y vida personal/privada influyen en el rendimiento de la empresa, tal y como afirman Kabak et al. (2014). Mejorar la experiencia laboral de los empleados probablemente haga que aumenten sus intenciones de permanecer en la empresa, al igual que la productividad de la misma (Armstrong, 2006; Snyder & Lopez, 2002).

3.2.2. Variables usadas en el análisis descriptivo

Para conocer mejor el perfil de las empresas del ranking, es preciso seleccionar nuevas variables que identifiquen características de estas empresas y permitan hacer análisis. Por ello, una vez publicado el ranking, se ha procedido a construir una matriz de datos a la que se han incorporado nuevas variables exógenas (Tabla 2) como su nacionalidad, la comunidad autónoma en la que tienen su sede social, el número de trabajadores, si cotizan en el mercado bursátil y la actividad principal a la que se dedican, teniendo una base de datos muy amplia que nos permite responder a los objetivos planteados en el artículo a través de análisis estadísticos.

Tabla 2. Variables incorporadas para el análisis descriptivo de las organizaciones más atractivas para el desempeño laboral en España.

Variables	Justificación
Nacionalidad	Clasificar la información cuantitativa del ranking por nacionalidad y hacer análisis estadísticos
Ubicación de la sede central	Conocer dónde están ubicadas las sedes centrales de este tipo de empresas tan excelentes para los profesionales. ¿Se concentran en una zona determinada de España o están dispersas por todo el territorio nacional?
Actividad económica	Se busca conocer cuáles son los sectores económicos de este tipo de empresas y para ello, se clasifican según código CNAE agrupadas al primer dígito
Tamaño	Con esta variable se busca saber el tamaño de las empresas que están en este ranking. ¿Estar en el grupo de privilegio está reservado para las grandes corporaciones o el tamaño no es un hecho relevante?
Cotización	Clasificar las empresas según coticen en el Mercado Secundario de Valores, nos permitirá conocer mejor el perfil de este tipo de empresas más atractivas para el trabajar

Fuente: Elaboración propia.

Nacionalidad. Ibrahim y Shah (2013) habían estudiado la influencia de la nacionalidad de origen en las prácticas de recursos humanos en empresas malayas, concluyendo que no era un aspecto relevante; en cambio Ferner (1997) sí presentó una relación de las diferencias sistemáticas en la gestión de recursos humanos en las empresas multinacionales en función del país de origen. Este hecho fue corroborado posteriormente por Liu (2004) y Guthrie et al. (2008) que documentan los hallazgos en el mismo sentido con investigaciones empíricas más recientes. Por todo ello, se considera oportuno identificar cada empresa con su nacionalidad, lo que permite saber el número de empresas por países, la valoración media, dadas las diferencias de gestión, costumbre y cultura que existen entre las empresas, sus directivos y las políticas empresariales en función del país. En los análisis estadísticos generales se usarán a nivel país, pero en el modelo de regresión lineal múltiple se agruparán a nivel de áreas geo-culturales tales como países anglosajones, Centro y Norte de Europa, Mediterráneo y otros, puesto que, si la usáramos a nivel de país, tendríamos tamaños muestrales irrelevantes desde un punto de vista estadístico. También, dado que existe una presencia relevante de empresas españolas (38,8 %), se establece una variable dicotómica versus extranjeras.

Ubicación de la sede central. Se encuentran ciertas diferencias entre las prácticas de recursos humanos en distintas zonas detectadas por investigaciones comparativas que emplean diversas técnicas econométricas (Amossé et al., 2016; Conway et al., 2008; Fields, Chan & Akhtar, 2002; Grimshaw & Rubery, 2007; Paawee & Boselie, 2007). Por tanto, otra variable que parece interesante estudiar es dónde están ubicadas las sedes centrales de este tipo de empresas tan excelentes para los profesionales. ¿Se concentran en una zona determinada de España o están dispersas por todo el territorio nacional?, ¿influye esto en la valoración de dichas empresas? En los análisis estadísticos generales se usarán a nivel de Comunidades Autónomas, pero en el modelo de regresión lineal múltiple las agruparemos a nivel de áreas geo-culturales tales como Centro, Mediterráneo, Norte de España y el resto, para reducir los tamaños muestrales pequeños.

La actividad económica. Se trata de identificar el sector de la empresa a través de la Clasificación Nacional de Actividades Económicas (Código CNAE), se utiliza a nivel del dígito más agregado. Atendiendo a los trabajos de Jackson y Schuler (1995), que incluyen entre los factores contextuales influyentes en las prácticas de recursos humanos, las características del sector de actividad. Según Conway et al. (2008) se pueden categorizar de varios modos: servicios / industria.

Tamaño. A tenor de los trabajos de Fields, Chan y Akhtar (2002, p. 265 y ss.), no parece haber consenso sobre la influencia de esta variable. Por un lado, Kortekaas (2007), halla un impacto de signo positivo del tamaño pequeño/medio en las conductas de los empleados y un impacto de signo negativo en el rendimiento operacional (bajas por enfermedad). Kok y Uhlaner (2001) establecen una relación entre el aumento del tamaño de las empresas y las prácticas de recursos humanos. Según Morgan (2014) las empresas pequeñas tienen varias ventajas como la flexibilidad de roles, relaciones, funciones y estilos de trabajo para los empleados, entre otros. En cambio, Ibrahim y Shah (2013) argumentan que las empresas pequeñas no disponen de los recursos necesarios para la puesta en marcha de prácticas de gestión de recursos humanos progresivas.

Con esta variable se busca saber el tamaño de las empresas que están en este ranking y si es susceptible de influir en la valoración total, debido a que cuanto más grande sea una empresa, más organizada ha de estar para ser competitiva. ¿Estar en el grupo de privilegio está reservado para las grandes corporaciones o el tamaño no es hecho relevante? En las estadísticas de carácter general, se agrupan entre las que superan los 250 empleados en España y las que están por debajo. En el análisis de regresión se usan los trabajadores de la empresa en España y en el mundo, porque no siempre existe correlación entre los trabajadores que tiene en un país y en el mundo.

Cotización. No hay investigaciones claras sobre los efectos de cotización en las políticas de recursos humanos (Conway et al, 2008). La selección de esta variable radica en que las empresas, antes de cotizar en el Mercado Secundario de Valores, han de pasar los requisitos y el control que exige la Comisión Nacional del Mercado de Valores, además de que los accionistas son más exigentes con el rendimiento de las empresas. Por ello, aparte de conocer si las empresas predominantes son las que cotizan en bolsa o no, ¿es ello un hecho relevante en la valoración obtenida por estas empresas?

3.2.3. Variables usadas en el modelo de regresión

Definen las mismas características que en el apartado anterior, pero se definen nuevas variables que agrupan las usadas en el análisis descriptivo para hacer el modelo de regresión global.

Tabla 3. Variables usadas en el modelo de regresión de las organizaciones más atractivas para el desempeño laboral en España.

Variables	Justificación
Nacionalidad	En el análisis descriptivo se usan los países y en el modelo se agrupan por áreas geoculturales: <ul style="list-style-type: none"> • Centro y Norte de Europa • Países mediterráneos • Países anglosajones • Resto de países
Ubicación de la sede central	En el análisis descriptivo se usan las CCAAs y en el modelo se agrupan en áreas geográficas: <ul style="list-style-type: none"> • CCAA de Madrid, que al ser la capital de España, es la que alberga más entidades en el ranking • Mediterráneo. Que incluyen todas las CCAA del litoral este y sur de España (Cataluña, Valencia, Murcia, Andalucía) • Norte. En las que destaca las empresas del País Vasco y son las del litoral cantábrico y atlántico • Resto
Actividad económica	Se clasifican según código CNAE agrupadas al primer dígito al igual que en el análisis descriptivo porque no se pueden analizar más
Tamaño	Se mide a través del número de trabajadores que tienen las empresas en España y en el mundo
Cotización	Variable dicotómica, cotiza o no cotiza en el mercado bursátil.

Fuente: Elaboración propia.

3.3. Muestra y Técnicas.

Cada año, la *RAE* publica una lista de las cien empresas que operan en España más valoradas para el desempeño laboral, de tal manera que para el período 2013-2016 tenemos una población de 400 observaciones. Este resultado basa su puntuación en un cuestionario enviado por expertos en materias en Recursos Humanos, con un centenar de preguntas que suman 1.000 puntos, distribuidas por variables según se aprecia en la Tabla 1, enviadas a más de 500 empresas que operan en España, que llevan más de cinco años en funcionamiento y deben tener una plantilla superior a los 100 empleados.

Una vez identificas las empresas del ranking publicadas por la *RAE* para dicho período, se procede a identificar variables que permitan clasificar las empresas del ranking por países, CCAAs donde radica la sede en España, según actividades económica a través del CNAE, el tamaño de las empresas y si cotiza en bolsa, a través de estadísticos, medias ponderadas, porcentaje de ponderación, contraste de medias para diversos grupos con el test de Levene. Para el modelo de regresión se usan regresiones lineales múltiples mediante mínimos cuadrados ordinarios para cada uno de los cuatro años.

4. Análisis descriptivo.

Siguiendo el orden definido en la Tabla 2, se hace un análisis descriptivo que agrupa las empresas por nacionalidad, CCAA de la sede de empresa en España, actividad económica, tamaño y cotización.

4.1. Nacionalidad de las empresas.

En la Tabla 4 se puede apreciar el promedio de las empresas clasificadas según su nacionalidad. Así, observamos que proceden de hasta 17 países diferentes, mayoritariamente europeos, con presencia de organizaciones de EEUU (16,3%), China (0,3%), Corea del Sur (1,0%) y Japón (1,0%). Poco más de un tercio posee nacionalidad española (38,8%), seguidas de las estadounidenses (16,3%) y Reino Unido (10,0%).

Analizando la valoración de las mismas, la media más alta corresponde a Corea del Sur, pero de este país sólo hay una empresa (LG), que aparece en todos los años dentro del ranking. Las empresas suizas, con 14 casos, obtienen una media de 799,9 puntos, destacando la farmacéutica Roche Farma y la aseguradora Zurich. Las empresas procedentes de EEUU y de España representan más de la mitad de la población, destacando entre las empresas americanas más valoradas Coca-Cola, que llegó a ocupar el primer puesto en el año 2013, Kimberly-Clark, dedicada al sector sanitario, o las consultoras Pricewaterhouse o Deloitte. En España, las empresas más valoradas son las del sector financiero y seguros, tales como, BBVA o Banco Santander; o del sector energético, como Gas Natural e Iberdrola.

Aunque en el modelo de regresiones se analizará si es relevante o no la nacionalidad en la valoración promedio final, por los datos de la Tabla 4, no parece que existan causas vinculadas a los países que expliquen las diferencias de valor. Así, las empresas suizas que figuran entre las primeras posiciones, se podría pensar en que el elevado PIB/per cápita del país y su desarrollo económico pudiera ser una causa explicativa; en cambio los bajos valores obtenidos por las empresas suecas, incluso francesas o alemanas no apuntan en esa dirección. Tampoco se aprecia que los países anglosajones, exponentes de una amplia cultura empresarial y de mercado, obtengan unos resultados diferenciales.

Aunque no es objeto de este artículo analizar las diferencias de valores según el tipo de variable, pues se centra más en el valor promedio total y su posible dependencia de nuevos factores, se puede apreciar que los mayores valores promedios se obtienen en las dimensiones

Talento (176,7) y Formación (175,2), si bien esto viene condicionado por los valores potenciales que pueden alcanzar, tal como se refleja en la Tabla 1. Por ello, al relacionar el valor promedio obtenido sobre su potencial, es la variable percepción de los empleados la que mejor se comporta, al obtener un valor 52,8 sobre un potencial de 60 puntos lo que supone un 88,1 %, seguida de la RSC con un 83,6 %, mientras que la peor valorada es la retribución al tener el valor más bajo respecto a su valor potencial (71,4 %).

Tabla 4. Organizaciones más atractivas para el desempeño (laboral) en España según “nacionalidad” ordenadas por promedio de valoración total.

Nacionalidad	Talento	Retribución	Ambiente	RSC	Formación	Empleados	Total	Nº Empresas	%
Corea del Sur	191,3	177,5	173,8	43,8	188,8	53,8	828,8	4,0	1,0%
Suiza	183,2	165,0	169,6	44,3	183,4	54,5	799,9	14,0	3,5%
Irlanda	175,0	152,5	168,8	48,8	187,5	56,5	789,0	4,0	1,0%
Japón	175,0	165,0	161,3	48,8	173,3	54,0	777,3	4,0	1,0%
Finlandia	192,5	162,5	160,0	35,0	165,0	60,0	775,0	2,0	0,5%
EEUU	182,7	159,2	160,7	40,9	177,2	53,2	773,9	65,0	16,3%
España	174,2	161,1	160,0	42,2	176,4	53,3	767,2	155,0	38,8%
Reino Unido	182,9	158,6	156,9	41,9	171,9	53,5	765,6	40,0	10,0%
Italia	167,8	186,1	146,1	42,2	165,6	54,0	761,8	9,0	2,3%
Países Bajos	178,3	161,4	160,3	40,6	174,3	46,1	761,1	21,0	5,3%
Alemania	175,0	164,2	156,1	41,4	168,8	54,9	760,3	28,0	7,0%
Francia	177,5	159,1	150,4	41,6	178,4	52,1	759,1	34,0	8,5%
Portugal	145,0	167,5	145,0	43,8	182,5	47,8	731,5	4,0	1,0%
Luxemburgo	170,0	150,0	170,0	35,0	150,0	47,0	722,0	1,0	0,3%
Suecia	169,6	139,6	152,3	38,3	170,0	51,4	721,2	12,0	3,0%
China	175,0	150,0	125,0	30,0	130,0	40,0	650,0	1,0	0,3%
Dinamarca	120,0	142,5	155,0	40,0	137,5	39,5	634,5	2,0	0,5%
Promedio general	176,7	160,7	158,5	41,8	175,2	52,8	765,8	400,0	100,0%

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos publicados en Actualidad Económica nºs 2.735 (2013), 2.747 (2014), 2.758 (2015), 2.770 (2016).

4.2. Ubicación de las empresas.

En cuanto al análisis por Comunidades Autónomas en España, se puede apreciar en la Tabla 5 que las organizaciones más valoradas para el desempeño laboral se encuentran en 13 Comunidades Autónomas, siendo Madrid (76,8%) con gran diferencia, la que mayor número de empresas acoge y con mayor número de empresas internacionales (17 países). La razón de esta concentración es por ser la capital de España y centro geográfico del país, que explica que la mayoría de empresas multinacionales extranjeras que operan en el país y muchas grandes empresas españolas se ubiquen en dicha comunidad. En segundo lugar, figura Cataluña (12,8%), contando con empresas de siete nacionalidades diferentes. Llama la atención que el País Vasco tenga domiciliadas tan sólo 12 empresas, todas de nacionalidad española, al ser una de las comunidades autónomas con mayor desarrollo de España.

En cuanto al promedio del valor total de las empresas ordenadas por Comunidades Autónomas, se observa que las mayores puntuaciones se obtienen por organizaciones ubicadas en Cantabria (785 puntos), entre las que cabe destacar principalmente el Banco Santander. En segundo lugar, destacan las 51 empresas de Cataluña, que alcanzan la valoración media de 775,5 puntos, destacando empresas como la energética Gas Natural, que alcanzó la tercera posición en el año 2016; CaixaBank, del sector financiero, estando en novena posición en dicho año; o la

farmacéutica Novartis. Las organizaciones pertenecientes al País Vasco, con un promedio del valor total de 771,6 puntos, se sitúan en tercer lugar, y se aprecia que las principales empresas proceden de dos sectores: del financiero, como el BBVA, que en el año 2015 alcanzó la primera posición, o del energético, como Iberdrola (posición 28 en 2016). La empresa Inditex, de origen gallego y una de las empresas con mayor valor del mundo, siendo su actividad principal la industria textil, coloca el promedio de las empresas gallegas en cuarto lugar.

La media general está justo por debajo de la valoración de las empresas de Madrid, que cuenta con una gran variedad de empresas, tanto por su nacionalidad como por la diversidad de sus actividades económicas, ocupando generalmente las principales posiciones, tales como Coca-Cola (primera en 2013), PWC (primera en 2014) o KPMG (primera en 2016).

Tabla 5. Organizaciones más valoradas para el desempeño laboral en España según “CCAA” ordenadas por promedio de valoración total.

CCAA	Talento	Retribución	Ambiente	RSC	Formación	Empleados	Total	Nº Empresas	%
Cantabria	172,5	153,3	173,3	44,2	184,2	57,5	785,0	6	1,5%
Cataluña	176,6	169,1	157,2	42,0	176,2	54,5	775,5	51	12,8%
País vasco	175,8	161,7	160,2	41,3	180,0	52,7	771,6	12	3,0%
Galicia	188,3	150,0	176,7	43,3	156,7	56,0	771,0	3	0,8%
Madrid	177,6	160,6	158,7	41,8	175,3	52,5	766,6	307	76,8%
Islas Baleares	180,0	160,8	146,0	37,5	181,7	51,2	757,2	6	1,5%
C. Valenciana	153,3	150,0	140,0	41,7	178,3	55,3	718,7	3	0,8%
Andalucía	161,3	146,3	157,5	40,0	166,3	46,8	718,0	4	1,0%
Aragón	152,5	157,5	155,0	42,5	157,5	51,5	716,5	2	0,5%
Castilla y León	165,5	137,5	165,0	47,5	142,5	53,0	711,0	2	0,5%
Islas Canarias	185,0	115,0	155,0	45,0	160,0	50,0	710,0	1	0,3%
Asturias	157,5	107,5	170,0	40,0	167,5	49,5	692,0	2	0,5%
Murcia	145,0	105,0	130,0	40,0	155,0	60,0	635,0	1	0,3%
Promedio general	176,7	160,7	158,5	41,8	175,2	52,8	765,8	400	100,0%

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos publicados en Actualidad Económica n^{os} 2.735 (2013), 2.747 (2014), 2.758 (2015), 2.770 (2016).

4.3. Actividad de la empresa.

La Tabla 6 ofrece una visión de las empresas clasificadas según su actividad económica. El 24,3% de las empresas se dedican al sector de las actividades financieras y de seguros; un 16,3% al sector de actividades profesionales, científicas y técnicas; y un 14,3% al sector del comercio al por mayor y al por menor.

Las más valoradas, con pocas diferencias entre ellas, son las empresas del sector sanitario (783,6), representadas por, entre otras, la empresa Kimberly-Clarck; el sector energético (782,5), con empresas como Gas Natural-Fenosa, Endesa o Iberdrola; el de las actividades financieras (781,3), destacando BBVA y Banco Santander; y el sector de actividades profesionales, científicas y técnicas (779,7), con las grandes consultoras, como Deloitte, KPMG. Las razones que explican estos resultados se pueden encontrar en que parece lógico pensar que el sector sanitario haga un especial énfasis en sus políticas de recursos humanos, de hecho, la percepción que tienen los empleados alcanza el 94,7% del valor máximo. El sector energético requiere de personal técnico muy cualificado al igual que el sector financiero, que además con la crisis ha sufrido un proceso de concentración en el que aquellas entidades que no fueron competitivas fueron absorbidas, de tal manera que las que siguen operando han acreditado una eficiencia organizativa que no podrían alcanzar sin una política de excelencia en Recursos Humanos.

Tabla 6. Organizaciones más valoradas para el desempeño laboral en España según “actividad económica” ordenadas por código CNAE.

Código	CNAE	Talento	Retribución	Ambiente	RSC	Formación	Empleados	Total	Nº empresas	%
A	Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	170,0	155,0	155,0	50,0	135,0	50,0	715,0	1	0,3%
C	Industria manufacturera	170,6	170,1	157,2	40,9	174,9	52,3	765,8	43	10,8%
D	Suministro de energía eléctrica, gas, vapor y aire acondicionado	176,8	162,4	164,7	42,1	181,4	55,0	782,5	21	5,3%
F	Construcción	179,3	152,1	136,7	39,3	180,7	55,0	743,1	7	1,8%
G	Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos de motor y motocicletas	174,8	161,7	153,5	41,6	168,1	52,3	751,9	57	14,3%
H	Transporte y almacenamiento	170,5	158,6	154,9	44,1	186,3	54,1	768,5	11	2,8%
I	Hostelería	176,1	135,6	152,8	43,9	181,7	56,4	746,4	9	2,3%
J	Edición	175,3	157,7	159,8	41,5	169,0	52,2	755,5	49	12,3%
K	Actividades financieras y de seguros	175,0	171,5	161,9	42,8	176,0	54,1	781,3	97	24,3%
L	Actividades inmobiliarias	177,1	144,3	148,6	42,1	168,6	48,7	729,4	7	1,8%
M	Actividades profesionales, científicas y técnicas	188,5	152,8	162,9	41,3	182,2	52,0	779,7	65	16,3%
N	Actividades administrativas y servicios auxiliares	179,8	143,0	154,0	39,6	170,9	50,1	737,3	23	5,8%
O	Administración pública y defensa; seguridad social obligatoria	165,0	140,0	95,0	35,0	160,0	50,0	645,0	1	0,3%
P	Educación	127,5	130,0	157,5	40,0	172,5	44,5	672,0	2	0,5%
Q	Actividades sanitarias y de servicios sociales	170,7	164,3	162,9	45,7	183,3	56,7	783,6	7	1,8%
Total general		176,7	160,7	158,5	41,8	175,2	52,8	765,8	400	100%

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos publicados en Actualidad Económica n^{os} 2.735 (2013), 2.747 (2014), 2.758 (2015), 2.770 (2016).

4.4. Tamaño de las empresas.

En este apartado se analizará la variable tamaño, medida como el número de trabajadores que poseen las empresas más atractivas para el desarrollo profesional en España, clasificándolas en dos grandes grupos, las de menos y más de 250 trabajadores (Tabla 7), siendo la media de trabajadores de esta población de empresas de 5.116,4.

Se aprecia una mejor puntuación en las empresas de mayor dimensión, que representan el 87,3% del total, en todos los ítems, exceptuando la gestión del talento. Por otro lado, se puede observar que las empresas muy grandes, tales como Coca-Cola, Roche Farma u Orange, ocupan las primeras posiciones, con alguna excepción, como la empresa anglosajona BAT, dedicada a la industria del tabaco, que en España tiene menos de 250 trabajadores y que ocupa las primeras posiciones. La causa por la que parece que el tamaño es un factor relevante podría ser que una organización grande ha tenido necesariamente que crecer, y para esto se necesita una eficiencia organizativa y una buena gestión de recursos humanos.

Tabla 7. Organizaciones más valoradas para el desempeño laboral en España según “tamaño” ordenadas por promedio de valoración total.

Empleados	Talento	Retribución	Ambiente	RSC	Formación	Empleados	Total	Nº empresas	%
100 -250	180,9	155,2	152,7	39,8	169,5	51,0	749,0	51,0	12,8%
>250	176,1	161,5	159,4	42,1	176,1	53,1	768,3	349,0	87,3%
Total general	176,7	160,7	158,5	41,8	175,2	52,8	765,8	400,0	100,0%

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos publicados en Actualidad Económica nºs 2.735 (2013), 2.747 (2014), 2.758 (2015), 2.770 (2016).

En la Tabla 8, se aprecia que se trata de un contraste de diferencia de medias en el que se concluye que las varianzas son distintas y las medias son distintas (p-valor bilateral de 0,23); por lo que la valoración media de las grandes empresas es superior significativamente con un p-valor (unilateral) de 0,046.

Tabla 8. Estadísticos y prueba de muestras independientes de la Valoración Total clasificadas por tamaños de empresas.

Medidas/Tamaño	N	Media	F.	Sig.	Prueba de Levene	Sig. (bilateral)
Total						
=< 250 profesionales	51	749,0000	4,073	,044	No se asumen varianzas iguales	,023
>250 profesionales	349	768,3009				

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos publicados en Actualidad Económica nºs 2.735 (2013), 2.747 (2014), 2.758 (2015), 2.770 (2016).

4.5. Cotización en el mercado bursátil.

La Tabla 9 muestra las principales empresas más atractivas para trabajar en España clasificadas según si cotizan o no en el mercado bursátil, resultando que más de la mitad de las empresas (67,3%) están presentes en el mercado de valores, a la vez que son las que obtienen una mejor valoración en todos los ítems y ocupan, por lo tanto, las primeras posiciones. Esto pudiera explicarse por el hecho de que una empresa que cotiza en el mercado bursátil está más exigida por la Comisión Nacional de Valores, además de que los accionistas están muy atentos a la evolución de la empresa, que ha de buscar permanentemente la eficiencia en todos los ámbitos de la empresa.

Tabla 9. Organizaciones más valoradas para el desempeño laboral en España según “cotice en el mercado bursátil” ordenadas por promedio de valoración total.

Cotización mercado de valores	Talento	Retribución	Ambiente	RSC	Formación	Empleados	Total	Nº empresas	%
No cotiza	174,1	154,0	156,2	40,9	171,6	51,9	748,8	131,0	32,8%
Cotiza	178,0	163,9	159,7	42,3	177,0	53,3	774,2	269,0	67,3%
Total general	176,7	160,7	158,5	41,8	175,2	52,8	765,8	400,0	100,0%

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos publicados en Actualidad Económica nºs 2.735 (2013), 2.747 (2014), 2.758 (2015), 2.770 (2016).

En la Tabla 10, se puede apreciar que se trata de un contraste de diferencia de medias en el que se concluye que las varianzas son distintas y las medias son distintas (p-valor bilateral de 0,000), por lo que resulta que los valores medios de las empresas que cotizan son significativamente superiores a las que no cotizan.

Tabla 10. Estadísticos y prueba de muestras independientes de la Valoración Total según cotización de las empresas.

Medidas/Cotización Mercado Bursatil		N	Media	F.	Sig.	Prueba de Levene	Sig. (bilateral)
Total	No cotiza	131	748,7557	,935	,334	Se asumen varianzas iguales	,000
	Sí cotiza	269	774,1599				

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos publicados en *Actualidad Económica* n^{os} 2.735 (2013), 2.747 (2014), 2.758 (2015), 2.770 (2016).

5. Modelo de regresión.

Tras mostrar las diferencias entre las valoraciones de las empresas en análisis descriptivos, se estimará en qué medida modifican el atractivo de las empresas para trabajar en ellas, que se mide con la valoración total, las diferencias en los valores de las variables independientes, manteniendo constantes las demás variables. Para ello, se estima un modelo de regresión lineal múltiple mediante mínimos cuadrados ordinarios para cada uno de los cuatro años. En cada uno de los modelos, la variable dependiente es la valoración total de la empresa. Aun cuando las variables independientes, ya están explicadas anteriormente, se entiende que clarifica relacionarlas en este apartado, que son las que se listan seguidamente:

1. El área geográfica española a la que pertenece la Comunidad Autónoma sede de la empresa, que es una variable categórica con los siguientes valores: Mediterráneo, Norte y resto de áreas, siendo el área de referencia la Comunidad de Madrid.
2. El área geo-cultural del país de nacionalidad de la empresa, variable también categórica con los siguientes valores: Centro y Norte de Europa, Países mediterráneos europeos y resto de países, siendo el grupo de referencia el de los países anglosajones.
3. La nacionalidad española de la empresa, variable dicotómica, siendo el grupo de referencia las empresas de nacionalidad no española.
4. El tamaño de la empresa, variable dicotómica con las categorías grande y pequeña, siendo el grupo de referencia el de las empresas pequeñas.
5. El número de trabajadores de la empresa en todo el mundo.
6. El número de trabajadores de la empresa en España.
7. La cotización en Bolsa, variable dicotómica, siendo el grupo de referencia el de las empresas que no cotizan en Bolsa.
8. El sector de actividad económica de la empresa según la categorización de la *CNAE*, siendo el grupo de referencia el sector Agricultura, Ganadería, Silvicultura y Pesca.

En todos los modelos, el número de observaciones es idéntico: las 100 empresas listadas por *Actualidad Económica* en el año en cuestión.

La Tabla 11 muestra los resultados de los cuatro modelos de regresión. Ninguno de los modelos es estadísticamente significativo (para todos ellos, $p(F) > .1$). A pesar de que la falta de significación estadística de los modelos, es posible apuntar algunas observaciones relevantes para futuras y más profundas investigaciones.

La única variable independiente que alcanza significación estadística (al nivel del .01) en al menos dos modelos (2015 y 2016) es la cotización en Bolsa. En ambos casos, las empresas que

cotizan en Bolsa tienen una mayor valoración, aumentando el intercepto en 23.44 y 58.98 puntos, respectivamente.

Tabla 11. Análisis global de las organizaciones más atractivas para el desempeño (laboral) en España.

	2013	2014	2015	2016
Intercepto	662.16*** (41.88)	748.06*** (76.10)	759.21*** (35.44)	753.73*** (63.77)
CCAA Mediterráneo	-4.80 (17.92)	-16.78 (17.05)	-5.83 (13.98)	3.35 (27.21)
CCAA Norte	-31.50 (25.75)	-.93 (32.63)	32.16 (28.47)	-54.38 (42.08)
CCAA resto		-35.48 (41.43)	-3.16 (27.84)	-48.92 (55.93)
Países Centro y Norte Europa	22.15 (35.75)	77.98* (42.77)	56.85 (35.42)	12.05 (68.46)
Países Mediterráneos Europa	4.15 (17.61)	4.83 (17.60)	-12.42 (14.47)	-19.37 (28.79)
Resto de países	-20.04 (20.97)	-30.53 (20.89)	-.35 (16.84)	4.58 (34.24)
Nacionalidad española	25.86 (22.82)	25.12 (22.10)	8.47 (17.95)	7.87 (31.35)
Tamaño	40.77** (18.68)	2.82 (19.51)	-2.61 (16.18)	-8.31 (30.04)
Número de trabajadores (Mundo)	-0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)
Número de trabajadores (España)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	-0.00 (0.00)
Cotización en bolsa	23.94 (16.00)	8.02 (15.53)	23.44* (12.87)	58.98*** (21.51)
<i>CNAE</i> Industria Manufacturera		-3.72 (68.04)		
<i>CNAE</i> Suministro de Energía Eléctrica, gas, vapor.	-21.09 (31.22)	18.12 (74.09)	9.77 (26.32)	26.81 (56.24)
<i>CNAE</i> Construcción	18.29 (61.38)	54.21 (89.34)	16.17 (36.24)	-112.13* (60.49)
<i>CNAE</i> Comercio al por mayor y al por menor	.30 (23.29)	-18.68 (71.04)	-6.25 (18.76)	-61.08 (40.39)
<i>CNAE</i> Transporte y almacenamiento	7.49 (44.87)	-6.69 (73.91)	-27.92 (31.47)	34.30 (70.22)
<i>CNAE</i> Hostelería	-39.54	-24.01	-26.82	-86.95

	2013	2014	2015	2016
	(47.91)	(75.79)	(31.93)	(100.02)
<i>CNAE</i> Edición	-10.13	4.73	-14.26	-86.48*
	(23.40)	(70.09)	(21.65)	(44.54)
<i>CNAE</i> Actividades financieras y de seguros	21.55	25.63	23.95	-17.24
	(21.10)	(69.75)	(17.71)	(36.32)
<i>CNAE</i> Actividades inmobiliarias	-12.15	-7.20	-32.55	-76.46
	(61.24)	(78.25)	(36.01)	(72.26)
<i>CNAE</i> Actividades profesionales, científicas	26.87	17.18	33.41*	13.75
	(22.53)	(67.54)	(19.37)	(38.06)
<i>CNAE</i> Actividades administrativas y servicios auxiliares	-30.96	-14.17	-3.06	-55.19
	(33.54)	(71.97)	(25.80)	(45.64)
<i>CNAE</i> Administración pública				-108.31
				(95.20)
<i>CNAE</i> Educación		-41.77		-119.60
		(89.13)		(92.13)
<i>CNAE1</i> Actividades sanitarias y de servicios sociales	104.30*	-8.53	15.45	-3.19
	(59.22)	(75.20)	(35.83)	(92.39)
Observaciones	100	100	100	100
R^2	.25	.22	.25	.31
R^2 Ajustado	.05	-.03	.03	.09
Error típico residual	56.07 (df = 78)	54.23 (df = 75)	45.30 (df = 77)	85.27 (df = 75)
F	1.26 (df = 21; 78)	.89 (df = 24; 75)	1.16 (df = 22; 77)	1.43 (df = 24; 75)
<i>Notas.</i>	*** $p < .01$; ** $p < .05$; * $p < .1$			

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos publicados en Actualidad Económica n^{os} 2.735 (2013), 2.747 (2014), 2.758 (2015), 2.770 (2016).

El tamaño de la empresa también tiene significación estadística, al menos en 2013 ($p < .05$): las empresas grandes parecen ser más valoradas (40.77 puntos) que las pequeñas.

El área geo-cultural de la nación de la empresa tiene significación estadística (la prueba Anova para modelos anidados, en la que el modelo completo es el estimado en este trabajo y el modelo reducido es el mismo modelo con la exclusión de las tres variables *dummy* que representan el área geo-cultural, arroja una $F = 2.3$, $p(F) < .1$). El área norte y centro-europea ($p < .1$) parece aumentar la valoración de las empresas respecto al área anglosajona en 2014 en casi 78 puntos.

El sector de actividad económica parece carecer de significación estadística alguna. Para todos los años, la prueba Anova para modelos anidados (siendo el modelo completo el estimado en este trabajo para cada año, y el modelo reducido el mismo modelo sin las variables *dummy* de actividad económica según la clasificación de la CNAE) arroja una $p(F)$ muy superior a .1.

Si se atiende al signo de los coeficientes, la pertenencia de las empresas a un área geográfica española distinta de Madrid parece reducir su atractivo para trabajar en ellas. Por otra parte, si la pertenencia de las empresas al área geo-cultural norte y centro-europea parece aumentar su puntuación respecto a las empresas del área anglosajona, la pertenencia al área mediterránea y, sobre todo, a otros países parece contribuir a reducir el atractivo de las empresas.

El tamaño de las empresas, clasificando a las empresas en grandes y pequeñas, aumenta su atractivo en 2013 y 2014, pero lo reduce en los dos años sucesivos. La variable cotización en Bolsa tiene sistemáticamente el mismo signo positivo: cotizar en Bolsa aumenta el atractivo de las empresas.

Analizando las causas por las que la nacionalidad no indica ser un factor relevante pudiera ser que, al tratarse de las cien empresas más valoradas para el desarrollo profesional, no existan diferencias significativas por su condición de ser las mejores, y de pertenecer a un ranking de empresas selectas, además de que estas empresas, que son mayoritariamente multinacionales, proceden de los países más desarrollados del mundo, como se puede apreciar en la Tabla 4. Lo mismo pasa al hacer el análisis por áreas geográficas y culturales, pues no hay ninguna razón para pensar que el valor obtenido por las empresas del Mediterráneo, en el que se ubica Cataluña, tengan una diferencia relevante respecto a las asentadas en el centro, o a las del norte, con el País Vasco o Cantabria. Dado que las empresas del presente ranking están presentes en 15 sectores económicos, al hacer el análisis de regresión por años y con un total de 100 empresas en total por año, hace que el propio tamaño muestral se pudiera no mostrar con relevancia estadística, a pesar de que las empresas de los sectores energético, sanitario y financieros obtengan los mayores valores. Que las empresas según su tamaño y cotización bursátil manifiesten valores más relevantes, obedece a las exigencias de cotizar en el Mercado Nacional de Valores, y de que generalmente una organización que crece ha de tener modelos de eficiencia empresarial.

6. Conclusiones.

Un tercio de las cien empresas más valoradas para trabajar son españolas, seguidas de las estadounidenses (16,3%) y del Reino Unido (10,0%). Al clasificarlas según su valoración, son las empresas de fuera de la Unión Europea las más valoradas: las de Corea del Sur, Suiza y Japón. Es llamativo que las empresas de los países nórdicos, como Dinamarca o Suecia, sean las menos valoradas, o que las alemanas, francesas, italianas y de los Países Bajos estén por debajo de la media. La no relevancia de este factor, en la línea de las conclusiones de Ibrahim y Shah (2013) y en sentido contrario a los trabajos de Ferner (1997), Liu (2004) y Guthrie et al. (2008), se puede explicar por el hecho de que proceden de países desarrollados y nos estamos centrando en las cien empresas más atractivas para el desarrollo laboral, lo que hace que, aunque el valor varíe según el país, no resulten diferencias relevantes, ni aún agrupándolas por áreas geográficas. En todo caso es un hallazgo identificar de qué países son las empresas más excelentes para trabajar en España, en qué cuantía, con qué valores, y que no existen diferencias relevantes desde el punto de vista estadístico. Por tanto, un profesional que trabaje en una empresa española, no tiene menos relevancia que otra empresa de otro país, lo que lleva a la conclusión de que las empresas españolas de esta muestra no tienen un menor nivel de excelencia en los recursos humanos que las extranjeras.

En cuatro de las diecisiete regiones españolas no hay ninguna empresa en el ranking para el período 2013-16. La Comunidad de Madrid alberga el 76,8% de las mismas, seguida de las catalanas, con el 12,8%. Destacan por su valoración promedio las situadas en Cantabria, Cataluña, País Vasco y Galicia. Al igual que en los países, y en contra de los resultados de Amossé et al., 2016; Conway et al., 2008; Fields, Chan y Akhtar, 2002; Grimshaw y Rubery, 2007; Paawee y Boselie, 2007; la no relevancia a nivel valorativo se pudiera explicar en que, al tratarse de las empresas más excelentes, no existen razones de peso por el hecho de que se ubiquen en Madrid, en Cataluña o País Vasco, y ni siguiera al agrupar por zonas geo-culturales. Por tanto, la

contribución es además de identificar en qué zona de España se ubican sus sedes centrales, las empresas ubicadas en Madrid no tienen valores más relevantes que las de otras zonas de España.

Al vincular las empresas a la actividad principal de las mismas, las del sector financiero y de seguros son las más numerosas y las segundas más valoradas. Las dedicadas a las actividades profesionales, científicas y técnicas ocupan la segunda posición en número y la tercera en valoración media, siendo las más valoradas las del sector sanitario, energético y financieras. No obstante, la presencia de empresas de quince sectores en una muestra de 100 empresas, hacen que los tamaños muestrales para cada año salgan muy poco relevantes y no se puede concluir que son relevantes las empresas según la actividad a la que se dedica.

Salvo en la variable independiente Gestión del Talento, obtienen mayores valoraciones medias las empresas con más de 250 empleados, que suponen el 87,3% del total. Tener un mayor tamaño implica crecer y esto obliga a modelos de excelencia en las políticas de recursos humanos, siendo una contribución el identificar el tamaño como un factor con relevancia estadística, en línea a las conclusiones de Kok y Uhlaner (2001) que apreciaron una relación entre el aumento del tamaño de las empresas y las prácticas de recursos humanos.

Al clasificar las empresas por cotización en el mercado bursátil, las que lo hacen representan el 67,3% y superan a las que no lo hacen en todas las variables analizadas. Es el factor que mayor relevancia muestra, motivado porque las empresas que cotizan en bolsa, tienen mayores niveles de exigencia por parte del mercado y de las instituciones, lo que les obliga a desarrollar una mayor eficiencia organizativa y en su política de recursos humanos. Ésta es una aportación novedosa ya que no había investigaciones claras sobre los efectos de cotización en las políticas de recursos humanos (Conway et al., 2008, p. 638).

El modelo de regresión para los cuatro años no muestra una capacidad explicativa de la varianza de la variable dependiente. Futuras investigaciones deberían centrarse en especificar el modelo incorporando nuevas variables (como pudieran ser la cultura organizativa o el estilo de liderazgo).

Referencias

- Alles, M. (2006). *Desarrollo del talento humano basado en competencias*. Buenos Aires: Ediciones Granica, S.A.
- Amossé, T., Bryson, A., Forth, J., & Petit, H. (2016). Managing and working in Britain and France: An introduction. En: T. Amossé, A. Bryson, J. Forth & H. Petit (Eds.), *Comparative workplace employment relations. An analysis of practice in Britain and France* (pp. 1-26). Londres: Palgrave MacMillan. DOI: 10.1057/978-1-137-57419-0_1.
- Arikan, E., Kantur, C., Maden, C., & Telci, E.E. (2016). Investigating the mediating role of corporate reputation on the relationship between corporate social responsibility and multiple stakeholder outcomes. *Quality & Quantity*, 50, 129-149.
- Armstrong, M. (2006). *A handbook of human resource management practice*. London: Kogan Page.
- Ashton, C., & Morton, L. (2005). Managing talent for competitive advantage. *Strategic HR Review*, 4(5), 28-31. DOI: 10.1108/14754390580000819 .
- Ballou, B., Godwin, N.H., & Shortridge, R.T. (2003). Firm value and employee attitudes on workplace quality. *Accounting Horizons*, 17(4), 329-341. DOI: 10.2308/acch.2003.17.4.329.

- Betcherman, G., Leckie, N., & McMullen, K. (1997). *Developing Skills in the Canadian Workplace: The Results of the EKOS Workplace Training Survey*. Canadian Policy Research Networks, Ottawa. Recuperado de <https://www.voced.edu.au/content/ngv%3A31933>
- Bešlić, I., & Bešlić, D. (2008). Zadovoljstvo poslom. *Škola biznisa*, 3, 154-162.
- Bethke-Langenegger, P., Mahler, P., & Staffelbach, B. (2011). Effectiveness of talent management strategies. *European Journal of International Management*, 5(5), 524-539. DOI: 10.1504/EJIM.2011.042177.
- Bonache, J. (1996). El papel de la política de recursos humanos en la internacionalización de la empresa. *Economía Industrial*, 307, 37-48.
- Brown, M. (2001). Unequal pay, unequal responses? Pay referents and their implications for pay level satisfaction. *Journal of Management Studies*, 38(6), 879-896. DOI: 10.1111/1467-6486.00263.
- Capraro, A. J., & Srivastava, R.K. (1997). Has the influence of financial performance on reputation measures been overstated? *Corporate Reputation Review*, 1, 86-92. DOI: 10.1057/palgrave.crr.1540023.
- Clark, A., Kristensen, N., & Westergard-Nielsen, N. (2007). Job satisfaction and co-worker wages: Status or signal? *The Economic Journal*, 119(536), 430-447. DOI: 10.1111/j.1468-0297.2008.02236.x.
- Conway, N., Deakin, S., Komzelmann, S., Petit, H., Reberieux, A., & Wilkinson, F. (2008). The influence of stock market listing on human resource management: Evidence for France and Britain. *British Journal of Industrial Relations*, 46(4), 632-673. DOI: 10.1111/j.1467-8543.2008.00698.x.
- Davies, G., Chun, R., Vinhas da Silva, R., & Roper, S. (2003). *Corporate reputation and competitiveness*. London and New York: Routledge.
- DiRomualdo, T., Joyce, S., & Bression, N. (2009). *Key Findings from Hackett's Performance Study on Talent Management Maturity*. Palo Alto, CA: Hackett Group.
- Elsbach, K.D., & Glynn, M.A. (1996). Believing your own 'PR': Embedding Identification in Strategic Reputation. *Advances in Strategic Management*, 13, 65-90.
- Fernández-Gámez, M.A., Gil-Corral, A.M., & Galán-Valdivieso, F. (2016). Corporate reputation and market value: Evidence with generalized regression neural networks. *Expert Systems with Applications*, 46, 69-76. DOI: 10.1016/j.eswa.2015.10.028.
- Ferner, A. (1997). Country of origin effects and HRM in multinational companies. *Human Resource Management Journal*, 7(1), 19-37. DOI: 10.1111/j.1748-8583.1997.tb00271.x.
- Fields, D., Chan, A., & Akhtar, S. (2002). Organizational context and human resource management strategy: A structural equation analysis of Hong Kong firms. *International Journal of Human Resource Management*, 11(2), 264-277. DOI: 10.1080/095851900339864.
- Finegold, D., & Soskice, D. (1988). *The Failure of British Training: Analysis and Prescription*.

Oxford Review of Economic Policy, 4, 21-53. Recuperado de <https://www.jstor.org/stable/23606208?seq=1>

- Fombrun, C. J., & Shanley, M. (1990). What's in a name? Reputation building and corporate strategy. *Academy of Management Journal*, 33(2), 233-258. DOI: 10.2307/256324.
- Friedman, R. (2014). *The best place to work. The art and science of creating an extraordinary workplace*. Nueva York: Penguin.
- Fulmer, I.S., Gerhart, B., & Scott, K.S. (2003). Are the 100 Best better? An empirical investigation of the relationship between being a "Great Place to Work" and firm performance. *Personnel Psychology*, 56(4), 965-993. DOI: 10.1111/j.1744-6570.2003.tb00246.x.
- Gandossy, R., & Kao, T. (2004). Talent wars: out of mind, out of practice. *Human Resource Planning*, 27(4), 15-19.
- Grimshaw, D., & Rubery, J. (2007). Economics and HRM. En P. Boxall, J. Purcell & P. Wright (Eds.), *The Oxford Handbook of Human Resource Management* (pp. 68-87). Nueva York: Oxford University Press.
- Guest, D.E. (2007). HRM and the worker: Towards a new psychological contract? En P. Boxall, J. Purcell y P. Wright (Eds.), *The Oxford Handbook of Human Resource Management* (pp. 128-146). Oxford: Oxford University Press.
- Guinot, J., Chiva, R., & Mallén, F. (2015). Altruismo y capacidad de aprendizaje organizativo: Un estudio en las empresas mejor valoradas por los trabajadores en España. *Universia Business Review*, 45, 92-109.
- Guthrie, J.P., Liu, W., Flood, P.C., & MacCurtain, S. (2008). *High performance work systems, workforce productivity, and innovation: A comparison of MNCs and indigenous firms* (WP 04-08). Recuperado de doras.dcu.ie/2421/1/wp0408.pdf
- Hall, R. (1992). The strategic analysis of intangible resources. *Strategic Management Journal*, 13, 145-158. DOI: 10.1002/smj.4250130205.
- Helm, S. (2007). One Reputation or Many? Comparing Stakeholders' Perceptions of Corporate Reputation. *Corporate Communications: An International Journal*, 12(3), 238-254.
- Hinkin, T.R., & Tracey, J.B. (2010). What makes it so great? An analysis of human resources practices among Fortune's Best Companies to Work for. *Cornell Hospitality Quarterly*, 51(2), 158-170. DOI: 10.1177/1938965510362487.
- Hosie, P., Jayashree, P., Tchantchane, A., & Ban, L. (2013). The effect of autonomy, training opportunities, age and salaries on job satisfaction in the South East Asian retail petroleum industry. *The International Journal of Human Resource Management*, 24(21), 3980-4007. DOI: 10.1080/09585192.2013.829517.
- Ibrahim, H.I., & Shah, K.A.M. (2013). Effects of organizational characteristics factors on the implementation of strategic human resource practices: Evidence from Malaysian manufacturing firms. *ECONOMIA. Seria MANAGEMENT*, 16(1), 5-24.

- Jackson, S., & Schuler, R.S. (1995). Understanding human resource management in the context of organizations and their environments. *Annual Review of Psychology*, 46, 237-264. DOI: 10.1146/annurev.ps.46.020195.001321.
- Joo, B. K., & McLean, G.N. (2006). Best employer studies: A conceptual model from a literature review and a case study. *Human Resource Development Review*, 5(2), 228-257. DOI: 10.1177/1534484306287515.
- Joyce, K.E. (2003). Lessons for employers from Fortune's "100 best". *Business Horizons*, 46(2), 77-84. DOI: 10.1016/S0007-6813(03)00013-2
- Kabak, K.E., Şen, A., Gocer, K., Küçüksöylemez, S., & Tuncer, G. (2014). Strategies for employee job satisfaction: A case of service sector. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 150, 1167-1176. DOI: 10.1016/j.sbspro.2014.09.132.
- Khota, S., Rajgopal, S., & Rindova, V.P. (2001). Reputation building and performance: an empirical analysis of the top-50 pure internet firms. *European Management Journal*, 19(6), 571-586. DOI: 10.1016/S0263-2373(01)00083-4.
- Kok, J., & Uhlaner, L.M. (2001). Organization context and human resource management in the small firm. *Small Business Economics*, 17(4), 273-291. DOI: 10.1023/A:1012238224409.
- Kortekaas, F. (2007). *HRM, organizational performance and the role of firm size* (Master's thesis). Erasmus School of Economics, Rotterdam.
- Kreps, D., & Spence, M. (1985). Modelling the role of history in industrial organization and competition. In G. Feiwel (Eds.), *Issues in contemporary microeconomics and welfare*. London: Macmillan. DOI: 10.1007/978-1-349-06876-0_10.
- Lenaghan, J.A., & Eisner, A.B. (2006). Employers of choice and competitive advantage: The proof of the pudding is in the eating. *Journal of Organizational Culture, Communications and Conflict*, 10(1), 99-109.
- Liu, W. (2004). The cross national transfer of HRM practices in MNCs: An integrative research model. *International Journal of Manpower*, 25(6), 500-517. DOI: 10.1108/01437720410560415.
- Mincer, J. (1962). On the Job Training: Costs, Returns, and Some Implications. *Journal of Political Economy*, 70(5), 50-79. Recuperado de <https://www.journals.uchicago.edu/doi/abs/10.1086/258725?journalCode=jpe>
- Morgan, J. (2014). *The future of work. Attract new talent, build better leaders, and create a competitive organization*. Hoboken, NJ: Wiley.
- Nijhof, W., De-Jong, M., & Beukhof, G. (1998). Employee commitment in changing organizations: an exploration. *Journal of European Industrial Training*, 22(6), 243-248. DOI: 10.1108/03090599810224701.
- OCDE (1991). *Employment Outlook. Julio*. Paris: OCDE. Recuperado de <http://www.oecd.org/els/employmentoutlook-previouseditions.htm>
- Osterman, P. (1994). How Common Is Workplace Transformation and Who Adopts It? *Industrial*

and Labor Relations Review, 47(2), 173-188. DOI: 10.1177/001979399404700202

Paawee, J., & Boselie, P. (2007). HRM and societal embeddedness. En P. Boxall, J. Purcell y P. Wright (Eds.), *The Oxford Handbook of Human Resource Management* (pp. 166-184). Oxford: Oxford University Press.

Romero, E.J. (2004). Are the great places to work also great performers? *Academy of Management Perspectives*, 18(2), 150-152. DOI: 10.5465/AME.2004.13835923.

Smith, A. (1993). Training and Enterprise Performance: Is There any Link? *Training Agenda*, 1(3), 24-27.

Snyder, C.R., & Lopez, S.J. (2002). *Handbook of positive psychology*. New York: Oxford University Press.

Wright, P.M., McMahan, G.C., & McWilliams, A. (1994). Human resources and sustained competitive advantage: a resource-based perspective. *International Journal of Human Resource Management*, 5, 301-326. DOI: 10.1080/09585199400000020.



Determinants of attendance frequency to flamenco shows in Spain. A cultural economic approach

HEREDIA-CARROZA, JESÚS

Chair on Competition Policy

Department of Economics and Economic History

Universidad de Sevilla

Correo electrónico: jhercar12@gmail.com

PALMA MARTOS, LUIS

Chairman on Competition Policy

Department of Economics and Economic History

Universidad de Sevilla

Correo electrónico: lpalma@us.es

MARÍN, ALEJANDRO

Chair on Competition Policy

Department of Economics and Economic History

Universidad de Sevilla

Correo electrónico: alexbmeister@gmail.com

ABSTRACT

This article aims to determine which variables have effect on the attendance frequency to live flamenco shows. Firstly we have done interviews to flamenco and music industry experts to achieve new-fangled variables in our analysis. Secondly, these variables were valued by flamenco consumers through surveys. Afterwards, with these data, we used a methodology based on different econometric models to obtain the coefficients of the variables. The results show how variables such as educational level, the way the music is listened or the valuation of the performer, amongst others, have an influence on the attendance frequency to flamenco live shows. The article contributes to the scarce empirical literature relating attendance frequency determinants to traditional popular genres by adding never studied before variables, focusing on the flamenco case.

Keywords: live music, attendance frequency, traditional popular music, flamenco, Spain.

JEL classification: C2; D2; Z1.

MSC2010: 00A65; 00A66.

Determinantes de la frecuencia de asistencia a espectáculos de flamenco en España. Un enfoque económico cultural

RESUMEN

Este artículo tiene como objetivo determinar qué variables tienen efecto en la frecuencia de asistencia a los espectáculos de flamenco en vivo. En primer lugar, hemos realizado entrevistas a expertos de la industria del flamenco y la música para lograr nuevas variables en nuestro análisis. En segundo lugar, estas variables fueron valoradas por los consumidores de flamenco a través de encuestas. Posteriormente, con estos datos, utilizamos una metodología basada en diferentes modelos econométricos para obtener los coeficientes de las variables. Los resultados muestran cómo variables como el nivel educativo, la forma en que se escucha la música o la valoración del intérprete, entre otros, influyen en la frecuencia de asistencia a los espectáculos de flamenco en vivo. El artículo contribuye a la escasa literatura empírica que relaciona los determinantes de frecuencia de asistencia con los géneros populares tradicionales, al agregar variables nunca antes estudiadas, centrándose en el caso del flamenco.

Palabras clave: música en vivo, frecuencia de asistencia, música popular tradicional, flamenco, España.

Clasificación JEL: C2; D2; Z1.

MSC2010: 00A65; 00A66.



1. Introduction.

Cultural participation is a complex activity determined by a series of economic, social and personal factors (Lazzaro & Frateschi, 2017) that aims to increase of cultural heritage and individual knowledge (Aguado & Palma, 2015). This has a direct effect on the tastes of the people, increasing the consumption of products whose main characteristics are creativity and innovation (Michael & Becker, 1973; Bourdieu, 1984; Levy-Gaboua & Montmarquette, 1996; Heredia-Carroza, Pulido & Palma, 2017).

Flamenco is a traditional popular genre that has its origin in the 18th century in the region of Andalusia (Spain) (Infante, 1980; Cruces, 2001; Aoyama, 2009). Its richness and variety can be observed from a two-sided perspective: on the one hand, the mix of cultures that characterizes it - Andalusian, Roma, Arabic, Jewish- (Romero, 1996; Steingress, 2007), and, on the other hand, its main artistic manifestations such as *cante* -vocal music-, *toque* -instrumental music- and *baile* -the art of dancing (Manuel, 2010; Palma et al., 2017).

According to the above, the aim of this article is to identify the variables that determine the frequency of attendance to live flamenco shows. To achieve this, we made a review on cultural participation literature (Ateca-Amestoy, 2008; Palma et al., 2013; Falk & Katz-Guerro, 2016; Guccio et al., 2017), as well as, 15 interviews to flamenco and the Spanish music industry experts, in order to identify which variables are linked to the decision of attending flamenco live shows. The duration of the interviews was from 60 to 90 minutes long, and they were carried out in the January-May period of 2017. The selection criteria of the interviewees were their relevance taking into account the awards received in the case of artists; the festivals arranged in the case of cultural managers; or the responsibility level about culture-related themes. In the Appendix I, the panel of experts interviewed is presented.

Regarding this information, we designed a survey, which was answered by flamenco consumers (Aoyama, 2007; Malthouse & Calder, 2002; Bermúdez, Medina & Aguado, 2016).

The empirical analysis starts from a database built *ad hoc* from the 580 surveys obtained (Montoro-Pons & Cuadrado-García, 2011; Lundy & Smith, 2016; Au, Ho & Chan, 2016). With these data, we use the methodology of ordinary least squares, following the thesis proposed by Ferrer-i-Carbonell and Frijters (2004). To complement such methodology and show the robustness of the appraisals raised, an ordered logistic model and another of robust least squares have been taken into consideration.

The article contributes to literature about cultural participation in three aspects:

1. It is the first research about cultural participation focused on a traditional popular music genre like flamenco, which has a sample composed entirely by people that consider themselves to be consumers of it.
2. The effect that has series of newfangled variables, concerning the frequency of assistance, and that has not been treated before in other investigations, is identified. These variables comprise the performer, the author, the structural music elements, and the way of listening, fashions, among others.
3. From a methodological perspective, with the results obtained, it is proved that an ordinary least squares model, under the assumption of cardinality, yields results that are equivalent in a significant way to discrete choice models.

The article is organized in the following sections: “data and variables”, where an explanation about the information gathering and the variables used in the study will be found. Below is a reference made to the methodology used and the results obtained (Helliwell & Huang,

2008; Borra & Gómez-García, 2012). An epigraph will be dedicated to the discussion of the results and, by last, the conclusions will be added.

2. Data and variables.

The development of this epigraph holds the process of gathering qualitative information obtained through interviews to flamenco and the Spanish music industry experts, and later presents the quantitative information obtained from the 580 surveys made to flamenco consumers.

3. Interviews.

In order to identify which variables have an effect on the attendance to live shows, in addition to the already existing bibliography (Zanola, 2010; Hallmann et al., 2017; Lenguina & Miles, 2017; Borowiecki & Marvao, 2017), 15 of the most outstanding flamenco and the Spanish music industry personalities have been interviewed (Arboleda & Gonzalez, 2016; Hernando & Campo, 2017; Heredia-Carroza, Palma & Aguado, Forthcoming).

Using the previous bibliography concerning cultural economics as a base (Withers, 1980; Throsby, 1983; Towse, 2007; Werck & Heyndels, 2007; Zieba & O'Hagan, 2010), the interviews were structured in three parts. Firstly, it is inquired into the structure of the musical piece, the elements that show its cultural value and the elements that affect its success (Hadida, 2010; Heredia-Carroza, 2019). Secondly, a section is dedicated to Copyright and, finally, a general section dedicated to future studies. In the present article, we have used the information obtained in the first part of the interviews (Heredia-Carroza et al., 2019a).

The interviewed personalities are authors, who are as well performers of the three flamenco manifestations -*cante*, *baile* and *toque*-; responsible politicians for the cultural area -Ex-counselor of Culture in Andalusia-; representatives of the two most important Copyright entities in Spain - Sociedad General de Autores y Editores (SGAE) and Asociación de Artistas, Intérpretes y Ejecutantes (AIE); or cultural managers of important flamenco festivals such as “Bienal de Flamenco de Sevilla” and the “Festival de Jerez de la Frontera”. The questionnaires and the database are available at demand of the authors (Heredia-Carroza et al., 2019b; Heredia-Carroza et al., 2019c).

Finally, joining the variables identified in the bibliography and those given by the interviews, we identified four groups of variables that may have an effect on the frequency of attendance of live flamenco shows:

- Sociodemographic: age, educational level or gender of the individuals. These variables help to control the heterogeneity among individuals decreasing the relevance of potential variables that have been omitted, significantly relevant (Bermúdez et al., 2016; Andrade, 2016).
- Variables referring to the flamenco cultural capital of the individual (Ateca-Amestoy, 2009): time consuming flamenco, number of albums acquired, the platform where it is usually listened to or the atmosphere in which the taste for it was created (Borowiecki & Marvao, 2017).
- Variables that characterize the individual's behavior: whether she attends shows concerning other musical genres or not (Holbrook & Hirschman, 1982; Holbrook, 1999), or if she supports the public financing of flamenco (Palma & Aguado, 2011).
- Variables that express which elements of the flamenco work are most valued by the individual (Klamer, 2003; Levison, 2015): its structural elements (harmony³, rhythm,

melody and lyrics) (Rosón, 2010; Heredia-Carroza, Palma & Aguado, 2017), the agents that create the work (author, performer), awards received, place where it is performed, fashions or tickets selling, among others (Heredia-Carroza et al., 2019b). We note that the variable "harmonics" is omitted from the econometric model, due to collinear problems with the variable melody. This makes sense in the musical theory, since the melody carries a harmony congruent with it. It has been chosen to maintain the melody because it is an easier element to be recognized and differentiated by the fans regardless of their degree of musical knowledge.

4. Descriptive statistics from surveys.

Once the different groups of variables were identified, surveys were carried out between May and July 2017 by means of an online survey instrument stipulated on Flama. La guía del flamenco (information portal, ticket sales, entertainment agenda and news about flamenco, that operates in Spain and France on a monthly basis since January 2006), that also had the disclosure of the Centro Andaluz de Documentación del Flamenco and the Promocionmusical.es website (Heredia-Carroza et al., 2019c).

The survey was divided in four parts. On the first one, the flamenco consumers' habits were inquired. On the second part, questions on the elements of the flamenco work were proposed. On the third one, affairs concerning cultural politics were studied, making questions on whether flamenco should be supported by public funds or not. On the fourth part, we require basic sociodemographic aspects. Finally, 580 surveys from people that considered themselves to be flamenco consumers. The first question of the survey was: What is your relationship with flamenco? Where several options were given, such as consumer. For the present study, we have used the data obtained that fall into this category. In Table 1, the variables used in the later econometric analysis are presented.

Table 1. Statistical descriptions of the selected variables.

Variable	N. Obs	Mean	St. Desv.	Min	Max
<i>Dependent Variable¹</i>					
Frequency of attendance to live flamenco shows	451	3.12	1.58	1	5
<i>Variables referring to the sociodemographic characteristics of the individual</i>					
Male	580	0.54	0.5	0	1
Female	580	0.46	0.5	0	1
Less than 30 years old	580	0.28	0.45	0	1
30-39 years old	580	0.22	0.42	0	1
40-49 years old	580	0.19	0.4	0	1
50-59 years old	580	0.18	0.39	0	1
More than 60 years old	580	0.12	0.32	0	1
Non-educational level	580	0.0310345	0.1735606	0	1
Primary school level	580	0.1189655	0.3240274	0	1
Secondary level	580	0.1706897	0.3765623	0	1
Pre-college level	580	0.1396552	0.3469281	0	1
University level	580	0.5396552	0.4988552	0	1
<i>Flamenco cultural capital of the individual²</i>					
Number of albums acquired	580	2.07	1.09	1	4
She usually listens to flamenco on radio or TV	578	0.13	0.34	0	1
She usually listens to flamenco on recorded music	578	0.29	0.45	0	1
She usually listens to flamenco on live shows	578	0.1	0.3	0	1

She usually listens to flamenco via streaming	578	0.16	0.37	0	1
She usually listens to flamenco on YouTube	578	0.32	0.47	0	1
She does not usually listen to flamenco	578	0	0.04	0	1
She developed by herself, her taste for flamenco	580	0.27	0.45	0	1
Her family made her develop a taste for flamenco	580	0.51	0.5	0	1
Her friends made her develop a taste for flamenco	580	0.14	0,35	0	1
Her couple made her develop a taste for flamenco	580	0.03	0.17	0	1
A taste for flamenco was not developed	580	0.05	0.21	0	1
<i>Variables that characterize the behavior of the individual³</i>					
She has attended presentations of other musical genres	580	0.67	0.47	0	1
She has not attended presentations of other musical genres	580	0.33	0.47	0	1
She agrees with the public financing of flamenco	580	0.92	0.27	0	1
She does not agree with the public financing of flamenco	580	0.08	0.27	0	1
<i>Assessment variables on the flamenco work</i>					
She values the melody of the work	557	5.94	1.21	1	7
She values the rhythm of the work	557	6.03	1.21	1	7
She values the lyrics of the work	558	5.41	.52	1	7
She values the author	555	3.79	2.1	1	7
She considers the performer to be essential to the work	532	6.2	1.23	1	7
She values that the work is on trend	562	3.17	1.89	1	7
She values the theater where the work is performed	562	4	1.83	1	7
She values the awards the work has	562	3.76	1.97	1	7
She values that the upper sale of tickets and the upper recognition	571	2.74	1.78	1	7

¹ Not all the surveyed people answered this question.

² For these questions, the option does not know/does not answer was added, that is why there are not 580 answers.

³ For these sort of variables, as well as using a 7-points Likert scale, the option does not know/does not answer was added, that is why there are not 580 answers.

Source of the application: Excel 2013.

Source: Own elaboration.

Once the variables and the obtained descriptive statistics are presented, in the following section the econometric strategy used is shown (di Tella, MacCulloch & Oswald, 2001; Ferrer-i-Carbonell & Frijters, 2004).

5. Econometric strategy.

With the data obtained from the surveys (Choi, Papandrea & Bennett, 2007; Chan, Au & Ying, 2016), this article aims to contrast which are the variables that determine the frequency of attendance to live flamenco shows. For this, the empirical strategy is the following one.

The dependent variable of the model is the consumers' frequency attendance to flamenco shows. That variable is expressed in a scale of 5 possible categories, where the individual chooses a path of action from a finite set of options. That way, a variable whose qualitative nature corresponds to the use of discrete choice models -like an ordered logit- is configured. Despite this, there is significant empiric evidence (Ferrer-i-Carbonell & Frijters, 2004; Borra & Gómez-García, 2012) that an ordinary least squares model, under the assumption of cardinality throws equivalent results in a significant way, making it easier the interpretation of the results. For this reason, ordinary least squares model is chosen, complemented by an ordered logit model and a robust least squares one, in order to show the robustness of the estimates raised and the validity of the premise mentioned above.

The least squares model will be posed in the following way:

$$Y_i = \alpha + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \beta_3 X_{3i} + \beta_4 X_{4i} + \varepsilon_i$$

where:

- The dependent variable Y_i represents the frequency of attendance of the i individual.
- α is the constant.
- X_1 is the vector for the sociodemographic characteristics of the individual.
- X_2 is the vector for the flamenco cultural capital of the individual.
- X_3 is the vector for those variables that characterize the behavior of the individual.
- X_4 is the vector for the variables expressing which components of the flamenco work are valued by the individual.
- ε_i is the random disturbance.

6. Results.

The results obtained via the triple methodological perspective (OLS, Ordered Logit and Robust OLS) are shown on Table 2.

Table 2. Results obtained.

N° Obs.	371	371	371
R²	0.289		0.285
Model	Reg. Lineal	Ordered Logit	Reg. Robusta
Dependent variable: frequency			
Time consuming flamenco	0.270** (0.117)	0.483*** (0.180)	0.301** (0.127)
Number of albums acquired	0.173** (0.0799)	0.191* (0.107)	0.175** (0.0864)
<i>Reference: female</i>			
Male	-0.0963 (0.158)	-0.143 (0.219)	-0.114 (0.170)
<i>Reference: less than 30 years old</i>			
30-39 years old	-0.367* (0.219)	-0.513* (0.307)	-0.411* (0.237)
40-49 years old	0.0943 (0.256)	0.112 (0.351)	0.143 (0.277)
50-59 years old	-0.479* (0.254)	-0.576 (0.352)	-0.468* (0.274)
More than 60 years old	-0.123 (0.317)	-0.253 (0.421)	-0.106 (0.343)
<i>Reference: primary school level</i>			
Non-educational level	-0.753 (0.483)	-0.861 (0.699)	-0.689 (0.522)
Secondary level	-0.529* (0.277)	-0.941** (0.394)	-0.620** (0.299)
Pre-college level	-0.675** (0.308)	-1.039** (0.433)	-0.709** (0.333)

University level	-0.689*** (0.259)	-1.149*** (0.367)	-0.729*** (0.280)
<i>Reference: she usually listens to flamenco on the radio or TV</i>			
She usually listens to flamenco via recorded music	0.703*** (0.260)	1.100*** (0.377)	0.824*** (0.281)
She usually listens to flamenco on live shows	0.718** (0.319)	1.016** (0.453)	0.789** (0.345)
She usually listens to flamenco via streaming	0.932*** (0.319)	1.473*** (0.462)	1.071*** (0.345)
She usually listens to flamenco on YouTube	0.583** (0.283)	1.050** (0.416)	0.696** (0.306)
She does not usually listen to flamenco	1.122 (-1.472)	2.144 (-4.061)	1.242 (-1.592)
<i>Reference: she developed by herself her taste for flamenco</i>			
Her family made her develop her taste for flamenco	-0.113 (0.179)	-0.277 (0.243)	-0.150 (0.193)
Her friends made her develop her taste for flamenco	-0.0859 (0.245)	-0.116 (0.331)	-0.127 (0.264)
Her couple made her develop her taste for flamenco	0.806* (0.459)	1.557** (0.749)	0.807 (0.497)
She did not develop a taste for flamenco	-1.290** (0.502)	-16.71 (-1.005)	-1.233** (0.543)
<i>Reference: she has not attended presentations on other musical genres</i>			
She has attended presentations on other musical genres	0.684*** (0.165)	0.852*** (0.241)	0.749*** (0.179)
<i>Reference: she does not agree with the public financing of flamenco</i>			
She agrees with the public financing of flamenco	0.485 (0.306)	0.668 (0.454)	0.493 (0.331)
She values the melody of the piece	-0.0198 (0.0991)	-0.0425 (0.144)	-0.0280 (0.107)
She values the rhythm of the piece	0.0411 (0.0873)	0.0584 (0.126)	0.0564 (0.0944)
She values the lyrics of the piece	-0.0466 (0.0603)	-0.0961 (0.0865)	-0.0641 (0.0653)
She values knowing the author of the piece	-0.0135 (-0.0377)	-0.0147 (-0.0524)	-0.0115 (-0.0408)
She considers the performer of the work to be essential	0.180*** (0.0694)	0.251** (0.0980)	0.205*** (0.0751)
She values that the work is on trend	-0.0192 (0.0528)	-0.0470 (0.0736)	-0.0120 (0.0571)
She values the theater where the work is held	-0.0153 (0.0572)	0.0137 (0.0803)	-0.0166 (0.0619)
She values the awards the work has	0.0285 (0.0564)	0.0521 (0.0804)	0.0327 (0.0610)
She values the sale of tickets and has recognition	-0.0489 (0.0514)	-0.0721 (0.0724)	-0.0576 (0.0556)

Standard errors in parentheses.
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1
Source of the application: Excel 2013
Source: Own elaboration.

Firstly, from a methodological perspective, it is important to highlight that the coefficients and their importance endorse the hypothesis proposed by Ferrer-i-Carbonell & Fritjers (2004) of equivalence between linear models and discrete choice models, as well as the robustness of the results. Furthermore, as we have seen in Table 1, the values of the dependent variable range from 1 to 5 with a mean of 3.12, having some coefficients a relevant effect on that variable.

Concerning the groups of variables, the sociodemographic ones deserve special attention. Gender is not significant, while the educational level and age indeed are. Regarding the age, the interviewed people whose ages range from 30 to 39 years old, as well as those from 50 to 59 years old, attend less often to flamenco live shows in a significant way. With respect to educational level, it is shown that the higher the level, the lesser frequency of attendance.

Those variables related to the flamenco cultural capital of the individual show us that the time consuming flamenco and the number of albums acquired, produce positive effects on the frequency of attendance. On the other hand, the means by which flamenco is usually listened to are profiled as a relevant variable, given that those who listen to flamenco in the above said ways increase their frequency of attendance in a significant way, in comparison to those who listen to flamenco via radio or TV.

Lastly, variables related to the valuing of the flamenco work are the ones that throw the most interesting coefficients regarding the frequency of attendance. Of all the factors considered, the only one that significantly increases that frequency is the consideration of the performer to be an essential figure in the work. While the figure of the author, the structural elements of the flamenco work, the theater where it is held or the recognition of the work by means of awards, tickets selling or experts' critics do not have a significant impact on the frequency.

7. Discussion of the results.

Taking into consideration the results of the model, there are some variables such as the time spent listening to flamenco or the number of album acquired show intuitive results (Icazuriaga, Cuadrado & Miquel, 2016), in other cases the explanation turns out to be needed.

Concerning the sociodemographic variables, the effects of the age and the educational level of the individual are especially interesting. In the different age ranges shown, it is observed that in the 30-39 range, and in the 50-59 range, the attendance to the flamenco shows is significantly lower. In the survey, they were asked about the reasons why they did not attend (Aguado & Palma, 2015), whose answers are shown in Table 3.

We can observe that the main reason for the non-attendance is, for all the age ranges, the "lack of time", aggravated in the range holding 40 to 59 years, ages in which usually family and job responsibilities are more than in other ranges. In the range holding 30 to 39 years, the most important reasons (as well as the "lack of time") are the "lack of money" and the "ignorance on the existence of shows". Regarding the "lack of money", it may find its explanation, on the one hand, in the actual situation of the labour market (Bande & Karanassou, 2013; Sala & Trivin, 2014; Rebollo-Sanz & García-Pérez, 2015; Jiménez-Martín et al., 2019) and, on the other hand, in the fact that, in an average way, in these age ranges a family starts to be formed and important expenses related to this start to appear (Han, Huang & Garfinkel, 2003; Hill, 2005).

As regards to the "ignorance on existence of shows", it is a problem of uninformed people, as there are accessible means in order to give disclosure to live shows: Flama, La Guía del

flamenco is an example of this. It would be necessary to question why this happens. At a first glance, in the research, it was thought that it happened because of a lack of interest, but as it can be observed in Table 3, the rates of disinterest towards flamenco are low in every age range.

Table 3. Reasons for the non-attendance by age ranges.

	<30 y. o.	30-39 y. o.	40-49 y. o.	50-59 y. o.	>60 y. o.
Lack of money	13.41%	14.73%	6.25%	6.60%	5.80%
Distance of the show	8.54%	12.40%	8.93%	12.26%	27.54%
Absence of shows	12.80%	13.95%	20.54%	15.09%	15.94%
Lack of time	25.00%	29.46%	47.32%	42.45%	36.23%
Ignorance of existence of shows	29.88%	22.48%	11.61%	17.92%	13.04%
Lack of interest about flamenco	10.37%	6.98%	5.36%	5.66%	1.45%

Source of the application: Excel 2013.

Source: Own elaboration.

Concerning the educational level, we can observe in the model how there is a negative effect on the frequency of attendance, therefore, that the higher educational level of the individual, she attends less to flamenco live shows. Taking primary education as a reference, the negative coefficient linked to higher education level is higher and more significant. This is enforced by the study made by De Sancha-Navarro et al. (2019) where it reflects the fact that “the 43% of the student body of the University of Seville has never attended to a live flamenco shows”. It is especially striking that university students in the city of Seville have not attended any show. Seville is considered one of the most important cities worldwide in the flamenco offer (Palma et al., 2017), and has one of the most important international festivals, the “Bienal de Flamenco de Sevilla”, held in biannual in the month of September.

Attending to the negative effect that the educational level has on attendance and the reasons for the non-attendance in the age ranges, it should be questioned the role of flamenco in the educational institutions (schools, high schools, universities and conservatoires), and in which way it should be promoted so that the information concerning flamenco live shows reach the “<30 to 39” age ranges (Dimoulas et al., 2014; Cuenca, 2016).

One of the most important contributions to the investigation is the analysis of the effect of the way of listening to music has on the frequency of attendance to flamenco live shows (Miquel-Romero & Montoro-Pons, 2017). It has been shown that all the proposed ways increase the frequency of attendance in a significant way in comparison to those who listen to flamenco on the radio or TV. This is due to the fact that the rest of ways implicitly involve the aim of listening to flamenco, while those who listen to it on the radio or TV may have done it by chance. That way shows the higher coefficient is the “via Streaming” one, given that it is a very specific way that entails looking for information about the event and searching the broadcast.

YouTube should also be highlighted, data shows that it is the most often used way for the 31.83% of the surveyed people (in appendix II, the data in percentages of the media that are normally used by the surveyed flamenco consumer is presented). YouTube is a free platform that brings flamenco closer to their consumers (Bükner & Lange, 2017). It has been used to spread the works of artists such as Enrique Morente, Cigala or Niña Pastori, among others.

In the same way, the origin of the taste for flamenco throws interesting results. Regarding those who developed the taste by themselves (Hallmann et al., 2017), only those whose taste has its origin in their couple throw a significant -and positive- result (Lazzaro & Frateschi, 2017). The explanation to this can be because flamenco is a common hobby for the couple and, therefore, it can be a recurrent plan.

Concerning the variables that are characteristic of the individual's behavior, it has been identified that those individuals that attend live shows concerning other music genres also attend more often the flamenco ones. This can be related to the "cultural omnivores" idea (Peterson, 1992; Noya, 1998; Ariño, 2007; Warde, Wright & Gayo-Cal, 2007). In this case, according to the categories made by Peterson and Kern (1996), there can be two types of cultural omnivores: the highbrow omnivores and the low omnivores. The first ones have tastes that range from the highest culture to the popular culture, while the second ones, despite having a wide range of tastes, often consume cultural assets related to popular culture (Prieto & Fernández, 2000; Fernández-Rodríguez & Heikkilä, 2011).

Lastly, from all the elements that may have an effect on the creation of the work, the only significant one in a positive way on the frequency of attendance is the consideration of the performer to be essential to the work.

The importance that the performer has on flamenco can be observed in the following assertion valued by flamenco consumers: *"Please, denote the level of agreement/disagreement [from 1 to 7, being 1 "totally disagree" and 7 "totally agree"] according to the following assertion: when you attend a flamenco live show, the decision is made according to the performer that will perform"*. In the interpretation of the data, those individuals who valued from 1 to 3 were considered to "totally disagree", "indifferent" with a 4 and "totally agree" those who valued from 5 to 7. We can observe how 84.58% of the consumers agree with the given assertion.

With all this, it is empirically shown how the key figure, both in the valuation of the flamenco work (Heredia-Carroza et al., Forthcoming) and in the attendance frequency to live flamenco shows, is the performer (Throsby, 1983). Nevertheless, such importance has neither a retribution (Pitt, 2010; Meiseberg, 2014) nor protection, according to its importance by part of the main instrument given by the market: Copyright (de Román, 2003; Towse, 2007; Heredia-Carroza, Palma & Aguado, 2017). According to Heredia-Carroza et al. (2019c):

Flamenco is a shared practice, which, besides all creative agents, needs active listening, a sense of community, and a history. Due to its oral and performance traditions, these aspects are reflected mainly in the externalization of the work. For these reasons, improvement of the performer's situation in legal and economic terms would encourage creative freedom and would enrich the flamenco culture. It would allow the existence of works with many performers. The creation process of given works would have a common segment -the composition by the author- and a differentiated one -the externalization carried out by the performers. (p.355)

8. Conclusions.

In this article, we analyze the determinants for the frequency of attendance to flamenco live shows. The first contribution of the study has been its empirical strategy: firstly, we study on existing literature about cultural participation and cultural economics; secondly, we continue with several interviews to flamenco and the Spanish music industry experts, and finally, we build a unique database *ad hoc* through 580 surveys made to people that consider themselves to be "consumers of flamenco".

On the other hand, the estimation of the econometric model has allowed to determine that the sociodemographic variables, age and educational level, have a significant relation; the flamenco cultural capital of the individual has a positive and significant effect, and the performer

is the only aspect of the flamenco work that has a significant and positive effect on the frequency of attendance.

From the results obtained, there are some ideas that can be detached for future cultural politics. Specifically, in Andalusia, the Consejo de la Agencia de la Defensa de la Competencia de Andalucía in 2017 uttered about the need for a change in flamenco policies, as it identified that the problem of non-attendance or the lower frequency of attendance was not due to the nonexistence of shows (Palma et al., 2017), but because of the lack of demand policies (Report N 4/2017 on the draft order establishing the regulatory bases for awarding grants, under competitive conditions, for the promotion of the professional environment of flamenco in Andalusia). In this sense, it would also be necessary to question which role has flamenco in the educational institutions, in order to create a knowledge base about it that could be developed as a hobby in the future.

Finally, in relation to the studies carried out by Heredia-Carroza, Palma & Aguado (2017) it can be observed how the figure of the performer in flamenco is fundamental. Both in terms of cultural level given to the flamenco work and the effect that influences the frequency of attendance to flamenco live shows by the consumers.

Acknowledgments.

The authors are grateful to Ms. Laura Llamas and MSc. Laura Díaz for many helpful discussions and comments, as well as to all the interviewed experts, the organizations, which disclosed the survey: *Flama. La guía del Flamenco*, *Centro Andaluz de Documentación del Flamenco* and the website *Promocionmusical.com*, and finally to the people who took the survey.

Ethical statement.

This article meets the requirements of compliance with Ethical Standards. The authors reported no potential conflict of interest. All the interviewed experts have signed an informed consent.

References

- Agencia de la Defensa de la Competencia de Andalucía (2017). *Informe N4/2017 sobre el proyecto de orden por la que se establecen las bases reguladoras de concesión de subvenciones en régimen de concurrencia competitiva, para la promoción del tejido profesional del flamenco en Andalucía*. Retrieved from: <http://www.juntadeandalucia.es/defensacompetencia/sites/all/themes/competencia/files/pdfs/Informe%20N%2004%202017.pdf>.
- Aguado, L.F., & Palma, L. (2015). Factores que limitan la participación cultural. Una mirada desde la economía de la cultura [Factors that limit cultural participation. A look from the economy of culture]. *Revista de Ciencias Sociales*, 21(1), 58-71.
- Andrade, D.L. (2016). *Determinantes de la asistencia a museos en Colombia. Una perspectiva desde la Economía de la Cultura* [Determinants of assistance to museums in Colombia. A perspective from the Economy of Culture]. Dissertation. Universidad de Sevilla.
- Aoyama, Y. (2007). The role of consumption and globalization in a cultural industry: The Case of Flamenco. *Geoforum*, 38(1), 103-113. DOI: 10.1016/j.geoforum.2006.07.004.

- Arboleda, A.M., & González, J.F. (2016). Creating a competitive advantage: the exoticism of tango and salsa from Cali, Colombia. *International Journal of Arts Management*, 19(1), 42-53.
- Ariño, A. (2007). Música, democratización y omnivoridad [Music, democratization and omnivority]. *Política y Sociedad*, 44 (3), 131-150.
- Ateca-Amestoy, V. (2008). Determining heterogeneous behavior for theater attendance. *Journal of Cultural Economics*, 32(2), 127-151. DOI: 10.1007/s10824-008-9065-z.
- Ateca-Amestoy, V. (2009). El capital humano como determinante del consumo cultural [Human capital as a determinant of cultural consumption]. *Estudios de Economía Aplicada*, 27(1), 89-112.
- Aoyama, Y. (2009). Artist, Tourists, and the State: Cultural Tourism and the Flamenco Industry in Andalusia, Spain. *International Journal of Urban and Regional Research*, 33(1), 80-104. DOI: 10.1111/j.1468-2427.2009.00846.x.
- Au, W. T., Ho, G., & Chan, K.W.C. (2016). An Empirical Investigation of the Arts Audience Experience Index. *Empirical Studies of the Arts*, 35(1), 27-46. DOI: 10.1177/0276237415625259.
- Bande, R., & Karanassou, M. (2013). The natural rate of unemployment hypothesis and the evolution of regional disparities in Spanish unemployment. *Urban Studies*. 50(10), 2044-2062. DOI: 10.1177/0042098013477695.
- Bermúdez, J.A., Medina, L.M., & Aguado, L.F. (2016). La decisión de escuchar música grabada en Colombia. Un enfoque microeconómico [The decision to listen to recorded music in Colombia. A microeconomic approach.]. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, 21, 21-38.
- Borowiecki, K.J., & Marvao, C. (2017). May I have this dance? Dance participation and attendance in Denmark. *Cultural Trends*, 26(2), 155-167. DOI: 10.1080/09548963.2017.1323849.
- Borra, C., & Gómez, F. (2012). Satisfacción laboral y salario: ¿compensa la renta laboral las condiciones no monetarias del trabajo? [Labor satisfaction and salary: does labor income compensate for non-monetary conditions of work?] *Revista de Economía Aplicada*, 20 (60), 25-51.
- Bourdieu, P. (1984). *Distinction*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Bürkner, H.J., & Lange, B. (2017). Sonic capital and independent urban music production: Analysing value creation and 'trial and error' in the digital age. *City, Culture and Society*, 10, 33-40. DOI: 10.1016/j.ccs.2017.04.002.
- Chan, M.K., Au, W.T., Ying, C. (2016). Developing Validating a Theater Experience Scale. *Empirical Studies of the Arts*, 35(2), 169-193. DOI: 10.1177/0276237416662737.
- Choi, A.S., Papandrea, F., & Bennett, J. (2007). Assessing cultural values: developing an attitudinal scale. *Journal of Cultural Economics*, 31(4), 311-335. DOI: 10.1007/s10824-007-9045-8.

- Cruces, C. (2001). *El flamenco como Patrimonio. Anotaciones a la Declaración de la voz de la Niña de los Peines como bien de interés cultural*. Sevilla: Bienal de Arte Flamenco.
- Cuenca, M. (2016). Development of young opera Audiences. Reflections on the role of the artistic program. *Cuadernos de Gestión*, 17(1), 125-146. DOI: 10.5295/cdg.140492mc.
- De Román, R. (2003) *Obras musicales, compositores, intérpretes y nuevas tecnologías* [Musical works, composers, performers and new technologies]. Madrid: REUS.
- De Sancha-Navarro, J.M., Palma, L., Oliver-Alfonso M.D. (2019). Explanatory factors of university student participation in flamenco. *Economics & Sociology*, 12(4): 130-148. DOI:10.14254/2071-789X.2019/12-4/8.
- Dimoulas, C.A., Kalliris, G.M., Chatzara, E.G., Tsiapas, N.K., & Papanikolaou, G.V. (2014). Audiovisual production, restoration-archiving and content management methods to preserve local tradition and folkloric heritage. *Journal of Cultural Heritage*, 15(3), 234-241.
- Di Tella, R., MacCulloch, R.J., & Oswald, A.J. (2001). Preferences over inflation and unemployment: evidence from surveys of happiness. *The American Economic Review*, 91 (1), 335-341.
- Falk, M., & Katz-Guerro, T. (2016). Cultural participation in Europe: Can we identify common determinants? *Journal of Cultural Economics*, 40(2), 127-162. DOI: 10.1007/s10824-015-9242-9.
- Fernández, C.J., & Heikkilä, R. (2011). El debate sobre el omnivorismo cultural. Una aproximación a nuevas tendencias en sociología del consumo [The debate on cultural omnivorism. An approach to new trends in consumer sociology]. *Revista Internacional de Sociología (RIS)*, 69 (3), 585-606. DOI: 10.3989/ris.2010.04.15.
- Ferrer-i-Carbonell, A., & Frijters, P. (2004). How important is methodology for the estimates of the determinants of happiness. *Economic Journal*, 114, 641-659.
- Guccio, C., Lisi, D., Martorana, M., & Mignosa, A. (2017). On the role of cultural participation in tourism destination performance: an assessment using robust conditional efficiency approach. *Journal of Cultural Economics*, 41(2), 129-154. DOI: 10.1007/s10824-017-9295-z.
- Hadida, A.L. (2010). Commercial Success and Artistic Recognition of Motion Picture Projects. *Journal of Cultural Economics*, 34(1), 45-80. DOI: 10.1007/s10824-009-9109-z.
- Hallmann, K., Muñoz, C., Breuer, C., Dallmeyer, S., & Metz, M. (2017). Leisure participation: modelling the decision to engage in sports and culture. *Journal of Cultural Economics*, 41(4), 467-487.
- Han, W., Huang, C., & Garfinkel, I. (2003). The importance of family structure and family income on family's educational expenditure and children's college attendance. *Journal of Family Issues*, 24(6), 753-786. DOI: 10.1177/0192513X03254518.

- Helliwell, J.F., & Huang, H. (2008). *How's your government? International evidence linking good government and Well-Being*. Cambridge University Press. DOI: 10.1017/S0007123042000306.
- Heredia-Carroza, J., Palma Martos, L., & Aguado, L.F. (2017). Originalidad Subjetiva y Copyright. El caso del flamenco en España [Creative Substance and Copyright. The case of flamenco in Spain]. *Revista Andaluza de Ciencias Sociales*, 16, 175-194. DOI: 10.12795/anduli.2017.i16.10.
- Heredia-Carroza, J., Pulido, N., & Palma, L. (July, 2017). Where does the creativity reside in Europe? An analysis of the determinants of the clustering of the European regions. *XXXI Congreso Internacional de Economía Aplicada*. Lisboa, Portugal.
- Heredia-Carroza, J., Palma, L. & Aguado, L. F. (2019a). Song, performance and authorship: The case of flamenco in Spain. *Trames. A Journal of the Humanities and Social Sciences*, 23 (1), 3-14. DOI: 10.3176/tr.2019.1.01.
- Heredia-Carroza, J., Palma, L., & Aguado, L. F., (2019b). Flamenco y Derechos de Autor. El caso de Camarón de la Isla. *Arbor*, 195(791), a496. DOI: 10.3989/arbor.2019.791n1009.
- Heredia-Carroza, J., Palma, L., & Aguado, L.F., (2019c). Why Does Copyright Ignore Performers? The Case of Flamenco in Spain. *The Journal of Arts Management, Law and Society*, 49(5), 347-364. DOI: 10.1080/10632921.2019.1646682.
- Heredia-Carroza, J. (2019). Flamenco Performer's Perceived Value: Development of a Measurement Index. *Scientific Annals of Economics and Business*. DOI: 10.2478/saeb-2019-0017.
- Heredia-Carroza, J., Palma, L., & Aguado, L.F. (Forthcoming). How to measure Intangible Cultural Heritage Value? The case of flamenco in Spain. *Empirical Studies of the Arts*.
- Hernando, E., & Campo, S. (2017). Does the Artist's Name Influence the Perceived Value of an Art Work? *International Journal of Arts Management*, 19(2), 49-58.
- Hill, E.J. (2005). Work-Family facilitation and conflict, working fathers and mothers. Work-Family stressors and support. *Journal of Family Issues*, 26(6), 793-819. DOI: 10.1177/0192513X05277542.
- Holbrook, M.B., & Hirschman, E. (1982). The experiential aspects of consumption: consumption fantasies, feelings and fun. *Journal of Consumer Research*, 9, 132-140.
- Holbrook, M.B. (1999). *Consumer value: a framework for analysis and research*. Interpretative market research series. London and New York: Routledge.
- Icazuriaga, J., Cuadrado, M., & Miquel, M.J. (2016, September). Analysing Perceived Value, Satisfaction and Purchase Intention in the Music Industry. *7th Vienna Music Business Research Days*, Viena, Austria.
- Infante, B. (1980). *Orígenes de lo Flamenco y Secreto del Cante Jondo* [Origins of flamenco and secret of cante jondo]. Sevilla: Junta de Andalucía, Consejería de Cultura.

- Jiménez-Martín, S., Juanmarti, A., & Vall, J. (2019). Great Recession and sibability insurance in Spain. *Empirical Economics*, 56(5), 1623-1645. DOI: 10.1007/s00181-017-1396-1.
- Klamer, A. (2003). A Pragmatic View on Values in Economics. *Journal of Economic Methodology*, 10(2), 1-24. DOI: 10.1080/1350178032000071075.
- Lazzaro, E., & Frateschi, C. (2017). Couples' arts participation: assessing individual and joint time use. *Journal of Cultural Economics*, 41, 47-69. DOI: 10.1007/s10824-015-9264-3.
- Leguina, A., & Miles, A. (2017). Fields of participation and lifestyle in England: revealing the regional dimension from a reanalysis of the taking part survey using multiple factor analysis. *Cultural Trends*, 26(1), 4-17. DOI: 10.1080/09548963.2017.1274356.
- Levinson, J. (2015). *Musical Concerns, Essays in Philosophy of Music*. Oxford: Oxford University Press.
- Levy-Garboua, L., & Montmarquette, C. (1996). A microeconomic study of theatre demand. *Journal of Cultural Economics*, 20, 25-50.
- Lundy, D. E. & Smith, J. L. (2016). It's tough to be a Critic: Professional vs. Non-professional Music Judgment. *Empirical Studies of the Arts*, 35(2), 139-168. DOI: 10.1177/0276237416661989.
- Malthouse, E.C., & Calder, B.J., (2002). Measuring Newspaper Readership: a qualitative variable approach. *The International Journal on Media Management*, 4(4), 248-260.
- Manuel, P. (2010). Composition, Authorship and Ownership in Flamenco, Past and Present. *Ethnomusicology*, 54 (1), 106-135.
- Meiseberg, B. (2014). Trust the artist versus trust the tale: performance implications of talent and self-marketing in folk music. *Journal of Cultural Economics*, 38(1), 9-42. DOI: 10.1007/s10824-012-9196-0.
- Michael, R., & Becker, G.S. (1973). On the new theory of consumer behavior. *Swedish Journal of Economics*, 75(4), 378-396.
- Montoro-Pons, J.D., & Cuadrado-García, M. (2011). Live and prerecorded popular music consumption. *Journal of Cultural Economics*, 35(1), 19-48. DOI: 10.1007/s10824-010-9130-2.
- Noya, F.J. (1998). Omnívoros sociables: consumo y capital relacional en España [Sociable omnivores: consumption and relational capital in Spain]. *Sociológica: Revista de pensamiento social*, 3, 69-92.
- Palma, L., & Aguado, L. F. (2011). ¿Debe el Estado financiar las artes y la cultura? Revisión de literatura. [Should the State finance the arts and culture? And literatura review] *Economía E Sociedade*, 20(1), 195-228. DOI:10.1590/S0104-06182011000100008.
- Palma, M.L., Palma, L., & Aguado, L. (2013). Determinants of cultural and popular celebration attendace: the case study of Seville Spring Fiestas. *Journal of Cultural Economics*, 37, 87-107.

- Palma, L., Palma, M.L., Rodríguez, A., Martín, J.L., & Cascajo, I. (2017). Live flamenco in Spain: a dynamic analysis of supply, with managerial implications. *International Journal of Arts Management*, 19(3), 1-14.
- Peterson, R.A. (1992). Understanding Audience Segmentation: From Elite and Mass to Omnivore and Univore. *Poetics*, 21(4), 243-258.
- Peterson, R.A., & Kern, R.M. (1996). Changing Highbrow Taste: From Snob to Omnivore. *American Sociological Review*, 61(5), 900-909.
- Pitt, I.L. (2010). Superstars effects on royalty income in a performing rights organization. *Journal of Cultural Economics*, 34(3), 219-236. DOI: 10.1007/s10824-010-9123-1.
- Prieto, J., & Fernández, V. (2000). Are Popular and Classical Music Listeners the Same People? *Journal of Cultural Economics*, 24, 147-164. DOI: 10.1023/A:1007620605785.
- Rebollo-Sanz, Y., & García-Pérez, J.I. (2015). Are unemployment benefits harmful to the stability of working careers? The case of Spain. *SERIEs*, 6(1), 1-41. DOI: 10.1007/s13209-014-0120-z.
- Romero, J. (1996). *La otra historia del flamenco* [The other history of flamenco]. Sevilla: Junta de Andalucía.
- Rosón, T. (2010). El *Flamenco* como obra musical, coreográfica y escénica. Las obras originales y derivadas: versiones, arreglos y utilización de las obras [Flamenco as a musical, choreographic and scenic work. The original and derivative works: versions, arrangements and use of the works]. In: Castilla, M. (Ed.), *El Flamenco y los Derechos de Autor*, 23-38. Madrid: REUS, 2010:23-38.
- Sala, H., & Trivin, P. (2014). Labour market dynamics in Spanish regions: evaluating asymmetries in troublesome times. *SERIEs*, 5(2-3), 197-221. DOI: 10.1007/s13209-014-0106-x.
- Steingress, G. (2007). *Flamenco postmoderno: entre tradición y heterodoxia: un diagnóstico sociomusicológico (escritos 1989-2006)* [Postmodern flamenco: between tradition and heterodoxy: a sociomusical diagnosis (writings 1989-2006)]. Signatura, Sevilla.
- Throsby, D. (1983). Perception of quality in demand for the theatre. In: Hendon, W., & Shanahan, J., *Economics of cultural decisions*. Cambridge: Abt Books.
- Towse, R. (2007). *The Singer or the Song? Developments in Performers' Rights from the Perspective of a Cultural Economist*. Erasmus University Rotterdam.
- Warde, A., Wright, D., & Gayo-Cal, M. (2007). Understanding Cultural Omnivorousness: Or, the Myth of the Cultural Omnivore. *Cultural Sociology*, 1(2), 143-164.
- Werck, K., & Heyndels, B. (2007). Programmatic choices and the demand for theatre: The case of Flemish theatres. *Journal of Cultural Economics*, 31, 25-41.
- Withers, G. (1980). Unbalanced growth and the demand for performing arts: An econometric analysis. *Southern Economic Journal*, 46(3), 735-742.

- Zanola (2010). Major influences on circus attendance. *Empirical Economics*, 38(1), 159-170.
DOI: 10.1007/s00181-009-0260-3.
- Zieba, M., & O'Hagan, H. (2010) Output Characteristics and Other Determinants of Theatre Attendance: An Econometric Analysis of German Data (2010), *Applied Economics Quarterly*, 56(2), 147-174.

Appendix I. Panel of interviewed experts.

PERFORMERS AND AUTHORS¹	José Mercé	Award Masters of Mediterranean Music from the Mediterranean Music Insitute (MMI) of Berklee College of Music. Medalla de Andalucía ² 2010. 1 Double Platinum Record, 2 Platinum records and 2 Golden records.
	Tomatito	Medalla de Oro al Mérito en las Bellas Artes ³ 2016. Winner of 6 Latin Grammy.
	Marina Heredia	Giraldillo ⁴ for cante 2016. Award Mejor disco de Cante Flamenco 2010, by the Crítica Nacional de Flamenco.
	Paco Cepero	Medalla de Oro al Mérito en las Bellas Artes 2003.
	Rocío Márquez	Winner of the Lámpara Minera ⁵ in 2008 and of the Giraldillo for innovation 2016.
	Barullo	Winner of the Concurso Nacional de Córdoba ⁶ 2016. Baile Category.
POLITICIAN AND RESEARCHER	Dr. Juan Manuel Suárez Japón	Culture and Environment Counselor of the Junta de Andalucía in 1990-1994. Professor of Human Goegraphy at the Universidad Pablo de Olavide.
REPRESENTATIVES SGAE⁷	D. Javier Losada Calvo	Vice president of Pequeño Derecho of SGAE. Member of the Consejo de Administración of the AIE (1999-2012).
	D. José Manuel Gamboa	Spanish journalist, writer and musical producer, specialized in Flamenco. Currently, is the technical music analyst in the Flamenco specialty and a member of the academic group of the Cátedra de Flamencología de Jerez de la Frontera.
REPRESENTATIVES AIE⁸	D. Álvaro Hernández-Pizón	Director of legal Consultancy and Collection Strategy.
	D. Pedro Rivas Prieto	Attorney of AIE.
CULTURAL MANAGERS	D. Cristóbal Ortega Martos	Artistic director of the Bienal de Sevilla ⁹ since 2014.
	Dña. Isamay Benavente Ferrera	Artistic director of the Festival de Jerez de la Frontera ¹⁰ .
	D. Manuel Herrera Rodas	Artistic director of the Jueves flamencos organized by the Fundación Cajasol ¹¹ and member of the Consejo Asesor de la Bienal de Sevilla. He was also the artistic director of the Bienal de Sevilla in 1997-2006.
CENTRO ANDALUZ DE DOCUMENTACIÓN DEL FLAMENCO (CADF)¹²	Dra. Ana María Tenorio Notario	Manager of the CADF documentation department

Notes:

¹ All of them are performers and composers of many of the works they participate in.

² Honorary title created by the Junta de Andalucía in 1985, whose purpose is to recognize “the exceptional or extraordinary actions, services and merits carried out in times of peace by Andalusian, Spanish or foreign citizens, groups or organizations” that represent “the exercise of individual or collective virtues that refer to solidarity and work in favor of the rest of citizens”. This is regulated by the Decree 117/85 of June 5th.

³ It is a medal that the Ministry of Culture of Spain awards to the people or institutions that stand out in the literary, dramatic, musical, choreographic and interpretative fields.

⁴ Recognition awarded by the Flamenco Bienal de Sevilla.

⁵ Recognition awarded by the Festival Internacional del Cante de las Minas, celebrated every year in the municipality of La Unión (in the Region of Murcia).

⁶ Recognition awarded by the Concurso Nacional de Arte Flamenco de Córdoba, triennial contest celebrated in Córdoba (Spain) since 1956.

⁷ Sociedad General de Autores y Editores de España. For more information: <http://www.sgae.es/es-ES/SitePages/index.aspx>

⁸ Sociedad de Artistas, Intérpretes o Ejecutantes de España. For more information: <https://www.aie.es/>

⁹ The Bienal is the great international event in the world of flamenco. It is celebrated every two years in Sevilla, where amateurs and professionals of the sector from around the world meet. For more information: labienal.com.

¹⁰ Jerez de la Frontera is considered as one of the most important geographic places by the flamenco experts. The city has a well-defined style and idiosyncrasy, being its Festival one of the most important offered by the market. For more information: http://www.jerez.es/webs_municipales/festival_jerez/

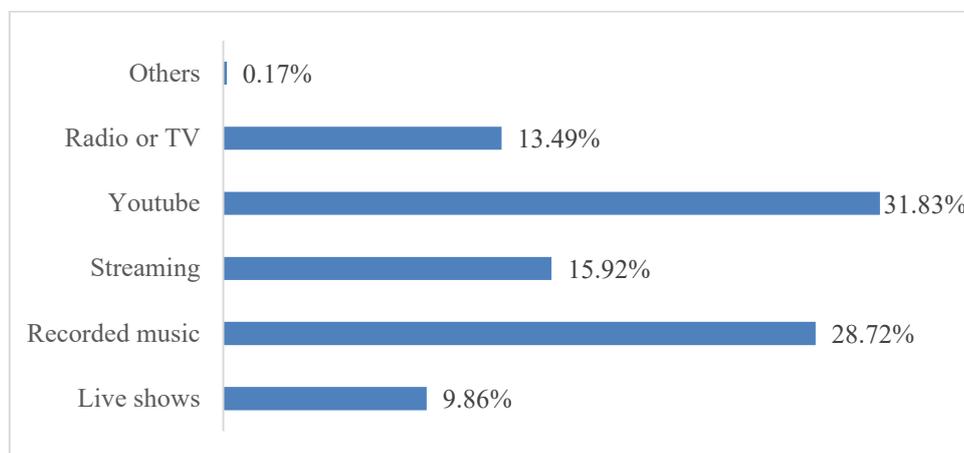
¹¹ Cycle of concerts and recitals of Flamenco organized by the Fundación Cajasol. For more information: <https://fundacioncajasol.com/tag/jueves-flamencos/>

¹² Created in 1987 for the conservation of Flamenco by means of an important work of recovery, cataloging and diffusion of the Andalusian cultural heritage. For more information: <http://www.juntadeandalucia.es/cultura/centroandaluzflamenco/>

Appendix II. Means used to listen to flamenco music.

The question asked in the survey was: *The mean you normally use to listen to flamenco is:*

Figure 1. Percentage of means used to listen to flamenco.



Source: Own elaboration.



Análisis empírico de correlación entre el indicador de estructura de capital y el indicador de margen de utilidad neta en pequeñas y medianas empresas

BARRERA LIEVANO, JHONY ALEXANDER

Programa de Especialización en Gerencia de Proyectos

Facultad de Ciencias Empresariales de Uniminuto Virtual y Distancia (Colombia)

Correo electrónico: jobarrera@uniminuto.edu

PARADA FONSECA, SANDRA PATRICIA

Programa de Especialización en Gerencia de Proyectos

Facultad de Ciencias Empresariales de Uniminuto Virtual y Distancia (Colombia)

Correo electrónico: sparada@uniminuto.edu

SERRANO SERRATO, LEIDY VIVIANA

Programa de Administración Financiera

Facultad de Ciencias Empresariales de Uniminuto Virtual y Distancia (Colombia)

Correo electrónico: leydi.serrano@uniminuto.edu

RESUMEN

La presente investigación aborda los resultados financieros del año 2017 de 2.622 empresas de una ciudad capital de América Latina con los que se calculan los indicadores financieros de Estructura de capital y Margen de utilidad neta. Se plantea como objetivo central determinar si existe o no una relación directa y significativa entre los indicadores financieros mencionados a través del cálculo del coeficiente de correlación de Pearson. Se aplica una metodología cuantitativa, de tipo explicativa, que procura identificar patrones en los resultados financieros analizados que den luz de la existencia de una estructura de capital general óptima (relación entre el pasivo y el patrimonio). Como conclusión general se obtiene que, con los datos analizados, no se evidencia que exista una relación directa y significativa entre los indicadores trabajados. Queda como futuros temas de investigación realizar el mismo proceso, pero por sectores económicos y/o por tamaño de empresa.

Palabras clave: empresa, financiación, correlación.

Clasificación JEL: G32.

MSC2010: 62J10.

Empirical analysis of correlation between Debt/Equity (D/E) Ratio and the Net profit margin ratio in Small and Medium Enterprises

ABSTRACT

This research approach the financial results of the year 2017 of 2,622 companies of a capital city from Latin America with these the financial indicators of Capital structure and Net profit margin are calculated. The main objective is to determine whether there is a direct and significant relationship between the aforementioned financial indicators through the calculation of the Pearson correlation coefficient. A quantitative methodology is applied, of explanatory type, which seeks to identify patterns in the analyzed financial results that give light of the existence of an optimal general capital structure (relationship between the liability and equity). As a general conclusion, it is obtained that, with the data analyzed, there is no evidence that there is a direct and significant relationship between the indicators worked on. It remains as future research topics to carry out the same process, but by economic sectors and / or by company size.

Keywords: company, financing, correlation.

JEL classification: G32.

MSC2010: 62J10.



1. Introducción.

La estructura de financiación de la empresa ha sido un tema tratado ampliamente, que ha traído consigo el establecimiento de teorías, traducidas en modelos, sobre cómo debe configurarse, para mejorar, o explicar, los resultados financieros del ente económico, entre los que se encuentran: “Estructura de financiación”, “Teoría del equilibrio estático”, y la “Teoría de la jerarquía financiera”. La distribución ideal de la relación deuda / patrimonio y su impacto en los resultados financieros trae consigo varias incógnitas en las que se debe reflexionar, entre otras: ¿Existe una relación directa y significativa, entre la estructura de capital de la empresa respecto al resultado financiero del ejercicio de éstas? El identificar un patrón de relación puede llevar a pensar en que hay la posibilidad de que exista una relación ideal en los componentes de financiación de la empresa (pasivo y patrimonio), de su estructura económica, lo que se traduce en el total activo.

Como objetivo general del estudio se establece determinar si existe o no una relación directa y significativa, entre la estructura de capital de la empresa respecto al resultado financiero del ejercicio de éstas. Para abordar esta pregunta, amplia en su alcance, se propone trabajar con la información financiera de las Pequeñas y Medianas empresas (PYME) de la localidad de Engativá (Bogotá DC, Colombia) que renovaron matrícula mercantil ante la Cámara de Comercio de Bogotá para el año 2018, lo cual garantiza que hayan suministrado la información financiera del año 2017, y delimita la población objeto de estudio.

Para esto, se acudió a la Cámara de Comercio de Bogotá, entidad que centraliza la información de la mayor cantidad de empresas de la ciudad y que tiene entre sus frentes de acción los registros públicos de: registro mercantil, registro único de proponentes y registro de entidades sin ánimo de lucro (Cámara de Comercio de Bogotá, 2018). La Cámara de Comercio de Bogotá suministró una base de datos con la información total de las PYME de la localidad de Engativá, 2.929 PYME, que presentaron las características descritas previamente. Entre la información que suministra dicha Cámara de Comercio se encuentra el total pasivo de cada PYME, al igual que el patrimonio, las ventas netas y la utilidad o pérdida neta, datos todos para el año 2017. Se parte del supuesto que la información financiera reportada por las empresas a la Cámara de Comercio es verídica y corresponde a la realidad, salvedad que realiza la misma entidad asegurando que no son responsables de la veracidad de la información reportada por los diferentes entes económicos. Se depura la base de datos para trabajar con la información adecuada, lo cual deja hábiles para el estudio 2.622 pequeñas y medianas empresas.

Se seleccionan dos indicadores financieros, uno de “deuda” y otro de “rendimiento”: indicador de Estructura de capital (indicador de deuda), e indicador de Margen de utilidad neta (indicador de rendimiento o rentabilidad). Teniendo en cuenta la información suministrada por la Cámara de Comercio de Bogotá se calculan los resultados de dichos indicadores para cada una de las 2.622 PYME. Se toman dos indicadores que se construyen con estados financieros diferentes, por un lado, el indicador de Estructura de capital se calcula con cuentas del estado financiero de situación financiera, mientras que el indicador de Margen de utilidad neta toma cuentas provenientes del estado financiero de resultados, también llamado estado de pérdidas y ganancias. Esta selección hace que no existan de forma directa resultados secuenciales por operaciones de suma o resta entre cifras del mismo estado financiero entre los dos indicadores.

Finalmente, se determina el coeficiente de correlación de Pearson entre los resultados de las PYME para el periodo descrito, de los dos indicadores financieros definidos, se analizan los datos recolectados y los resultados obtenidos por los procedimientos anteriormente mencionados, se generan conclusiones respecto a lo hallado y se proponen nuevos interrogantes para investigaciones futuras.

2. Revisión literaria.

Teniendo en cuenta la pregunta de investigación planteada en este estudio, y el objetivo principal establecido, se hace necesario entrar a abordar a nivel teórico cuatro ítems fundamentales:

- i) la estructura de financiación de la empresa,
- ii) los indicadores financieros de Estructura de capital y Margen de utilidad neta,
- iii) el coeficiente de correlación de Pearson como herramienta estadística y
- iv) a nivel legal lo que son las pequeñas y medianas empresas en Colombia.

A continuación, se desarrollan, en su orden, cada uno de estos puntos.

2.1. Sobre la estructura de financiación.

Las empresas son vitales para la salud de la economía. Visto desde el circuito económico, las relaciones que generan las empresas con la sociedad, puntualmente con las familias, enmarcan la prestación de servicios y la oferta de bienes, además de la generación de puestos de trabajo (Massad, 2007). Desde la teoría económica, como dice O'Kean (2013), Adam Smith plantea como base del proceso productivo a los medios de producción, a saber, capital, tierra y trabajo. El capital, por su parte, puede venir de varias fuentes, sin embargo, visto desde el estado financiero de situación financiera solo viene de dos fuentes categóricas, ya que "El reconocimiento contable del activo implica también reconocimiento simultáneo de un pasivo, (...) u otro incremento en el patrimonio neto" (Fernández, 2014, p. 63). Desde este punto de partida, la financiación de una empresa puede venir de: pasivos y/o patrimonio.

Las decisiones de financiación de las empresas en general, según se puede apreciar en la literatura existente, se asocian a diferentes factores, entre otros, el tamaño de la empresa (Botello, 2015), los rasgos característicos de las personas que ejercen la gerencia de la empresa (Barton & Gordon, 1987, citados por Pesce et al., 2015) y el impacto de los costos de agencia en la adquisición de deuda (Pesce et al., 2015), sea por costo o por beneficio fiscal de la deuda. Las principales teorías o planteamientos, de mayor reconocimiento, que generaron modelos ampliamente debatidos respecto a la estructura de capital de la empresa son, entre otros planteamientos: Estructura de financiación de la empresa (Modigliani & Miller, 1958) (Modigliani & Miller, 1963), Teoría del Equilibrio Estático (Myers, 1977) y Teoría de la jerarquía financiera (Donaldson, 1961; Myers, 1984; Myers & Majluf, 1984), los cuales se abordan a continuación.

2.1.1. Estructura de financiación

El análisis de la estructura de financiación de la empresa fue abordado inicialmente por Modigliani y Miller (1958) en su documento *The cost of capital, corporation finance and the theory of investment*, en donde plantean un modelo muy limitado, frente a las restricciones planteadas en el mismo, como lo fueron un estado de competencia atomizado, o la facilidad de acceso a los mercados de un grupo de empresas relativamente pequeño, que en palabras de los mismos autores fueron simplificaciones necesarias para abordar su planteamiento del problema en absoluto. Barona-Zuluaga y Rivera-Godoy (2012) frente al modelo planteado por Modigliani y Miller (1958) mencionan que una de las conclusiones que deja el planteamiento teórico es que la estructura de financiación no afecta el valor de la empresa. Frente a su propio modelo, Modigliani y Miller (1963) refutan y corrigen en su artículo *Corporate Income Taxes and the Cost of Capital: A Correction*, los planteamientos matemáticos y supuestos de su modelo, documento en que los autores mencionan en su primer párrafo: "El propósito de esta comunicación es corregir un error en nuestro documento "El costo del capital, el financiamiento de la corporación y la teoría de la inversión" (esta revisión, junio de 1958)" (p.433). La corrección se centró en las fórmulas planteadas por los autores, los supuestos, lo cual llevó a los autores a la estimación de las ventajas fiscales del financiamiento de deuda en el modelo planteado como ellos

mismos lo concluyen. De igual forma concluyen que “la existencia de una ventaja impositiva para el financiamiento de la deuda no significa necesariamente que las empresas deben en todo momento buscar usar la cantidad máxima posible de deuda en su estructura de capital” (p.442).

2.1.2. Teoría del Equilibrio Estático (Trade-off Theory)

Tiene como punto de partida el documento de Myers (1977), que estipuló que el monto de la deuda emitida por la empresa debe ser igual al valor presente de las opciones de la empresa para realizar inversiones futuras, esa cantidad es la que maximiza el valor de mercado de la empresa. Para este caso se racionaliza la inversión en activos de acuerdo al beneficio óptimo que se puede tener de acuerdo a la fuente de financiación que se tome, no siendo exclusivamente la mejor opción la adquisición de deuda.

De acuerdo a lo mencionado por Mondragón-Hernández (2011): “Para la teoría del trade off, el valor de la firma no está dado por el rendimiento de los activos presentes de la empresa, sino por el valor presente neto del rendimiento que podría obtener con futuras inversiones” (p.172). Lo anterior conllevará a que la empresa cuente con una estructura de capital adecuada que le permita maniobrar tanto en el presente como en el futuro, en otras palabras, que no comprometa de manera negativa sus posibilidades futuras de inversión. Esto lleva a que la empresa emplee el balance adecuado entre deuda y capital, de ahí el nombre de teoría del equilibrio estático (trade-off Theory).

2.1.3. Teoría de la jerarquía financiera

Expuesta por los planteamientos del modelo planteado por Myers y Majluf (1984) concluye que los empresarios, cuando tienen “información superior”, se inclinarán por fuentes de financiación internas sobre las externas. Esto debido a varios factores, entre los cuales se encuentran el costo de financiación y la equidad (participación) en la propiedad de la empresa.

Pesce et al. (2015), citando a Donaldson (1961), Myers (1984), Myers y Majluf (1984), refieren la jerarquía de preferencias con el siguiente orden: primero, son los fondos generados internamente; segundo, deuda externa; tercero, ampliación de capital social, lo que se entenderá como emisión de acciones. Según lo anterior, y como lo refiere Mondragón-Hernández (2011) “supone que la empresa no tiene una estructura óptima de capital” (p.172), dejando de lado aún los beneficios tributarios que existen por contraer deuda.

2.2. Indicadores financieros de Estructura de capital y Margen de utilidad neta.

Los indicadores financieros son base para evaluar y analizar en términos relativos los resultados financieros obtenidos por la empresa en un periodo determinado (Gitman & Zutter, 2016). Como lo menciona Fontalvo, De la Hoz y Vergara (2012): “Los indicadores financieros son el producto de establecer resultados numéricos basados en relacionar dos cifras o cuentas bien sea del Balance General y/o del Estado de Pérdidas y Ganancias” (p.321). Ahora bien, los indicadores financieros pueden ser clasificados según el origen de las cifras numéricas a relacionar, en cinco categorías, a saber: “de liquidez, de actividad, de deuda, de rentabilidad y de mercado” (Gitman & Zutter, 2016, p. 72). Para este caso se abordarán el indicador financiero de estructura de capital, que es un indicador de deuda, y el indicador financiero de margen de utilidad neta, que es un indicador de rentabilidad o rendimiento.

2.2.1. Indicador financiero de Estructura de capital

El indicador financiero de estructura de capital hace parte del grupo de indicadores de deuda. Como lo menciona Córdoba (2014), el resultado de dividir el valor del total pasivo entre el valor del total patrimonio da como resultado la estructura de capital.

Tabla 1. Indicador de Estructura de capital.

Nombre del indicador	Fórmula
Estructura de capital	$= (\text{Total pasivo} / \text{Total patrimonio})$

Fuente: Adaptado de Córdoba (2014).

Según la relación matemática de las variables enunciadas en la fórmula, se puede inferir que la interpretación del resultado obtenido puede ser que por cada unidad que hay en la cuenta del denominador existen x cantidad de unidades en la cuenta del numerador. En otras palabras, que por cada unidad monetaria que hay en el total patrimonio, existen x cantidades de unidades monetarias en el total pasivo, lo que significaría para el caso de este indicador financiero que, por cada peso que existe en el patrimonio, la empresa cuenta con x cantidad de pesos adeudados, o que, por cada peso que los accionistas tienen en el patrimonio de la empresa, la empresa se financia con x cantidad de pesos. En todos los casos x es igual al resultado de la operación de la fórmula del indicador.

2.2.2. Indicador financiero de Margen de utilidad neta

El indicador financiero de margen de utilidad neta hace parte del grupo de indicadores de rentabilidad (también llamado grupo de indicadores de rendimiento). Como lo menciona Córdoba (2014) este indicador también se conoce como “índice de productividad”. Este indicador es el resultado de dividir el valor de la utilidad neta entre el total de las ventas netas.

Tabla 2. Indicador de Margen de utilidad neta.

Nombre del indicador	Fórmula
Margen de utilidad neta	$= (\text{Utilidad neta} / \text{Ventas netas})$

Fuente: Adaptado de Córdoba (2014).

Al igual que con el anterior indicador, según la relación matemática de las variables enunciadas en la fórmula, se puede inferir que la interpretación del resultado obtenido puede ser que por cada unidad que hay en la cuenta del denominador existen x cantidad de unidades en la cuenta del numerador. En otras palabras, que por cada unidad monetaria que resultado de las ventas netas, existen x cantidades de unidades monetarias que se convirtieron en utilidad neta, lo que significaría para el caso de este indicador financiero que, por cada peso de ventas netas, la empresa obtuvo x cantidad de pesos como utilidad neta. En todos los casos x es igual al resultado de la operación de la fórmula del indicador.

2.3. Coeficiente de correlación de Pearson.

El coeficiente de correlación, coeficiente de correlación lineal, o coeficiente de correlación de Pearson, determina el grado de relación o correlación que puede haber entre dos variables y se ha definido como la raíz cuadrada del coeficiente de correlación al cuadrado o coeficiente de determinación. Básicamente el coeficiente de correlación arroja un resultado que se encuentra entre el intervalo de -1 a 1. Si su resultado es positivo significa que existe una relación directa entre las dos variables y si su resultado es negativo significa que existe una relación inversa entre las dos variables. La relación, directa o inversa, será más fuerte si el resultado está más cerca al 1 ó -1 respectivamente (resultado más alejado del 0) (Martinez & Levin, 2011).

2.4. Sobre la pequeña y mediana empresa - PYME.

En el año 2000 Colombia a través de la ley 590 establece un marco de fomento a las micro, pequeñas y medianas empresas en todo el territorio nacional. Como es de esperar, esta ley contempla una serie de mandatos para el fomento de la creación y el crecimiento de este tipo de empresas, que también tipificó de acuerdo a unas características especiales: número de trabajadores y total de activos.

Posterior a la ley 590 de 2000, aparece la ley 905 de 2004 que incorpora aclaraciones frente a lo que se puede entender respecto a una micro, pequeña o mediana empresa. Tres años más tarde aparece la ley 1151 de 2007 que amplía la aclaración frente a lo que se puede entender respecto a una micro, pequeña o mediana empresa e incorpora una nueva variable característica para la tipificación de cada nivel (micro, pequeña, mediana), además de una relación entre las mismas (Nieto et al., 2015). Finalmente, la ley 1450 de 2011 define el concepto de empresa y especifica los criterios para determinar el tamaño de la empresa, haciendo separación entre estos.

Según lo expuesto por la legislación vigente (Tabla 3), una PYME se clasifica de acuerdo a los siguientes criterios:

- a) Planta de personal entre once y doscientos trabajadores, o
- b) Activos totales por valor entre quinientos uno a treinta mil salarios mínimos mensuales legales vigentes (smmlv).

Respecto a la tercera variable tenida en cuenta desde la ley 1151 de 2007, que fue ratificada, y a la vez separada, en la ley 1450 de 2011, “Valor de ventas brutas anuales”, Nieto et al. (2015) especifica que, puntualmente a 2015 la nueva clasificación del 2011 aún no había sido reglamentada, lo cual es vigente hasta hoy, pues no existe reglamentación para ésta.

3. Contextualización.

Ubicada al noroccidente de la ciudad de Bogotá DC, la localidad de Engativá cuenta con una extensión de total de 3.588,1 hectáreas (Secretaría de Planeación Distrital, 2011, p. 7), unos 35,88 kilómetros cuadrados, casi el 1,01% del total de la extensión del área metropolitana de la ciudad, que según Peña-Barrera (2010, p. 35) es de 3.550 kilómetros cuadrados. En su estructura interna, la localidad de Engativá está integrada por nueve Unidades de Planeamiento zonal (UPZ): 26 Las Ferias, 29 Minuto de Dios, 30 Boyacá Real, 31 Santa Cecilia, 72 Bolivia, 73 Garcés Navas, 74 Engativá, 105 Jardín Botánico y 116 Álamos (Decreto 619 de 2000), 24 zonas postales (Secretaría de Planeación Distrital, 2007, p.26), que en total se estima alberga 883.319 habitantes (Secretaría de Planeación Distrital, 2018a).

Del total de la población de la localidad, a 2014, según datos del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) citados por el Consejo Local de Gestión de Riesgos y Cambio Climático (2017), Engativá contó con un total del 9% de su población por debajo de la línea de pobreza, y un 3,2% en pobreza extrema, mientras que el desempleo estuvo en el 13,5%.

A 2018, primer trimestre, según datos de la Secretaría de Planeación Distrital de la ciudad de Bogotá, la localidad de Engativá concentró el 9,5% (71.895) del parque empresarial de la ciudad de Bogotá, que estuvo compuesto al primer trimestre de 2018 por 757.782 empresas con matrícula mercantil activa en la Cámara de Comercio de Bogotá (Secretaría de Planeación Distrital, 2018b).

Tabla 3. Clasificación PYME según la legislación de Colombia.

Ley	Definición de ley	Parámetros / Criterios pequeña empresa			Parámetros / Criterios mediana empresa		
		Número de trabajadores	Total de activos	Valor ventas brutas anuales	Número de trabajadores	Total de activos	Valor ventas brutas anuales
590 de 2000	Para todos los efectos, se entiende por micro, pequeña y mediana empresa, toda unidad de explotación económica, realizada por persona natural o jurídica, en actividades empresariales, agropecuarias, industriales, comerciales o de servicios, rural o urbana, que responda a los siguientes parámetros:	Entre 11 y 50	Entre 501 y menos de 5.000 smmlv*	No lo contempla	Entre 51 y 200	Entre 5.001 a 15.000 smmlv	No lo contempla
905 de 2004	Definiciones. Para todos los efectos, se entiende por micro incluidas las Famiempresas pequeña y mediana empresa, toda unidad de explotación económica, realizada por persona natural o jurídica, en actividades empresariales, agropecuarias, industriales, comerciales o de servicios, rural o urbana, que responda a dos (2) de los siguientes parámetros:	Entre 11 y 50	Entre 501 y menos de 5.000 smmlv	No lo contempla	Entre 51 y 200	Entre 5.001 a 30.000 smmlv	No lo contempla
1151 de 2007	Para todos los efectos, se entiende por micro, incluidas las famiempresas, pequeña y mediana empresa, toda unidad de explotación económica, realizada por persona natural o jurídica, en actividades empresariales, agropecuarias, industriales, comerciales o de servicios, rural o urbana, que responda conjuntamente a los siguientes parámetros:	Entre 11 y 50	Entre 501 y menos de 5.000 smmlv	Sí la contempla. No está reglamentada	Entre 51 y 200	Entre 5.001 a 30.000 smmlv	Si la contempla. No está reglamentada
1450 de 2011	Para todos los efectos, se entiende por empresa, toda unidad de explotación económica, realizada por persona natural o jurídica, en actividades agropecuarias, industriales, comerciales o de servicios, en el área rural o urbana. Para la clasificación por tamaño empresarial, entiéndase micro, pequeña, mediana y gran empresa, se podrá utilizar uno o varios de los siguientes criterios:	Entre 11 y 50	Entre 501 y menos de 5.000 smmlv	Sí la contempla. No está reglamentada	Entre 51 y 200	Activos totales por valor entre 5.001 a 30.000 smmlv	Si la contempla. No está reglamentada

* smmlv: salarios mínimos mensuales legales vigentes.

Fuente: Adaptado de: Ley 590 de 2000, Ley 905 de 2004, Ley 1151 de 2007 y Ley 1450 de 2011.

Según la base de datos suministrada por la Cámara de Comercio de Bogotá, la localidad de Engativá cuenta con 2.482 pequeñas empresas y 447 medianas empresas, para un total de 2.929 pequeñas y medianas empresas - PYME con matrícula mercantil activa a julio de 2.018, con las siguientes clasificaciones: del 100% de las PYME de la localidad de Engativá el 15,3% son medianas empresas y el 84,7% son pequeñas empresas, presentando una relación de 5,5 pequeñas empresas por cada mediana empresa registrada con matrícula activa a 2018, y que reportaron estados financieros del año 2017.

Tabla 4. PYME localidad de Engativá - Matrícula activa 2018.

Tipo de sociedad	Cantidad	Participación
Mediana	447	15,3%
Pequeña	2.482	84,7%
Total general	2.929	100%

Fuente: Adaptado de Cámara de Comercio de Bogotá (2018).

Según el tipo de sociedad, se identificó que, del total de las PYME de la localidad de Engativá, la mayor concentración se encuentra en el tipo de sociedad “sociedad por acciones simplificada (S.A.S.)”, con una participación del 64,0%, seguida de la “Sociedad limitada (Ltda.)” con un 19,6%. El tipo de sociedad con menor participación es la “comandita por acciones (S.C.A.)”, 0,1%, seguida de la “empresa unipersonal” con un 1,0%.

Tabla 5. PYME localidad de Engativá por tipo de sociedad - Matrícula activa 2018.

Tipo de sociedad	Cantidad	Participación
Anónima	145	5,0%
Comandita por acciones	4	0,1%
Comandita Simple	33	1,1%
Empresa unipersonal	29	1,0%
Extranjera	20	0,7%
Limitada	573	19,6%
Persona Natural	249	8,5%
Sociedad por Acciones Simplificada	1.876	64,0%
Total general	2.929	100%

Fuente: Adaptado de Cámara de Comercio de Bogotá (2018).

El parque PYME de la localidad cuenta con participación en 18 sectores económicos, presentando su mayor concentración, en orden de mayor a menor, en los sectores económicos de Comercio al por mayor y al por menor reparación de vehículos automotores y motocicletas; Industrias manufactureras; y, Construcción, con una participación general superior al 60%.

4. Metodología del estudio.

Con el objetivo de dar respuesta a la pregunta principal de este estudio, y abordar lo planteado como objetivo general, se desarrolla una investigación con metodología cuantitativa, de tipo explicativa, que busca identificar patrones en los resultados financieros obtenidos por las PYME de la localidad de Engativá para el año 2017. La fuente principal de datos es la información suministrada por la Cámara de Comercio de Bogotá respecto al total de pequeñas y medianas empresas - PYME que presentan matrícula mercantil activa para el año 2018, y que reportaron su información financiera del año 2017, por lo cual se constituye como una fuente secundaria. El diseño de investigación se cataloga como documental.

La información que entrega la Cámara de Comercio de Bogotá presenta cifras financieras agregadas como se relaciona a continuación: activo total; activo corriente; total pasivo; pasivo corriente; obligaciones largo plazo; patrimonio; ventas netas; costo de ventas; gastos de administración; utilidad o pérdida operacional; utilidad o pérdida neta. La base de datos se depura teniendo en cuenta la siguiente variable: se seleccionan todas las PYME que presentan ventas en el periodo 2017.

Partiendo de la información relacionada, se procede a calcular, para cada PYME, los indicadores financieros de Estructura de capital y Margen de utilidad neta, que se analizan contrastando los resultados obtenidos por las PYME objeto del estudio, según el coeficiente de correlación de Pearson que presenten los resultados de los dos indicadores. Para la organización y el procesamiento de datos se utiliza el programa MS Excel 2016.

En resumen: Población, PYME de la localidad de Engativá; característica propia de la población, quienes renovaron matrícula mercantil para el año 2018; unidad de tiempo a analizar, año 2017; muestra, no se considera una muestra, se trabaja con el total de la población que presente la información financiera de funcionamiento en el año 2017 y que presentan ventas para este mismo periodo; fuente de información, Cámara de Comercio de Bogotá; tipo de fuente, secundaria; tipo de investigación, cuantitativa y documental de tipo explicativa; programas empleados para la organización y procesamiento de datos, MS Excel 2016; análisis de los datos, indicador de Estructura de capital e indicador de Margen de utilidad neta, teniendo en cuenta el coeficiente de correlación de Pearson que presenten los resultados de los dos indicadores.

5. Resultados.

La localidad de Engativá a julio de 2018 contó con un total de 2.929 PYME con matrícula mercantil activa en la Cámara de Comercio de Bogotá. De las 2.929 PYME, 447 son medianas empresas y 2.482 son pequeñas empresas.

Del total relacionado, se identificó que 307 PYME no reportaron ventas para el año 2017 (282 pequeñas empresas y 25 medianas empresas). De las 307 PYME, 21 presentan fecha de matrícula mercantil en el año 2018 (20 pequeñas empresas y una mediana empresa) motivo por el cual no pueden reportar información de años anteriores. El restante de PYME, 286, se asume que no presentaron actividad mercantil para el año 2017, aunque algunas de éstas reportan utilidad en el ejercicio de dicho periodo. Para este caso las 307 PYME que no presentan ventas en el periodo 2017 se sacaron de la base relacionada para este estudio.

De las 2.622 PYME que presentan ventas para el año 2017 (2.200 pequeñas empresas y 422 medianas empresas), 40 no reportan patrimonio (32 pequeñas empresas y 8 medianas empresas), sin embargo, al verificar la ecuación contable de la información que hace parte del estado de situación financiera, $\text{Activo} = \text{Pasivo} + \text{Patrimonio}$ (Díaz & Horngren, 2011, p. 102), se verificó que al restarle al “total activo” el valor resultante de la suma de el “total pasivo” con el “patrimonio”, el resultado fuera igual a 0. Resultado que se obtuvo al verificar las 2.622 PYME, incluyendo las 40 previamente relacionadas. Para el cálculo del indicador de estructura de capital se reportará para las 40 PYME relacionadas con valor “0”.

Depurada la base de datos, se procede a calcular la media de los resultados conjuntos de las PYME para el año 2017 y su desviación estándar, así como a expresar gráficamente los resultados conjuntos (diagrama de dispersión), para cada indicador financiero. A continuación, se presentan los resultados para cada indicador financiero.

5.1. Indicador de Estructura de capital.

Al tomar los datos financieros de todas las pequeñas y medianas empresas - PYME de la localidad de Engativá, según las especificaciones mencionadas previamente, se procedió a calcular el indicador financiero de Estructura de capital con base a la fórmula especificada en la Tabla 1. Con los 2.622 resultados se calculó la media y la desviación estándar de la media (Tabla 6).

Tabla 6. Resultados media y desviación estándar del indicador de Estructura de capital 2017 - PYME localidad de Engativá.

Medida	Resultado
Media	2,26
Desviación estándar	9,90

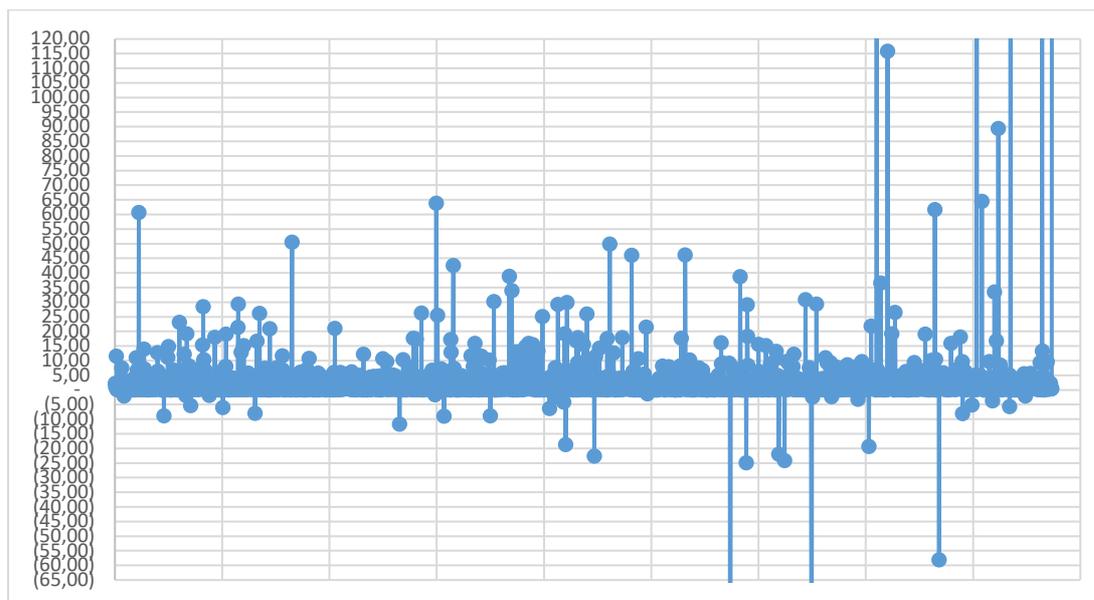
Nota: Para el cálculo de la media no se tienen en cuenta los siguientes resultados del indicador de dos medianas empresas: 430,74, y 1.108.208,86. El resultado de la media con dichos valores es el siguiente: 425,08. El resultado de la desviación estándar es el siguiente: 21634,22.

Fuente: Elaboración propia.

Como se pudo evidenciar, la media aritmética del total de resultados del indicador de Estructura de capital obtenido por las PYME de la localidad de Engativá, para el año 2017, que tuvieron registro mercantil activo a julio de 2018, y que reportaron valores en ventas en sus estados financieros, fue de 2,26, lo que significa que, en promedio, las PYME descritas, por cada peso que aportan sus propietarios hay 2,26 pesos financiados por acreedores, para el año 2017. Este resultado presenta una desviación estándar de 9,90 pesos, que, como medida de dispersión, refleja que el resultado obtenido por la media, en promedio, puede moverse 9,90 de manera positiva o negativa, en otras palabras, que en promedio el resultado del indicador de Estructura de capital para esta población está entre 12,16 y -7,64. Este resultado presenta una dispersión alta, que con respecto a la media es casi 4,4 veces su valor.

Teniendo como base el cálculo del indicador de Estructura de capital para las PYME de la localidad de Engativá, en los resultados financieros del año 2017, a continuación, se presentan de manera gráfica los resultados de las 2.622 PYME.

Gráfico 1. Resultado indicador Estructura de capital año 2017 PYME localidad de Engativá.



Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en el gráfico 1, así como en el resultado de la media y la desviación estándar de la misma, la agrupación de los resultados se encuentra de manera representativa entre los valores de 12,16 y -7,64 (2.520 PYME, el 96,10% del total de la población), presentando la mayor concentración entre los valores de 0 y el 3: un total de 2.154 PYME ubican su resultado en este intervalo, lo que representa el 82,15%.

5.2. Indicador de Margen de utilidad neta.

Respecto al indicador de Margen de utilidad neta, se procedió a calcular el resultado para cada una de las pequeñas y medianas empresas - PYME de la localidad de Engativá, según las especificaciones mencionadas previamente, utilizando la fórmula especificada en la Tabla 2. Con los 2.622 resultados se calculó la media, la desviación estándar de la media, y la mediana (Tabla 7).

Tabla 7. Resultados media y desviación estándar de la media del indicador de Margen de utilidad neta 2017 - PYME localidad de Engativá.

Medida	Resultado
Media	0,28
Desviación estándar	10,83

Nota: Para el cálculo de la media no se tienen en cuenta los siguientes resultados del indicador de dos medianas empresas: -452,7, y -19.449,75. El resultado de la media con dichos valores es el siguiente: -7,31. El resultado de la desviación estándar es el siguiente: 380,02.

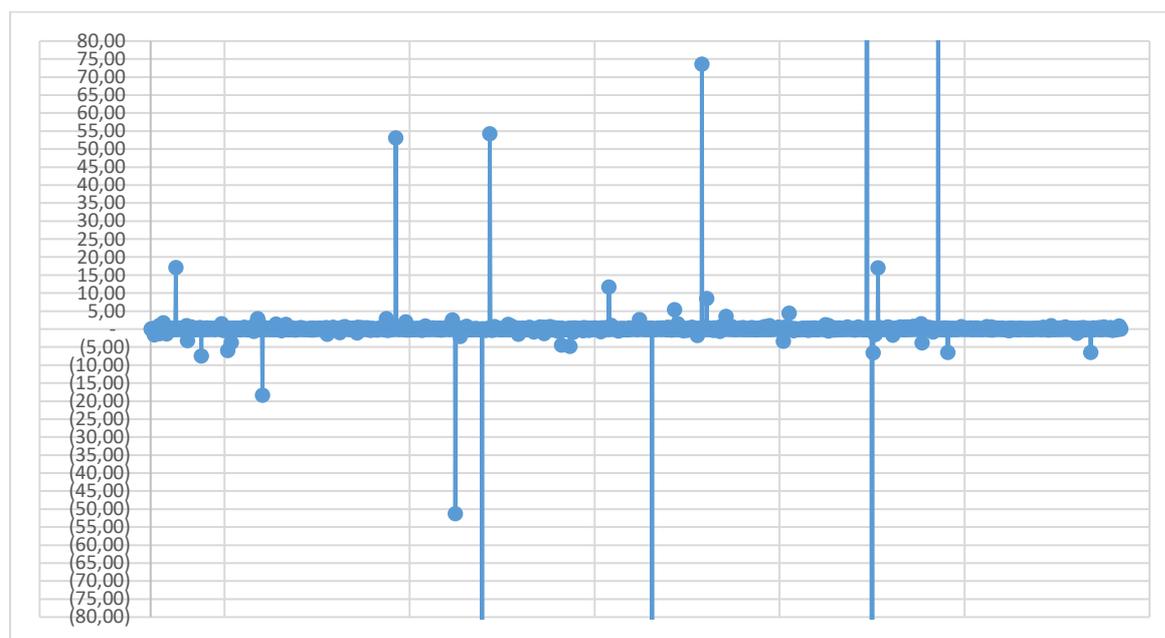
Fuente: Elaboración propia.

Los resultados arrojados para la media aritmética para el indicador de Margen de utilidad neta obtenido por las PYME de la localidad de Engativá, para el año 2017, que tuvieron registro mercantil activo a julio de 2018, y que reportaron valores en ventas en sus estados financieros, fue de 0,28, lo que significa que, en promedio, estas PYME para el periodo específico por cada peso en ventas netas que tuvo las PYME, en promedio, 0,28 pesos se convirtieron en utilidad neta, lo que significa que del 100% de las ventas netas, en promedio, el 28% se convirtió en utilidad neta, para el año 2017. Sin embargo, este indicador, del promedio de las PYME, presenta una desviación estándar de 10,83 pesos, que, como medida de dispersión, refleja que el resultado obtenido por la media, en promedio, puede moverse de manera positiva o negativa, 10,83; en otras palabras, que en promedio el resultado del indicador de Margen de utilidad neta para esta población está entre 11,11 y -10,55. Este resultado presenta una dispersión alta, que con respecto a la media es casi 38,7 veces su valor.

Teniendo como base el cálculo del indicador de Margen de utilidad neta para las PYME de la localidad de Engativá, en los resultados financieros del año 2017, a continuación, se presenta de manera gráfica los resultados de las 2.622 PYME (Gráfico 2).

Como se puede evidenciar en el Gráfico 2, así como en el resultado de la media y la desviación estándar de la misma, la agrupación de los resultados se encuentra de manera representativa entre los valores de 11,11 y -10,55 (2.609 PYME, el 99,5% del total de la población), presentando la mayor concentración entre los valores de -0,1 y 0,2, un total de 2.256 PYME ubican su resultado en este intervalo, lo que representa el 86,04%.

Gráfico 2. Resultado indicador Margen de utilidad neta año 2017 PYME localidad de Engativá.



Fuente: Elaboración propia.

5.3. Coeficiente de correlación de Pearson entre el indicador de Estructura de capital y el indicador de Margen de utilidad neta.

Calculados los indicadores financieros de Estructura de capital (cuyos datos provienen directamente del Estado de situación financiera) y Margen de utilidad neta (cuyos datos provienen directamente del Estado de resultados), para todas las PYME de la localidad de Engativá, después de depurar la base de datos suministrada por la Cámara de Comercio de Bogotá, se contó para cada indicador con un total de 2.622 datos. Para el cálculo de coeficiente de correlación de Pearson entre los dos indicadores se utilizó el programa MS 2016, dentro de las “Herramientas de análisis de datos”, la función para análisis de “Coeficiente de correlación”, donde se seleccionaron las dos columnas donde aparecían los siguientes datos: columna 1 “indicador de Estructura de capital”; columna 2 “indicador de Margen de utilidad neta”. Los resultados aparecen en la siguiente tabla.

Tabla 8. Resultado coeficiente de correlación de Pearson indicadores financieros de Estructura de capital y Margen de utilidad neta año 2017 PYME, localidad de Engativá.

	<i>Columna 1</i>	<i>Columna 2</i>
Columna 1	1	
Columna 2	0,00052299	1

Fuente: Elaboración propia.

El resultado denota una relación directa de cero con cincuenta y dos mil doscientas noventa y nueve cienmillonésimas.

6. Discusión.

Al 31 de julio de 2018, 2.929 PYME contaron con matrícula mercantil activa en la Cámara de Comercio de Bogotá, información que fue suministrada por dicha entidad. Con la base de datos se realizó un proceso de depuración de información, teniendo presente los indicadores financieros que se construirían y la información financiera reportadas por las PYME a la cámara de comercio. La depuración de información llevó a no trabajar con la información de las PYME que no reportaron información de

ventas para el año 2017, asumiendo que no realizaron actividades mercantiles. Esta depuración dejó hábiles para el estudio a 2.622 PYME que contaron con la información mínima y necesaria para la realización del proceso de construcción de indicadores financieros.

Debido a las grandes diferencias entre rangos de total activo que se puede presentar, por las clasificaciones especificadas por la legislación colombiana (ver Tabla 3), no fue posible trabajar con magnitudes absolutas, pero sí con magnitudes relativas, que reflejan la relación de dos magnitudes absolutas, evidenciando la comparación de una con respecto a la otra.

Los resultados obtenidos de manera general permiten evidenciar, para el indicador de Estructura de capital, una media aritmética de 2,26, con una alta desviación estándar, 9,90, presentando una alta dispersión. La mayor cantidad de resultados obtenidos por las PYME objeto de estudio estuvieron entre los valores de 0 y 3 (ver gráfico 1), más del 82% del total, el restante estuvo fuera de este rango, en ocasiones siendo más de 50 veces el rango mayor, y en otras siendo 50 veces menor (ubicando los valores en una recta numérica).

Respecto al indicador de Margen de utilidad neta, presentó una media de 0,28 con una desviación estándar de 10,83, al igual que el indicador de Estructura de capital, presentó una alta dispersión. La mayor cantidad de resultados obtenidos por las PYME objeto de estudio estuvieron entre los valores de -0,1 y 0,2 (ver gráfico 2), más del 86% del total; el restante estuvo fuera de este rango.

En primera instancia se evidencia que una característica propia del comportamiento de las PYME, respecto a sus resultados conjuntos presentan agrupaciones de resultados representativas: más del 82% en el indicador de Estructura de capital se ubicaron entre el rango de 0 a 3, y en el indicador de Margen de utilidad neta más del 86% entre el rango de -0.1 y 0.2, lo que podría sugerir, en primera instancia, que sí puede existir una correlación entre los resultados de estas PYME para los indicadores de Estructura de capital y Margen de utilidad neta, lo que podría llevar a ahondar en qué rangos de Estructura de capital llevan a que exista un Margen de utilidad neta favorable para las PYME.

Encontrado lo anterior, al calcular el coeficiente de correlación de Pearson entre los resultados de los indicadores de Estructura de capital y Margen de utilidad neta, se obtuvo como resultado una correlación de 0,00052299 (cero con cincuenta y dos mil doscientas noventa y nueve cienmillonésimas) que, aunque es positiva (lo cual demuestra una relación directa entre los dos indicadores), es completamente insignificante teniendo en cuenta que la relación entre las dos variables analizadas será fuerte cuanto más se acerque al valor de 1, lo que no sucede en este caso.

Según lo relacionado por las teorías referenciadas, éstas se enfocan en el impacto de la estructura de financiación frente al valor de la empresa, caso de lo planteado por Modigliani y Miller (1958; 1963) y por Myers (1977), y el impacto de la estructura de financiación frente a los costos de agencia y la participación en la propiedad de la misma, caso de Myers y Majluf (1984). Sus teorías buscaron generar modelos que permitieran establecer la estructura adecuada de financiación, según una cantidad determinada de variables. Lo que es claro, es que sus miradas estuvieron enfocadas en la estructura de capital de la empresa, lo que se analizó en este estudio, de manera empírica, con la población descrita, tratando de identificar si existe una relación directa y significativa entre la estructura de capital de la empresa y los resultados que obtuvieron para un periodo determinado. Los datos arrojan, para el caso particular que, aunque hay una relación directa, ésta es insignificante.

7. Conclusiones.

Este estudio tuvo como eje central la siguiente pregunta: ¿Existe una relación directa y significativa, entre la estructura de capital de la empresa respecto al resultado financiero del ejercicio de éstas? Para intentar buscar indicios que llevaran a la respuesta a dicha pregunta se planteó trabajar con la información financiera de 2.622 PYME de la localidad de Engativá que reportaron información financiera del año 2017 a la Cámara de Comercio de Bogotá, y que registraron ventas para el año 2017.

Esta investigación presentó un objetivo general que fue desarrollado a través de los diferentes numerales del presente texto, que fueron estructurados con base a la pregunta de investigación, buscando dar indicios de su respuesta. Respecto al objetivo general que fue “determinar si existe o no una relación directa y significativa, entre la estructura de capital de la empresa respecto al resultado financiero del ejercicio de éstas” se abordó con base la población objeto de estudio (PYME de la localidad de Engativá que reportaron información financiera del año 2017 a la Cámara de Comercio de Bogotá, y que registraron ventas para el año 2017). Se trabajó con un indicador de deuda y un indicador de rendimiento intentando determinar si existe una relación directa y significativa entre la estructura de capital y los resultados financieros obtenidos por la población objeto de estudio previamente descrita.

Partiendo de la base de los datos procesados, respecto al objetivo general es posible asegurar con los resultados de este estudio que no existe una relación directa y significativa entre la estructura de capital de las PYME objeto de estudio respecto al resultado financiero del ejercicio de éstas, para el año 2017. Esto evidenciado en el resultado del coeficiente de correlación de Pearson entre los mencionados indicadores para el total de las 2.622 PYME, que fue de 0,00052299 (cero con cincuenta y dos mil doscientas noventa y nueve cienmillonésimas).

Finalmente, respecto a la pregunta de investigación es necesario resaltar que este estudio, en primera instancia, muestra que no existe una relación directa y significativa entre la estructura de capital de la empresa respecto al resultado financiero del ejercicio. Sin embargo, surgen preguntas tales como: ¿se puede evidenciar una relación directa, significativa, entre la estructura de capital de la empresa, por sector económico, respecto al resultado financiero del ejercicio de éstas? Esta pregunta reconoce que a nivel macroeconómico pueden incidir diferentes variables que afecten el desempeño de empresas de algunos sectores económicos, lo que pudo haber distorsionado los resultados analizados en esta investigación. También queda la siguiente pregunta: ¿se puede evidenciar una relación directa y significativa, entre la estructura de capital de la empresa, según su tamaño, respecto al resultado financiero del ejercicio de éstas? Esta pregunta teniendo en cuenta que la relación en cuanto a cantidad de las PYME objeto de este estudio fue de 5,5 a 1.

Referencias.

- Barona-Zuluaga, B., & Rivera-Godoy, J. (2012). Análisis empírico de la financiación de nuevas empresas en Colombia. *Innovar*, 21(43), 5-18.
- Botello, H. (2015). Determinantes del acceso al crédito de las PYMES en Colombia. *Ensayos de economía*, 46, 135-155.
- Cámara de Comercio de Bogotá (2018, 22 de agosto). *Preguntas frecuentes*. Recuperado de: <https://www.ccb.org.co/Preguntas-frecuentes/Camara-de-Comercio-de-Bogota>.
- Consejo Local de Gestión de Riesgos y Cambio Climático (2017). *Caracterización General de Escenarios de Riesgo*. Bogotá: Alcaldía Mayor de Bogotá.
- Córdoba, M. (2014). *Análisis financiero*. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- Decreto 619 de julio 28 de 2000, por el cual se adopta el Plan de Ordenamiento Territorial para Santa Fe de Bogotá, Distrito Capital. Registro Distrital No. 2.197 del 28 de julio de 2000. Bogotá, 28 de julio de 2.000.
- Díaz, H., & Horngren, C. (2011). *Contabilidad para la toma de decisiones*. Colombia: Pearson.

- Donaldson, G. (1961). *Corporate Debt Capacity: A Study of Corporate Debt Policy and the Determination of Corporate Debt Capacity*. Boston: Graduate School of Business Administration, Harvard University.
- Fernández, J. (2014). *Teoría y práctica de la contabilidad (3ª. ed.)*. Madrid: Ediciones Pirámide.
- Gitman, L., & Zutter, C. (2016). *Principio de administración financiera (14ª. ed.)*. Ciudad de México: Pearson.
- Herrera, T., De la Hoz, E., & Vergara, J. (2012). Aplicación de análisis discriminante para evaluar el mejoramiento de los indicadores financieros en las empresas del sector alimento de Barranquilla-Colombia. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 20(3), 320-330.
- Ley 590 de 2000 del 10 de Julio de 2000, por la cual se dictan disposiciones para promover el desarrollo de las micro, pequeñas y medianas empresa. Diario Oficial No.44.078 de julio 12 de 2000. Bogotá, 12 de julio de 2000.
- Ley 905 de 2004 del 2 de agosto de 2004, por medio de la cual se modifica la Ley 590 de 2000 sobre promoción del desarrollo de la micro, pequeña y mediana empresa colombiana y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial No. 45.628 de 2 de agosto de 2004. Bogotá, 2 de agosto de 2004.
- Ley 1151 de 2007 del 24 Julio de 2007, por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2006 - 2010. Diario Oficial No. 46.700 de julio 25 de 2007. Bogotá, 25 de julio de 2007.
- Ley 1450 de 2011 del 16 de junio de 2011, por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo, 2010-2014. Diario Oficial No. 48.102 de 16 de junio de 2011. Bogotá, 16 de junio de 2011.
- Massad, C. (2007). *Economía para todos*. Santiago de Chile: Editorial e Imprenta Maval LTDA.
- Martinez, C., & Levin, R. (2011). *Estadística aplicada*. Colombia: Pearson educación.
- Modigliani, F., & Miller, M. (1958). The cost of capital, corporation finance and the theory of investment. *The American Economic Review*, 48(3), 261-297.
- Modigliani, F., & Miller, M. (1963). Corporate income taxes and the cost of capital. A correction. *The American Economic Review*, 53(3), 433-443.
- Mondragón-Hernández, S. (2011). Marco conceptual de las teorías de la irrelevancia, del trade-off y de la jerarquía de las preferencias. *Cuadernos de Contabilidad*, 12(30), 165-178.
- Myers, S. (1977). Determinants of corporate borrowing. *Journal of Financial Economics*, 5, 147-175.
- Myers, S. (1984). The capital structure puzzle. *The Journal of Finance*, 39(3), 575-591
- Myers, S., & Majluf, N. (1984). Corporate financing and investment decisions when firms have information that investors do not have. *Journal of Financial Economics*, 13(2), 187-221.
- Nieto, V., Timote J., Sánchez, A., & Villareal S., (2015). La clasificación por tamaño empresarial en Colombia: Historia y limitaciones para una propuesta. *Archivos de Economía*, 434, 1-48.
- O'kean, J. (2013). *Economía*. Madrid: Mc Graw-Hill Interamericana de España S.L.

- Peña-Barrera, C.R. (2010). Índice de Urbanización Municipal: una aplicación a Bogotá y su teórica “área metropolitana”. *Territorios*, 23, 33-57.
- Pesce, G., Esandi, J., Briozzo, A., & Vigier, H. (2015). Decisiones de financiamiento en pymes: particularidades derivadas del entrelazamiento empresa-propietario. *REGE Revista de Gestão*, 22(3), 357-380.
- Secretaría de Planeación Distrital (2007). *UPZ 29, Minuto de Dios. Cartillas pedagógicas del POT. Acuerdos para construir ciudad*. Bogotá: Alcaldía Mayor de Bogotá.
- Secretaría de Planeación Distrital (2011). *21 monografías de las localidades distrito capital 2011. Diagnóstico de los aspectos físicos, demográficos y socioeconómicos 2011 localidad 10 Engativá*. Bogotá: Alcaldía Mayor de Bogotá.
- Secretaría de Planeación Distrital (2018a). Proyecciones de Población. Proyecciones de población 2016-2020. Recuperado de: http://www.sdp.gov.co/gestion-estudios-estrategicos/informacion-cartografia-y-estadistica/consulta?combine=&field_dice_componentes_tid=326&field_dice_tema_social_tid=334&field_dice_tema_territorial_tid=All&field_dice_tema_economico_tid=All
- Secretaría de Planeación Distrital (2018 b). *Boletín estadístico # 5. Dinámica empresarial de Bogotá – I trimestre 2018*. Bogotá: Alcaldía Mayor de Bogotá.



Models of Strategic Management Scanning Based on Trend Heuristics as the Least Information Intensive Quantifiers

KRIZ, JIRI

Department of Informatics
Brno University of Technology (Czech Republic)
email: kriz@fbm.vutbr.cz

DOHNAL, MIRKO

Department of Economics
Brno University of Technology (Czech Republic)
email: dohnal@fbm.vutbr.cz

FOJTU, KATERINA

Department of Economics
Brno University of Technology (Czech Republic)
email: fojtu@fbm.vutbr.cz

ABSTRACT

SS (Strategic Scanning) is unique, partially subjective, inconsistent, interdisciplinary, vague and multidimensional process. Its description and optimisation suffers from IS (Information Shortage) and heterogeneity. IS eliminates straightforward application of traditional statistical methods. Heterogeneity problems are caused by heterogeneous nature of scanned information structures. Artificial Intelligence has developed some tools to solve such problems. Qualitative reasoning is one of them. It is based on the least information intensive quantifiers i.e. trends. There are four different trends i.e. qualitative values and their derivatives: plus/increasing; zero/constant; negative/decreasing; any value / any trend. The paper studies SS models based on ELEs (Equationless Heuristics). An example of ELE is – If novelty is increasing then confidence is decreasing. A solution of a qualitative model is represented by a set S of scenarios and a set T of time transitions among these scenarios. The key information input into an ELE model is subjective knowledge of experts. A consensus among SS experts is often not reached because of inconsistencies of experts' knowledge. The SS case study is 12 dimensional (e.g. Freshness, Relevance) and based on 12 ELEs. There are 29 scenarios.

Keywords: strategic, scanning, trend, transition, information shortage, complex.

JEL classification: C63; M00.

MSC2010: O3B52.

Modelos de escaneo de gestión estratégica basados en tendencias heurísticas como cuantificadores intensivos de menor información

RESUMEN

SS (Strategic Scanning) es un proceso único, parcialmente subjetivo, inconsistente, interdisciplinario, vago y multidimensional. Su descripción y optimización adolece de IS (escasez de información) y heterogeneidad. IS elimina la aplicación directa de los métodos estadísticos tradicionales. Los problemas de heterogeneidad son causados por la naturaleza heterogénea de las estructuras de información escaneadas. La Inteligencia Artificial ha desarrollado algunas herramientas para resolver tales problemas. El razonamiento cualitativo es uno de ellos. Se basa en los cuantificadores que requieren menos información, es decir, las tendencias. Hay cuatro tendencias diferentes, es decir, valores cualitativos y sus derivados: más / creciente; cero / constante; negativo / decreciente; cualquier valor / cualquier tendencia. El artículo estudia los modelos SS basados en ELE (heurística sin ecuaciones). Un ejemplo de ELE es: si la novedad aumenta, la confianza disminuye. La solución de un modelo cualitativo está representada por un conjunto S de escenarios y un conjunto T de transiciones de tiempo entre estos escenarios. La entrada de información clave en un modelo ELE es el conocimiento subjetivo de los expertos. A menudo no se llega a un consenso entre los expertos en SS debido a inconsistencias en el conocimiento de los expertos. El estudio de caso de SS es de 12 dimensiones (por ejemplo, Frescura, Relevancia) y se basa en 12 ELE. Hay 29 escenarios.

Palabras clave: estratégico, escaneo, tendencia, transición, escasez de información, complejo.

Clasificación JEL: C63; M00.

MSC2010: O3B52.



1. Introduction.

Important tasks of any strategic management are abilities of managers to anticipate opportunities and threats (Seidl & Werle, 2017). An important tool is a strategic scanning (SS). The SS involves watching important events and trends in the environment. Many studies have discussed the methods that managers use to scan (Lesca, Caron-Fasan & Falcy, 2012).

Any efficient scanning method must reflex the very nature of the scanned networks of different information items that are related to strategic management. These networks are based on extremely heterogeneous items usually a mixture of deep and shallow knowledge items.

Deep knowledge items are such laws, which reflect undisputed elements of the corresponding theory (Russel, 1948). The Newton laws are examples of deep knowledge items. A deep knowledge item is available in a form of a set of equations A shallow knowledge item is a heuristic or a result of a statistical analysis of observations and has (many) exceptions (Michalewicz & Fogel, 2004). There are very few SS deep knowledge items.

Numbers are precise. SS based exclusively on numbers is often prohibitively information intensive. Therefore, less information intensive quantifiers (fuzzy, rough, semi qualitative, verbal) are used (Dohnal, Kocmanová & Rášková, 2008; Parsons, Kubat & Dohnal, 1995; Zhang et al., 2015; Singh & Dey, 2005).

The law of large numbers specify the conditions under which probabilities can be safely evaluated (Loève, 1977; Sen & Singer, 1993). High numbers of available observations is atypical for SS. Information intensity of traditional statistical analysis generates pressure on artificial intelligence community to develop new formal tools or newly upgrade older tools, which are not as objective as statistics but can take into consideration such information items as ELEs. An example of ELE is:

If a novelty of an information items is increasing then its confidentiality is decreasing.

SS experts do not use mathematical models as the basic framework for their reasoning (Walters, Jiang & Klein, 2003; Lesca et al., 2012; Hendry, 1995; Hayes, 1985a, 1985b). Experts draw heavily on common-sense (Mueller, 2014; Dohnal, 1988).

The correct / not bad choice of the formal SS tool depends on the structure and types of available knowledge item networks. These networks incorporate ad hoc mixtures of the following information items:

- dominantly subjective information usually formalised by verbal descriptions
 - experience
 - analogy
 - feelings
- mathematical models - deep knowledge items based on generally accepted laws, e.g. sets of differential equations (1)
 - unknown numerical values of parameters
 - known values of constants and parameters
- statistical models - shallow knowledge items, e.g. a polynomial function based on the least squares algorithm
 - original data sets are available
 - no original data sets are available
 - with partial data set availability

There are two key scanning problems: *Information shortages* and *knowledge heterogeneity*. They are closely interconnected. The heterogeneity can be easily eliminated by ignoring such segments of available information items, which cannot be treated by chosen formal SS tools. For example, verbal quantifications cannot be used for conventional statistical analysis. A relatively specific problem of IPO (Initial public offering) is an example of complex integration of Information shortages and knowledge heterogeneity (Meluzin & Zinecker, 2014).

If some information segments are ignored then the information shortages are increased. Therefore, an ad hoc optimal *Information shortage / Heterogeneity* trade-off must be chosen, for example:

Minimal Information shortage and Maximal Heterogeneity

Maximal Information shortage and Minimal Heterogeneity

A trend - *increasing, decreasing, constant* - is the least information intensive quantifier. If trend cannot be quantified then nothing can be measured / observed. Models based on trends are usually used to formalize dominantly subjective information (1).

Strategic decision-making necessitates systematic use of the best possible emerging information on potential opportunities, obstacles and change (Garnett et al., 2016). There are different interpretations of SS (Van Wyk, 1997). However, the goal of SS studied in this paper is a trend identification and use of networks of different knowledge and/or information items (Myers & Newman, 2007; Ramakrishnan, Jones & Sidorova, 2012). These trends are used to eliminate bad decisions based on vaguely known / partially expected threats (Walters et al., 2003; Lesca et al., 2012).

2. Trend Knowledge and Trend Models.

The idea of trends is indirectly used to formalize different types of supports and / or reductions, for example mutual supports and reductions among such vague variables as e.g. Mindfulness, Assimilation, IT Turbulence, etc. (see Fig. 1 in Mu, Kirsch & Butler, 2015).

The following pairwise direct and indirect proportionalities / relations between two variables X and Y are studied in this paper:

An increase in (X) has a supporting effect on (Y) and vice versa. (2)
 An increase in (X) has a reducing effect on (Y) and vice versa.

The following relations will be used to develop trend models based exclusively on trend proportionalities (2):

SUPPORTING X Y (3)

REDUCING X Y

For example:

If OC (Oil Cost) is increasing then the OD (Oil Demand) is decreasing. (4)

The knowledge item (4) is transformed into, see (3):

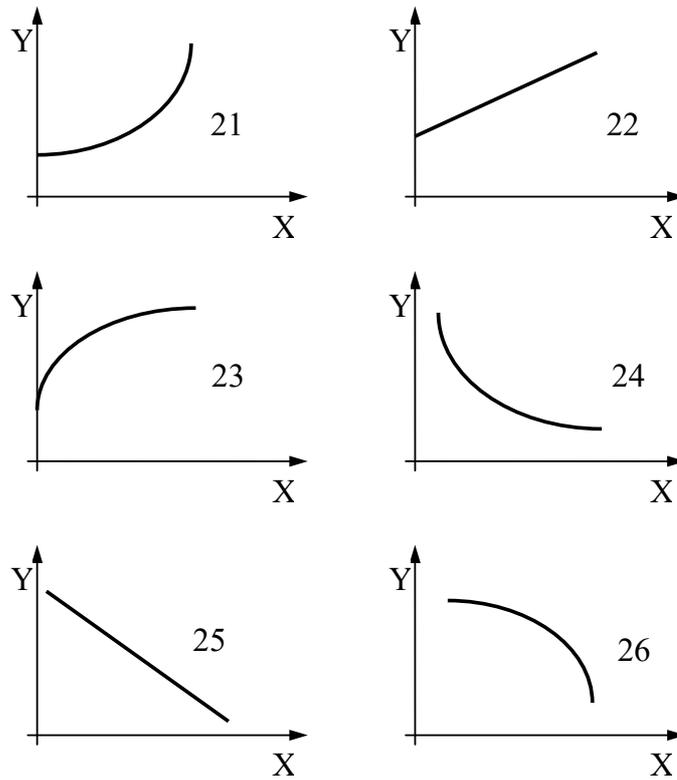
REDUCING OC OD (5)

The relation (4) is based just on the first derivative:

$$d(OD) / dOC) = \text{negative} \quad (6)$$

The SS models presented in this paper are based on pair wise trend relations. Examples of equationless pair wise trend / qualitative relations are given in Figure 1.

Figure 1. Examples of qualitative pair wise relations.



Source: Own elaboration.

All pair wise relations in Figure 1 are trend relations, i.e. the only quantifiers are: *increasing, constant, decreasing* (Dohnal, 1991). For example, the relation No. 24 indicates that the relation $Y = f(X)$:

- is decreasing, the first derivative dY/dX is negative (7)
- the decrease is slowing down, i.e. the second derivative d^2Y/dX^2 is positive, there is obviously an quantitatively unknown lower limit Y_{lower}
- if $X = 0$ then $Y > 0$.

For example, the following ELE:

If a Novelty X of an information items is increasing then its Confidentiality/Reliability Y is decreasing more and more rapidly. (8)

is represented by the shape No. 26 (Figure 1). Trend hypothesis are frequently available in literature, see e.g. (Cai et al., 2016; Young, 1987).

3. Equationless SS Models.

Human brains can solve SS tasks which are out of reach of computer based algorithms. Human-like common sense theories have attracted extensive attention long time ago (Lipmann & Bogen, 1923; Kuipers, 1994). Qualitative reasoning is a part of it (de Kleer & Brown, 1984).

There are only four qualitative values:

Positive	Zero	Negative	Any Value	(9)
+	0	-	*	

A simple transfer of numerical derivative time dx_i/dt to the qualitative derivatives DX is:

if $dx_i / dt > 0$ then	$DX_i = +$		
if $dx_i / dt = 0$ then	$DX_i = 0$		(10)
if $dx_i / dt < 0$ then	$DX_i = -$		

A qualitative model $M(X)$ is based on n-dimensional vector X of qualitative variables (Lorenz, 1989; Ljung, 1999):

$$M(X_1, X_2, \dots, X_n) = 0 \tag{11}$$

A set S of qualitative scenarios is a solution of a model M (11). A qualitative n-dimensional scenario is described by a set of qualitative triplets (X, DX, DDX) :

$$S = [(X_1, DX_1, DDX_1), (X_2, DX_2, DDX_2), \dots, (X_n, DX_n, DDX_n)]_j ; j = 1, 2, \dots, m \tag{12}$$

where, DX is the first and DDX is the second time qualitative derivatives.

SS related theory and available knowledge items usually do not allow quantification of the third and higher derivatives. This is the key reason why just the second derivatives are taken into account (12).

An equationless SS qualitative model based on ELEs is a set of w pairwise relations (see Fig. 1):

$$P_s (X_i, X_j); s = 1, 2, \dots, w \tag{13}$$

The set of relations (13) can be solved to evaluate all such scenarios which satisfy the relevant model. For example, the following simple set of two relations is studied:

	Shape	X	Y , see Fig. 1	
1	22 (see Fig. 1)	X_1	X_2	(14)
2	26 (see Fig. 1)	X_3	X_2	

An algorithm which can be used to solve the model (14) is based on pruning of a specially generated tree. It is not the goal of this paper to describe such algorithm as it is a purely combinatorial task, see e.g. (Vicha & Dohnal, 2008).

To simplify the problem, let us suppose that all three variables X_1, X_2 and X_3 (14) are positive. For example, X_1 is an investment and this is always positive. Therefore the following triple is used $(+, DX_1, DDX_1)$, where DX_1 is the first and DDX_1 is the second derivative of X_1 (12).

Another simplification is that the second derivative is ignored if the studied SS information / knowledge items are so poor that the second derivatives cannot be evaluated. It means that just the following triplet is used:

$$(+, DX_1, \text{Ignore}) = (+, DX_1, *), \text{ see (9)} \quad (15)$$

If the second derivatives are ignored or unknown then the model (14) cannot be described by the shapes given in Fig. 1. Qualitative proportionalities are therefore introduced *3). DQP is the direct qualitative proportionality and IQP is the indirect qualitative proportionality:

$$\begin{array}{ll} \text{DQP} & \text{If } X \text{ is increasing then } Y \text{ is increasing} \\ & \text{If } X \text{ is decreasing then } Y \text{ is decreasing} \quad DX = DY \end{array} \quad (16)$$

$$\begin{array}{ll} \text{IQP} & \text{If } X \text{ is increasing then } Y \text{ is decreasing} \\ & \text{If } X \text{ is decreasing then } Y \text{ is increasing} \quad DX = -DY \end{array}$$

DQP represents the following three shapes, see Fig. 1: 21, 22, and 23. IQP represents 24, 25, and 26. If a SS information item is so vague that it is not possible distinguish the shapes 21, 22 and 23 then DQP (9) is used.

4. Transitional Graphs.

The set of scenarios S (12) is not the only result of SS qualitative models. It is possible to evaluate transition among a set of scenarios S (12).

A complete set of all possible one-dimensional transitions is given in Table 1.

Table 1. A list of all one-dimensional transitions.

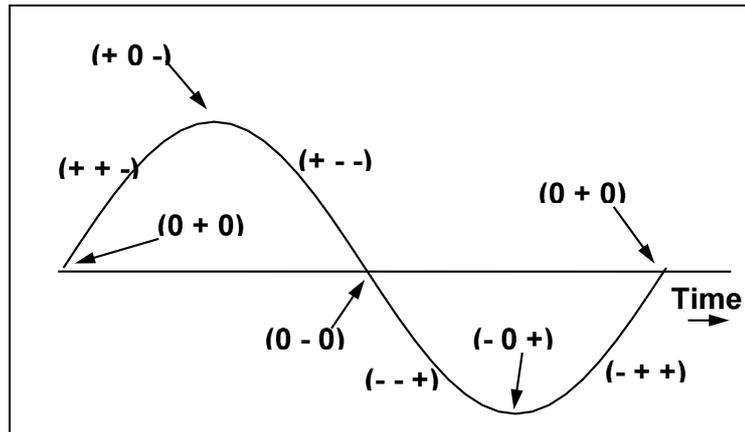
	From		a	b	c	d	e	f	g
1	+++	→	++0						
2	++0	→	+++	++-					
3	++-	→	++0	+0-	+00				
4	+0+	→	+++						
5	+00	→	+++	+--					
6	+0-	→	+--						
7	+ - +	→	+ - 0	+ 0 +	+ 0 0	0 - +	0 0 +	0 0 0	0 - 0
8	+ - 0	→	+ - +	+ - -	0 - 0				
9	+ - -	→	+ - 0	0 - -	0 - 0				
10	0 + +	→	++0	++-	+++				
11	0 + 0	→	++0	++-	+++				
12	0 + -	→	++-						
13	0 0 +	→	+++						
14	0 0 0	→	+++	---					
15	0 0 -	→	---						
16	0 - +	→	--+						
17	0 - 0	→	--0	--+	---				
18	0 - -	→	--0	--+	---				
19	- + +	→	- + 0	0 + +	0 + 0				
20	- + 0	→	- + -	- + +	0 + 0				
21	- + -	→	- + 0	- 0 -	- 0 0	0 + -	0 0 -	0 0 0	0 + 0
22	- 0 +	→	- + +						
23	- 0 0	→	- + +	---					
24	- 0 -	→	---						

25	--+	→	--0	-0+	-00				
26	--0	→	---	--+					
27	---	→	--0						

Source: Own elaboration.

For example, the 7-th line of Tab. 1 indicates that it is possible to transfer the triplet (+ - +) (12) into the triplet (+ - 0). This transition is not the only possible. There are six more possible transitions. Figure 2 gives, as an example a qualitative description of an oscillation.

Figure 2. Qualitative one-dimensional time record of an oscillation.



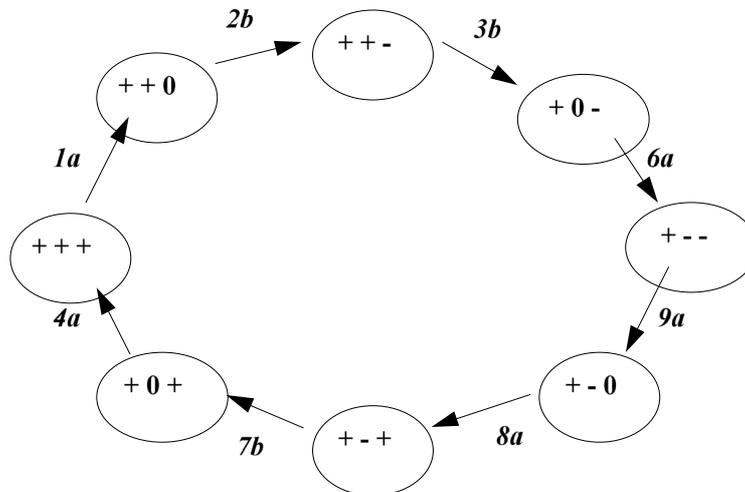
Source: Own elaboration.

A transitional graph G is an oriented graph. Its nodes are the set of scenarios S (12) and oriented arcs are the transitions T :

$$G(S, T) \tag{17}$$

To demonstrate a simplicity of qualitative models, let us suppose that the oscillation, see Fig. 2, takes place in the positive values only. The transitional graph G (17) based on the modified set of scenarios given in Fig. 2 is represented by the transitions given in Figure 3 (see Table 1):

Figure 3. Transitional graph of an oscillation.



Source: Own elaboration.

For example, the one-dimensional transition $(+ + -) \rightarrow (+ 0 -)$ is done using the 3-rd line of Table 1 and its b-th column.

Figure 3 represents a transitional graph with 8 scenarios and 8 transitions T (17).

5. Case Study.

SSs can be described by a broad spectrum of models and specific variables. The following set of SS features / parameters is used in this paper, for details see (Lesca et al., 2012):

Variable	Abbreviation	Short Characteristic	
Reliability	RE	How much confidence can we have?	
Novelty	NO	Is the message new to me?	
Freshness	FR	Is this information fresh?	
Repetition	RP	Is this information repeatedly available?	(18)
Relevance	RL	Does this information concern my environment?	
Importance	IM	Does this information concern circumstances likely to have a strong impact?	
Opportunity	OP	An opportunity for my company	
Risk	RI	There is a threat to my company?	
Reactivity	RA	Swift action is required	
Substitution	SU	Current strengths of my competitive position could be replaced	
Surprise	SR	Do I find this information surprising, unexpected or strange?	
Variety	VA	Does this information bring to mind multiple plausible developments?	

The qualitative definition of a variable does not require the relevant dimension.

The model, developed by a team of expert using the conclusions given in (Lesca et al., 2012), is represented by 12 ELEs, $w = 12$ (13).

see Fig. 1		X	Y	
1	26	NO	RE; see (18)	
2	25	RE	FR	
3	26	RP	NO	
4	21	RP	RE	
5	21	IM	RL	
6	23	OP	IM	(19)
7	DQP see (16)	RL	OP	
8	DQP	RA	OP	
9	DQP	RI	RE	
10	IQP	SU	RL	
11	DQP	VA	NO	
12	IQP	SR	RP	

The ELEs model (19) incorporates relations Nos. 7 - 12 that are based on qualitative proportionalities (16). It means that the team of experts was not able to choose the relevant qualitative shapes from Fig. 1.

The first version of a qualitative model often contains inconsistencies and has no therefore solution (Dohnal, 1988). If the solution of the model (19) is based just on the first derivatives, see (+, evaluate, ignore), then it is easier to identify and eliminate all inconsistencies. There are no inconsistencies in the model (19).

There are just three scenarios ($m = 3$, (12)) if the triplets (+, evaluate, ignore *) (15) are considered:

RE	NO	FR	RP	RL	IM	OP	RI	RA	SU	SR	VA, see (18)	
1	++*	+-*	+-*	++*	++*	++*	++*	++*	++*	+-*	+-*	+-*
2	+0*	+0*	+0*	+0*	+0*	+0*	+0*	+0*	+0*	+0*	+0*	+0*
3	+-*	++*	++*	+-*	+-*	+-*	+-*	+-*	+-*	++*	++*	++*

(20)

The second scenario (20) is the steady state scenario - all the first derivatives are zeros.

If the second derivatives are taken into consideration then the following set of 29 scenarios is obtained as the solution of the model (19):

	RE	NO	FR	RP	RL	IM	OP	RI	RA	SU	SR	VA
1	+++	+--	+--	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+--	+--	+--
2	+++	+--	+--	+++	+++	++0	+++	+++	+++	+--	+--	+--
3	+++	+--	+--	+++	+++	+-	+++	+++	+++	+--	+--	+--
4	+++	+--	+--	++0	+++	+++	+++	+++	+++	+--	+0	+--
5	+++	+--	+--	++0	+++	++0	+++	+++	+++	+--	+0	+--
6	+++	+--	+--	++0	+++	+-	+++	+++	+++	+--	+0	+--
7	+++	+--	+--	+-	+++	+++	+++	+++	+++	+--	++	+--
8	+++	+--	+--	+-	+++	++0	+++	+++	+++	+--	++	+--
9	+++	+--	+--	+-	+++	+-	+++	+++	+++	+--	++	+--
10	++0	+--	+0	+-	++0	+-	++0	++0	++0	+0	++	+--
11	+-	++	++	+-	+-	+-	+-	+-	+-	++	++	++
12	+-	+0	++	+-	+-	+-	+-	+-	+-	++	++	+0
13	+-	+--	++	+-	+-	+-	+-	+-	+-	++	++	+--
14	+0+	+0-	+0-	+0+	+0+	+0+	+0+	+0+	+0+	+0-	+0-	+0-
15	+00	+00	+00	+00	+00	+00	+00	+00	+00	+00	+00	+00
16	+0-	+0+	+0+	+0-	+0-	+0-	+0-	+0-	+0-	+0+	+0+	+0+
17	++	+-	+-	++	++	++	++	++	++	+-	+-	+-
18	++	+-	+-	++	++	+0	++	++	++	+-	+-	+-
19	++	+-	+-	++	++	+--	++	++	++	+-	+-	+-
20	++	+-	+-	+0	++	++	++	++	++	+-	++0	+-
21	++	+-	+-	+0	++	+0	++	++	++	+-	++0	+-
22	++	+-	+-	+0	++	+--	++	++	++	+-	++0	+-
23	++	+-	+-	+--	++	++	++	++	++	+-	+++	+-
24	++	+-	+-	+--	++	+0	++	++	++	+-	+++	+-
25	++	+-	+-	+--	++	+--	++	++	++	+-	+++	+-
26	+0	+-	++0	+--	+0	+--	+0	+0	+0	++0	+++	+-
27	+--	+++	+++	+--	+--	+--	+--	+--	+--	+++	+++	+++
28	+--	++0	+++	+--	+--	+--	+--	+--	+--	+++	+++	++0
29	+--	+-	+++	+--	+--	+--	+--	+--	+--	+++	+++	+-

(21)

However, no consensus among the experts was achieved. A subset of experts replaced the relations 11 and 12 of the model (19) by the following relations:

$$\begin{array}{lll}
 11 \text{ DQP} & \text{VA} & \text{RL} \\
 12 \text{ DQP} & \text{RI} & \text{SR}
 \end{array}
 \tag{22}$$

The modified model (22) was solved and the following set of 25 scenarios was generated:

	RE	NO	FR	RP	RL	IM	OP	RI	RA	SU	SR	VA
1	+++	+--	+--	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+--	+++	+++
2	+++	+--	+--	+++	+++	++0	+++	+++	+++	+--	+++	+++
3	+++	+--	+--	+++	+++	+-	+++	+++	+++	+--	+++	+++
4	+++	+--	+--	++0	+++	+++	+++	+++	+++	+--	+++	+++
5	+++	+--	+--	++0	+++	++0	+++	+++	+++	+--	+++	+++
6	+++	+--	+--	++0	+++	+-	+++	+++	+++	+--	+++	+++
7	+++	+--	+--	+-	+++	+++	+++	+++	+++	+--	+++	+++
8	+++	+--	+--	+-	+++	++0	+++	+++	+++	+--	+++	+++
9	+++	+--	+--	+-	+++	+-	+++	+++	+++	+--	+++	+++
10	++0	+0	+0	+-	++0	+-	++0	++0	++0	+0	++0	++0
11	+-	++	++	+-	+-	+-	+-	+-	+-	++	+-	+-
12	+0+	+0-	+0-	+0+	+0+	+0+	+0+	+0+	+0+	+0-	+0+	+0+
13	+00	+00	+00	+00	+00	+00	+00	+00	+00	+00	+00	+00
14	+0-	+0+	+0+	+0-	+0-	+0-	+0-	+0-	+0-	+0+	+0-	+0-
15	+--+	++-	++-	+--+	+--+	+--+	+--+	+--+	+--+	++-	+--+	+--+
16	+--+	++-	++-	+--+	+--+	+0	+--+	+--+	+--+	++-	+--+	+--+
17	+--+	++-	++-	+--+	+--+	+--	+--+	+--+	+--+	++-	+--+	+--+
18	+--+	++-	++-	+0	+--+	+--+	+--+	+--+	+--+	++-	+--+	+--+
19	+--+	++-	++-	+0	+--+	+0	+--+	+--+	+--+	++-	+--+	+--+
20	+--+	++-	++-	+0	+--+	+--	+--+	+--+	+--+	++-	+--+	+--+
21	+--+	++-	++-	+--	+--+	+--+	+--+	+--+	+--+	++-	+--+	+--+
22	+--+	++-	++-	+--	+--+	+0	+--+	+--+	+--+	++-	+--+	+--+
23	+--+	++-	++-	+--	+--+	+--	+--+	+--+	+--+	++-	+--+	+--+
24	+0	++0	++0	+--	+0	+--	+0	+0	+0	++0	+0	+0
25	+--	+++	+++	+--	+--	+--	+--	+--	+--	+++	+--	+--

(23)

The intersection of two sets of scenarios S (21, 23) is surprisingly represented just by the steady state, see 15 (21) and 13 (23). It means that a modest modification (22) of the model (19) generated absolutely different set of scenarios. In other words, the models (19, 22) are qualitatively very sensitive.

There are four qualitative different set of variables V, see (23)

V ₁	RE	RL	OP	RI	RA	SR	VA
V ₂	NO	FR	SU				
V ₃	IM						
V ₄	RP						

(24)

For example, the columns RE and RL in (23) are the same. The variables RE and RL are qualitative indistinguishable. The 12 dimensional model (22) can be replaced by four dimensional model. The variables (18) must be just replaced by the variables V (24).

The scenario No. 10 (23):

	RE	NO	FR	RP	RL	IM	OP	RI	RA	SU	SR	VA
10	++0	+0	+0	+-	++0	+-	++0	++0	++0	+0	++0	++0

(25)

has just two nonlinear variables: RP and IM; their triplet is (+ + -). The following variables are increasing linearly (+ + 0), (25):

RE	RL	OP	RI	RA	SR	VA
----	----	----	----	----	----	----

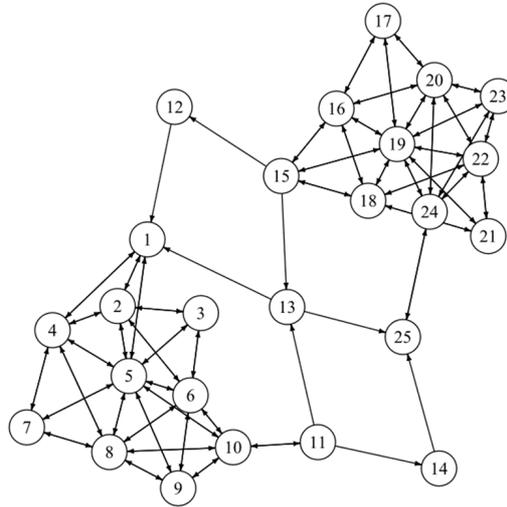
(26)

The following variables, see (17), are decreasing linearly (+ - 0):

$$\text{NO FR SU} \quad (27)$$

The transitions T (17) among the set of scenarios (23) is represented by the transitional graph (see Figure 4).

Figure 4. Transitional graph G based on the set of scenarios (23).



Source: Own elaboration.

A simple visual analysis of the transitional graphs indicates that there are no isolated scenarios. The scenarios Nos. 12 and 14 have one input and one output.

The scenario 13 (23) is the steady state; all its derivatives are zeros (+ 0 0). Let us suppose that the current scenario is the scenario No. 13 and the goal scenario, chosen by a SS researcher, is the scenario No. 10. It is a (semi) subjective choice of SS experts to target the scenario No. 10. There are many paths leading from 13 → 10. The first transition must be 13 → 1, see Fig. 4. A possible path leading from the scenario No. 1 to the scenario No. 10 is:

	RE	NO	FR	RP	RL	IM	OP	RI	RA	SU	SR	VA
1	+++	+--	+--	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+--	+++	+++
5	+++	+--	+--	++0	+++	++0	+++	+++	+++	+--	+++	+++
10	++0	+0-	+0-	++-	++0	++-	++0	++0	++0	+0-	++0	++0

(28)

There are several possible interpretations of sets of scenarios. It depends on different interpretations of the variables (18). Some variables can be under a control of a decision maker. The rest of variables is outside the control and represents lotteries controlled by stochastic mechanisms. Many different (partially) subjective interpretations of the types of variables (18) are possible. For example:

$$\begin{array}{ll} \text{Decision variables} & \delta \quad \text{OP, VA} \\ \text{Lottery variables} & \lambda \quad \text{RE, NO, FR, RP, RL, IM, RI, RA, SU, SR} \end{array} \quad (29)$$

Two variables, RP and IM, must be changed to transfer the scenario No. 1 to the scenario No. 5, see (28). It means that this transition depends exclusively on lotteries, see (29). The transition 5 → 10, see (28), is partially controlled by the following one-dimensional transitions:

$$\begin{array}{ll} \text{OP} & (+++) \rightarrow (++) \\ \text{VA} & (+++) \rightarrow (++) \end{array}$$

6. Conclusion.

At present, most of the techniques employed for various SS problems are of statistical nature. The formal tools do not always contribute as much as expected towards a full understanding of the SS tasks. It is no paradox that less information-intensive methods of SS analysis often give more realistic / applicable results.

There are three main advantages of the qualitative SS studies:

- No numerical / fuzzy / rough/ verbal quantifiers are needed.
- It is possible to develop multidimensional SS based on vague heuristics.
- No SS feature can be missed if the analysis is based on a good qualitative model.

The most significant disadvantage is that the SS results are just qualitative. However, if the obvious total absence of deep knowledge SS items is taken into consideration then SS tasks analysis based on qualitative trends represents a significant progress. Moreover, development of qualitative SS models is based on common sense reasoning and expert knowledge only.

A SS user requires transparent and easy to understand explanations why different algorithms generate some scenarios. If formal tools are mathematically too demanding then it is very difficult to introduce them into the SS community. Qualitative SS models are difficult to solve but easy to interpret and understand.

Assessments of SS tasks are often decision-making problems requiring multi-criteria decision-making methods taking into account the conflicting objectives underlying different aspects of SSs.

References

- Cai, S., Lin, X., Xu, D., & Fu, X. (2016). Judging online peer-to-peer lending behavior: A comparison of first-time and repeated borrowing requests. *Information and Management*, 53(7), 857-867.
- De Kleer, J., & Brown, J.S. (1984). A qualitative physics based on confluences. *Artificial Intelligence*, 24(1-3), 7-83.
- Dohnal, M. (1988). Naive models as active expert system in bioengineering and chemical engineering. *Collection of Czechoslovak Chemical Communications*, 53(7), 1476-1499.
- Dohnal, M. (1991). A Methodology for Common-sense Model Development. *Computers in Industry*, 16(2), 141-158.
- Dohnal, M., Kocmanova, A., & Rašková, H. (2008). Hi tech microeconomics and information non-intensive calculi. *Trendy ekonomiky a management*, II, 20-26.
- Garnett, K., Lickorish, F.A., Rocks, S.A., Prpich, G., Rathe, A.A., Pollard, S.J.T. (2016). Integrating horizon scanning and strategic risk prioritisation using a weight of evidence framework to inform policy decisions. *Science of The Total Environment*, 560-561, 82-91.
- Hayes, P.J. (1985a). Naive Physics I: Ontology For Liquids. In J.R. Hobbs & B. Moore (eds), *Formal Theories of the Commonsense World*, Ablex (pp. 71-89). California: SRI International.
- Hayes, P.J. (1985b). The Second Naive Physics Manifesto. In J.R. Hobbs & B. Moore (eds), *Formal Theories of the Commonsense World*, Ablex (pp. 1-36). California: SRI International.

- Hendry, D.F. (1995). *Dynamic Econometrics*. Oxford: Oxford University Press.
- Kuipers, B. (1994). *Qualitative reasoning: modeling and simulation with incomplete knowledge*. Cambridge: MIT Press.
- Lesca, N., Caron-Fasan, M.-L., & Falcy, S. (2012). How managers interpret scanning information. *Information and Management*, 49(2), 126-134.
- Lipmann, O., & Bogen, H. (1923). *Naive Physik: Arbeiten aus dem Institut für Angewandte Psychologie in Berlin; theoretische und experimentelle Untersuchungen über die Fähigkeit zu intelligentem Handeln*. Leipzig: Johann Ambrosius Barth.
- Ljung, L. (1999). *System Identification: Theory For the User*. New Jersey: Prentice Hall.
- Loève, M. (1977). *Probability Theory I*. New York: Springer-Verlag.
- Lorenz, H.-W. (1989). *Nonlinear dynamical economics and chaotic motion*. Berlin: Springer.
- Meluzin, T., & Zinecker, M. (2014). Research into Determinants Influencing IPO Decisions on the Polish Capital Market (Determinanten der Entscheidung für eine Börseneinführung unter den Bedingungen des polnischen Kapitalmarktes - Ergebnisse einer empirischen Untersuchung). *Betriebswirtschaftliche Forschung und Praxis*, 66(6), 652-671.
- Michalewicz, Z., & Fogel, D.B. (2004). *How to solve it: Modern Heuristics*. Berlin: Springer.
- Mu, E., Kirsch, L.J., & Butler, B.S. (2015). The assimilation of enterprise information system: An interpretation systems perspective. *Information and Management*, 52(3), 359-370.
- Mueller, E.T. (2014). *Commonsense Reasoning: An Event Calculus Based Approach*. San Francisco: Morgan Kaufmann.
- Myers, M.D., & Newman, M. (2007). The qualitative interview in IS research: Examining the craft. *Information and Organization*, 17(1), 2-26.
- Parsons, S., Kubat, M., & Dohnal, M. (1995). A rough set approach to reasoning under uncertainty. *Journal of Experimental*, 7(2), 175-193.
- Ramakrishnan, T., Jones, M.C., & Sidorova, A. (2012). Factors influencing business intelligence (BI) data collection strategies: An empirical investigation. *Decision Support Systems*, 52(2), 486-496.
- Russell, B. (1948). *Human knowledge: Its scope and limits*, Routledge classics. London: George Allen and Unwin.
- Seidl, D., & Werle, F. (2017). Inter-organizational sensemaking in the face of strategic meta-problems: Requisite variety and dynamics of participation. *Strategic Management Journal*, 39(3), 830-858. DOI: 10.1002/smj.2723.
- Sen, P.K., & Singer, J.M. (1993). *Large sample methods in statistics: an introduction with applications*. New York: Chapman.
- Singh, S., & Dey, L. (2005). A rough-fuzzy document grading system for customized text information retrieval. *Information Processing and Management*, 41(2), 195-216.

- Van Wyk, R.J. (1997). Strategic technology scanning. *Technological Forecasting and Social Change*, 55(1), 21-38.
- Vicha, T., & Dohnal, M. (2008). Qualitative identification of chaotic systems behaviours. *Chaos, Solitons*, 38(1), 70-78.
- Walters, B.A., Jiang, J.J., & Klein, G. (2003). Strategic information and strategic decision making: the EIS/CEO interface in smaller manufacturing companies. *Information and Management*, 40(6), 487-495.
- Young, L.F. (1987). A systems architecture for supporting senior managers' messy tasks. *Information*, 13(2), 85-94.
- Zhang, Y.-L., Li, C.-Q., Lin, M.-L., & Lin, Y.-J. (2015). Relationships between generalized rough sets based on covering and reflexive neighborhood system. *Information Sciences*, 319, 56-67.

La relación entre la confianza y el compromiso y sus efectos en la lealtad de marca

VARGAS ROCHA, FREDERICO RAFAEL

Departamento de Economía de la Empresa

Universidad Rey Juan Carlos

Correo electrónico: frechavargas@hotmail.com

DE ESTEBAN CURIEL, JAVIER

Departamento de Economía de la Empresa

Universidad Rey Juan Carlos

Correo electrónico: javier.deesteban@urjc.es

MOURA CUNHA, LUIZ RODRIGO

Departamento de Economía de la Empresa

Fundação Pedro Leopoldo (Brasil)

Correo electrónico: luizrcmoura@gmail.com

RESUMEN

Este artículo toma en cuenta las variables confianza y compromiso del cliente para lograr la tan deseada lealtad hacia a una marca. En este sentido, se propone validar un modelo teórico compuesto por tres pilares, es decir, la confianza, el compromiso y la lealtad de marca que será útil para las empresas que poseen un enfoque orientado hacia el valor de marca (brand equity). Este estudio ha sido uno de los pioneros en el contexto académico de Brasil en usar dichos pilares al analizar una marca con más de tres décadas de historia en el sector del entretenimiento musical brasileño, que es la del Festival Rock in Rio. Se alcanzaron 725 cuestionarios en línea por medio del Facebook Ads que fueron aplicados a los participantes del Rock in Rio en la edición del año 2017. Además, se establecieron, inicialmente, 3 hipótesis que se convirtieron en 5 hipótesis durante el proceso de análisis estadístico, de las que 4 de ellas fueron aceptadas. Según los resultados empíricos obtenidos, las relaciones entre los constructos confianza/expectativa de los servicios frente a compromiso, confianza/expectativa de los servicios frente a lealtad, confianza/recuperación de los servicios frente a lealtad y compromiso frente a lealtad presentaron resultados satisfactorios. Así que la utilización de dichos constructos en el modelo de prueba produjo un R^2 de un 57,7% para el compromiso y un 83,1% para la lealtad, que son respectivamente positivos. Los hallazgos de este trabajo han sido tratados con análisis de contenido y procedimientos estadísticos basados en técnicas multivariantes.

Palabras clave: marca, confianza, compromiso, lealtad, Rock in Rio.

Clasificación JEL: M31; C16; C30; L83.

MSC2010: 62HXX; 62H15; 62H25.

The relationship between trust, commitment and its effects on brand loyalty

ABSTRACT

This article considers the customer's trust and commitment variables in attaining the much desired brand loyalty. In this sense, the present study proposed to validate a theoretic model composed of three pillars - trust, commitment and brand loyalty, which would be useful for companies with a focus on brand equity. This study was one of the first in the Brazilian academic context to utilize the aforementioned pillars in analyzing a brand with more than three decades of history in the Brazilian music entertainment sector, this being the Rock in Rio Festival. By means of the Facebook Advertisements, 725 online questionnaires were responded by participants in the 2017 edition of the Rock in Rio. In addition, three hypotheses which initially were established became five 5 hypotheses during the statistical analysis process, 4 of which were supported. According to the empirical results obtained, the relationship between the trust/service expectation X commitment, trust/service expectation X loyalty, trust/service recovery X loyalty and commitment X loyalty constructs presented satisfactory results. Therefore, the use of the said constructs in the test model yielded for commitment an R2 of 57.7% and for loyalty an R2 of 83.1%, each of which respectively is positive. The findings of this work were established on content analysis and statistical procedures based on multivariate techniques.

Keywords: brand, trust, commitment, loyalty, Rock in Rio.

JEL classification: M31; C16; C30; L83.

MSC2010: 62HXX; 62H15; 62H25.



1. Introducción.

Hoy en día, la marca puede ser considerada uno de los temas más relevantes en los estudios de *marketing*. Ésta sigue siendo, para muchas empresas, el activo intangible más rentable y la base de la ventaja competitiva en un escenario cada vez más complejo y disputado. Asimismo, las empresas, en mayor medida, están cambiando sus esfuerzos mercadológicos a fin de generar vínculos a largo plazo con los consumidores, estas relaciones crean el éxito de larga duración para las empresas y sus marcas (Bastos et al., 2015). La creación y el mantenimiento de marcas fuertes es un desafío y, sobre todo, un diferencial competitivo para las empresas, siendo la confianza, el compromiso y la lealtad de marca enfoques fundamentales en los estudios de *branding*, es decir, de la gestión de marca (Ballester, 2004).

El objetivo de este trabajo es crear un modelo teórico con el propósito de verificar la relación entre la *confianza de marca* y el *compromiso con la marca*, además de la influencia y el impacto de esas variables en la *lealtad de marca* por el consumidor. Asimismo, se llevará a cabo la validez de las escalas utilizadas para medir la *confianza*, el *compromiso* y la *lealtad de marca*.

En términos teóricos, cabe señalar que, actualmente, la *confianza* y el *compromiso* están siendo estudiados por el *marketing* y que las relaciones resultantes entre éstos y la *lealtad de marca* de los consumidores es una contribución teórica relacionada con el vínculo entre los varios constructos relativos a las marcas cuyas relaciones son estudiadas en diversos modelos teóricos. Por lo tanto, los constructos *confianza* y *compromiso* se revelan como importantes antecedentes de la *lealtad de marca* en los estudios sobre marcas (Frederico, 2004; Ercis et al., 2012; Lee et al., 2015).

En términos prácticos, a partir de la confirmación de las hipótesis planteadas de esta investigación, los gestores podrán actuar en la administración del *marketing* con el intuito de aumentar la percepción de la confianza y del compromiso con la marca, generando así un mayor nivel de lealtad de marca de los clientes, justo lo que es importante para alcanzar los buenos resultados de las empresas.

2. Revisión de la literatura.

2.1. Festival *Rock in Rio*.

La marca objeto de análisis es la marca brasileña del festival *Rock in Rio* (RIR), realizado por la empresa Rock World S.A. Con más de treinta años de historia, RIR es considerado uno de los eventos de música y entretenimiento más grandes del mundo, que ha situado a Brasil en el circuito del *show business internacional*, teniendo como elemento clave la experiencia (Carneiro, 2011; Silva & Tincani, 2013; Höpner, 2017; Rock in Rio, 2017). De las diecinueve ediciones hasta 2018, siete se realizaron en Brasil, ocho en Portugal, tres en España y una en los Estados Unidos.

El RIR ofrece variadas atracciones experienciales a su público objetivo, como, por ejemplo, en la edición del año 2017 en Río de Janeiro: “Yo me voy a casar en *Rock in Rio*”, Mega Drop, Montaña Rusa, Tirolina, Rueda Gigante, Game XP, entre otras (Rock World, 2017).

A continuación, se presenta la Figura 1, con los datos del Festival *Rock in Rio* del año 1985 hasta 2016.

Figura 1. Los números del gigante musical (1985-2016).

Rock in Rio	17 ediciones desde 1985
	4 países
	101 días de magia desde 1985
	1 588 artistas seleccionados
	8,5 millones de personas en la platea
	3 millones de árboles donados a la Amazonia
	182 mil empleos generados
	11 millones de fans en línea
	500 millones de personas impactadas en 2015

Fuente: Elaboración propia a partir de Rock in Rio (2017) y Rock World (2017)

La propuesta de valor del RIR tiene la premisa de “proporcionar experiencias inolvidables a través de la música” (Rock World, 2016 citado por Höpner, 2017, p. 86, traducción de los autores).

El RIR se esfuerza constantemente en la construcción de experiencias de consumo, denominadas *experiencia 360°*, que no se dirigen al consumidor exclusivamente durante el festival, sino también antes y después del evento. Estas experiencias se desarrollan en función de las relaciones: (1) *Consumidor-Rock in Rio* que se realizan acciones de comunicación para interactuar con el público objetivo para crear momentos, que son los que pueden ser recordados y contienen la historia de los participantes en el festival de diversas formas; (2) *Rock in Rio Socios (partners)* que se realizan acciones de comunicación para interactuar con los socios y patrocinadores del RIR para que ellos puedan posibilitar experiencias a sus empleados y sus clientes (Höpner, 2017; Rock World, 2017).

2.2. Confianza.

Una de las principales líneas de estudio acerca de la confianza en la marca se basa en un tratamiento psicológico, cuyo fundamento reside en la expectativa del consumidor con relación a la confiabilidad ante una marca. La esencia de este enfoque consiste en la creencia de que los consumidores tienen en consideración las cualidades específicas que la marca posee y que la convierten en consistente, competitiva, honesta y responsable (Chaudhuri & Holbrook, 2001; Ballester, 2004; Ballester & Alemán, 2005).

Para Chaudhuri y Holbrook (2001), “la confianza de marca es la voluntad del consumidor de confiar sobre la capacidad de la marca para desempeñar su función declarada” (p. 82, traducción de los autores). En este mismo sentido, Sahin et al. (2011) afirman que la confianza en la marca puede ser entendida como la creencia del consumidor de que la empresa irá a cumplir aquello que se les ha prometido.

Ballester et al. (2003) y Bastos et al. (2015) identificaron que la confianza en la marca está significativamente relacionada con la lealtad de marca y proponen una escala válida y que refuerza la tesis de que la confianza en la marca es un constructo central en el desarrollo de las relaciones a largo plazo con los consumidores.

La confianza en la marca es uno de los factores más importantes que influye directamente en la lealtad de marca (Chaudhuri & Holbrook, 2001; Sung & Kim, 2008). Existen diversos estudios que explican los impactos significativos de la confianza en la lealtad de actitud y la lealtad de

comportamiento (Matzler et al., 2006; Matzler et al., 2008; Anuwichhanont, 2011; Hanzae & Andervazh, 2012).

Lee et al. (2015) señalan que la confianza en la marca lleva a la lealtad o el compromiso de marca, porque la confianza crea relaciones de intercambio que son altamente valoradas. Una importante consecuencia de la confianza es una relación duradera. Estos investigadores que han examinado empíricamente la relación entre confianza y lealtad han encontrado que la confianza es un determinante clave de la lealtad de marca.

En el contexto empresarial, la confianza está relacionada con la habilidad y la capacidad atribuidas a una empresa para realizar algunas actividades y cumplir sus obligaciones y sus promesas con las partes interesadas (Bastos et al., 2015). Sin embargo, la confianza en la marca es algo que va más allá del resultado de las percepciones de los atributos del producto, puesto que es el resultado de las acciones de la empresa en nombre de la marca, asimismo, puede ser desarrollada y ser fruto de la experiencia con la marca (Ballester & Alemán, 2001). Por lo tanto, la confianza en la marca está directamente relacionada con las experiencias vivenciadas por los consumidores con la marca, en que ésta se ha mostrado enfocada a la propuesta de valor promocionada y las expectativas de satisfacer las necesidades (Koetz et al., 2009; Bastos et al., 2015).

Breitenbach (2016) sostiene, a través de sus estudios, la confirmación de que la confianza en la marca impacta positivamente en el compromiso, en consonancia con los modelos orientativos y también con la literatura contemporánea acerca de dicho tema (Guo et al., 2015; Ponder et al., 2016). La confianza en la marca y el compromiso ejercen papeles complementares en la relación entre marcas y consumidores, además deben ser objeto de estrategias específicas por parte de las empresas, según señala Breitenbach (2016).

A partir de lo anterior, se pueden establecer las siguientes hipótesis:

H1: La confianza tiene un efecto significativamente positivo sobre el compromiso.

H2: La confianza tiene un efecto significativamente positivo sobre la lealtad.

2.3. Compromiso.

El compromiso ha recibido una gran atención tanto a lo largo de toda la literatura del *marketing* como en los últimos trabajos de investigación que han abordado, específicamente, el compromiso entre consumidor y marcas (Fullerton, 2003, 2014; Evanschitzky et al., 2006; Kim et al., 2008; Kemp & Bui, 2011; Ercis et al., 2012; Mathew et al., 2012; Kazemi et al., 2013; Sallam, 2015).

Dicho concepto aparece, también, reconocido como un importante ingrediente esencial para el éxito de las relaciones de forma prolongada entre empresas y clientes (Morgan & Hunt, 1994; Palmatier et al., 2006; Palmatier, 2008; Palmatier et al., 2013; Guede, 2014; Breitenbach, 2016).

El compromiso puede ser traducido como un deseo duradero del consumidor en mantener una relación con una marca (Moorman et al., 1992) y estaría caracterizado por apegos económicos, emocionales y psicológicos de consumidores y marcas (Evanschitzky et al., 2006). Desde un punto de vista experiencial, el compromiso puede ser considerado como una segunda fuente de experiencia más allá de la fuente hedónica de la experiencia, que es resultante de una fuerza motivacional para hacer o no que algo acontezca (Higgins, 2006; Doorn et al., 2010). Para Guede (2014) el compromiso puede ser entendido como el nivel del estado de ánimo de una persona que resulta de comparar el rendimiento percibido de un producto o servicio con sus experiencias.

Considerando el contexto de las marcas, Ercis et al. (2012), Kazemi et al. (2013) y Sallam (2015) defienden que el compromiso puede dividirse en dos componentes: compromiso emocional (o afectivo) y compromiso de continuidad. Existe una relación significativa entre el compromiso emocional (o

afectivo) y la marca; esto se refiere al poderoso sentimiento personal y emocional basado en la identificación y los valores compartidos de la marca, es decir, se refiere a la profunda pertenencia hacia ésta. En el compromiso de continuidad, el cliente podrá cambiar de marca según su estado psicológico temporal, puesto que no existe un fuerte sentimiento hacia ella.

Evanschitzky et al. (2006) subrayan en sus investigaciones que el compromiso afectivo, en comparación con el compromiso de continuidad, según ya fue abordado por otro autor (Fullerton, 2003), presenta una mayor influencia en la lealtad. El impacto relativamente más fuerte del compromiso afectivo, comparado con el compromiso de continuidad, es consistente e impulsa el comportamiento de lealtad. Este hallazgo tiene importantes implicaciones para la lealtad del cliente que la reconoce como una construcción multidimensional.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el artículo de Ercis et al. (2012), el papel de la satisfacción y el compromiso de continuidad en la lealtad es menor, mientras que la confianza y el compromiso afectivo tienen un efecto importante en la creación de la lealtad del consumidor. Por lo que estos autores sugieren que las empresas den más importancia a la creación de confianza y compromiso afectivo para lograr lealtad hacia sus marcas, porque el compromiso de continuidad no demuestra que los consumidores sean totalmente leales. Para tener éxito, las empresas deben ofrecer diversas y válidas razones para que sus clientes continúen comprando sus productos y sus servicios al entrar en el mundo de los consumidores y, de esta forma, alcanzar la completa lealtad (Ercis et al., 2012).

Por último, Mathew et al. (2012) añaden el papel del compromiso de marca sobre las intenciones de lealtad en la formación del valor de marca (*brand equity*).

A partir de lo anterior, se puede establecer la siguiente hipótesis:

H3: El compromiso tiene un efecto significativamente positivo sobre la lealtad.

2.4. Lealtad.

La variable lealtad se asume como un esfuerzo de la empresa para mantener la conexión con el cliente, siendo así de vital importancia su creación y su sustentación diaria, debido a la fuerte competencia del contexto actual. La lealtad tiene, de esta manera, una importancia mayor en la estrategia empresarial, lo que obliga a una mayor comprensión de su dimensión (Rodrigues, 2015).

Ballester (2004) subraya que:

mientras que para unos investigadores la lealtad se manifiesta como la recompra persistente de una marca a lo largo del tiempo, para otros toma la forma de un compromiso psicológico del consumidor con la marca que se traduce en una actitud positiva y en una intención de recompra. (p.17)

Colmenares y Saavedra (2007) sostienen que la lealtad se orienta en tres enfoques: comportamental, actitudinal y actitudinal-comportamental. La lealtad comportamental ocurre en la repetición en el momento de la compra de un mismo producto, una marca o un proveedor. La lealtad actitudinal sucede en el compromiso psicológico del consumidor, según los sentimientos y los afectos positivos de una empresa, una marca o un producto de acuerdo con la experiencia en relación con sus necesidades. Y, por último, la lealtad actitudinal-comportamental, que se produce cuando la lealtad no concierne solo al comportamiento de recompra o al compromiso, sino a ambos, como un compromiso psicológico del consumidor con la marca.

Según el estudio de Henning-Thurau et al. (2002), los constructos: confianza y compromiso están relacionados directamente con la lealtad. Estos autores señalan que la lealtad resulta mejor explicada cuando se considera el efecto mediador de la confianza y el compromiso, que cuando se proponía un efecto aislado de estos constructos sobre la lealtad.

3. Metodología.

Con el fin de confirmar las hipótesis creadas y presentadas previamente para este proyecto de investigación, los autores de este artículo han aplicado la siguiente metodología científica: enfoque cuantitativo por medio de una encuesta en línea.

3.1. Enfoque cuantitativo.

El enfoque cuantitativo, según Sampieri et al. (2006), “usa la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías” (p.6, traducción de los autores).

La investigación del tipo descriptiva se basa en una recolección de datos estructurada y sometida a la respuesta del número (muestra) representativo de la población de estudio (Hair et al., 2010; Malhotra et al., 2012), consistiendo en las fases de recolectar datos, tabular los datos, calcular la frecuencia para las variables investigadas e interacciones entre sí, además de los respectivos análisis y las interpretaciones del mismo objeto (Malhotra et al., 2012). Los estudios descriptivos, normalmente, se estructuran en función de hipótesis o preguntas investigativas, previamente estructuradas e integrantes del modelo teórico (Churchill, 1999).

3.2. Encuesta en línea.

En este artículo, considerando el objetivo y las hipótesis planteadas se ha aplicado la técnica de la encuesta en línea, ya que, para obtener la información primaria, se ha necesitado realizar a los individuos una serie de preguntas sobre sus comportamientos, sus intenciones, sus actitudes y sus conocimientos sobre la marca investigada.

3.3. Diseño de la encuesta en línea.

Con el fin de confirmar las hipótesis que se ven al comienzo de este artículo, se ha llevado a cabo una técnica de encuesta en línea a los participantes del festival RIR en la edición del año 2017 en la ciudad de Río de Janeiro (Brasil). El cuestionario aplicado se ha estructurado en cuatro bloques para recopilar información, actitudes y opiniones sobre la experiencia de marca de RIR.

A continuación, se presenta la Tabla 1 con los constructos, los códigos, los ítems y los autores que han servido de referencia para desarrollar los bloques 1, 2 y 3 del cuestionario. Dicho cuestionario fue elaborado en portugués, porque, al celebrarse en Brasil, la mayoría de los asistentes tenían como lengua materna este idioma. Éste fue probado el día 15 de septiembre de 2017, en el primer día del festival RIR en la Ciudad del *Rock*, con una muestra de 35 personas de diferentes edades, géneros y nivel de estudios, con el fin de garantizar la adecuada comprensión de las preguntas; no ha sido necesario adecuar el cuestionario y tampoco esos cuestionarios probados fueron incorporados en la muestra. Tomó más de 8 minutos completar un cuestionario en línea y con un índice de respuesta del 42% al considerar la herramienta utilizada. Se han utilizado dos acciones para recolección de datos: contacto directo y Facebook Ads. Fueron 1.018 cuestionarios en línea contestados, de los cuales 725 cuestionarios han sido válidos para la investigación empírica. Para medir las variables de las preguntas, se aplicaron escalas intervalo de diez puntos para determinar la sensibilidad de estas variables. Los cuestionarios en línea han sido facilitados por el enlace disponible en la campaña publicitada en el Facebook Ads y estuvo disponible durante 20 días en el mes de diciembre de 2017. Los cuestionarios contestados por la acción de contacto directo estuvieron disponibles en los meses de octubre, noviembre y diciembre del año 2017, con un insignificante índice de respuesta. Por lo tanto, la población total consistió en todos los participantes del Festival RIR que asistieron a la edición del año 2017. Los autores han tomado una muestra de 725 encuestados (muestreo no probabilístico). Finalmente, los datos primarios obtenidos se analizaron con los paquetes estadísticos para ciencias sociales (IBM SPSS V.20 y AMOS V.21) para análisis multivariante.

Tabla 1. Constructos, códigos, ítems y autores consultados.

Constructo	Código	Ítem	Referencia bibliográfica
Confianza	CONF1	El <i>Rock in Rio</i> cumple mis expectativas.	Ballester et al. (2003)
	CONF2	El <i>Rock in Rio</i> nunca me decepciona.	
	CONF3	Yo siento confianza en el nombre <i>Rock in Rio</i> .	
	CONF4	El <i>Rock in Rio</i> es una garantía de satisfacción.	
	CONF5	El <i>Rock in Rio</i> es honesto y sincero cuando se refiere a mis intereses.	
	CONF6	Yo podría contar con el <i>Rock in Rio</i> para resolver mis problemas relacionados con los servicios prestados.	
	CONF7	El <i>Rock in Rio</i> haría cualquier esfuerzo para satisfacerme como cliente.	
	CONF8	El <i>Rock in Rio</i> me compensaría de alguna manera por cualquier problema con sus servicios.	
Compromiso	COMP1	Sería muy difícil cambiar el <i>Rock in Rio</i> por otro festival, aunque yo quisiera.	Ercis et al. (2012)
	COMP2	Sería una pérdida para mí si yo cambiase el <i>Rock in Rio</i> por otro festival de música.	
	COMP3	Me siento fuertemente conectado con el <i>Rock in Rio</i> .	
	COMP4	Compensa en términos económicos ser cliente del <i>Rock in Rio</i> .	
	COMP5	Sería malo económicamente para mí si dejara de ser cliente del <i>Rock in Rio</i> .	
	COMP6	El <i>Rock in Rio</i> tiene una ubicación mejor (está mejor situado) en comparación con otros festivales.	
	COMP7	El <i>Rock in Rio</i> se interesa en cómo participo en los conciertos del festival.	
	COMP8	Siempre doy retorno al <i>Rock in Rio</i> sobre mis percepciones del festival.	
Lealtad	LEA1	Me considero leal al <i>Rock in Rio</i> .	Oliver (1999)
	LEA2	Incluso si hay otras opciones, el <i>Rock in Rio</i> es mi primera opción de conciertos y festivales de música.	
	LEA3	Creo que vale la pena seguir yendo al <i>Rock in Rio</i> .	
	LEA4	Si mis condiciones económicas me lo permiten, prefiero ir al <i>Rock in Rio</i> .	
	LEA5	Yo iré al <i>Rock in Rio</i> de nuevo.	

Fuente: Elaboración propia.

4. Análisis de los datos.

4.1. Detección de los *outliers* multivariantes: cálculo de la distancia de Mahalanobis (D^2).

Los *outliers* multivariantes deben ser identificados y analizados con objetivo de eliminarlos o no, pues pueden incidir sobre los resultados finales del análisis estadístico. Así, de esta manera, fueron calculados los valores de la distancia de Mahalanobis (D^2) para todos los elementos de la muestra y todos aquellos que presentaron un valor de D^2 arriba del valor de la prueba Chi-cuadrado (X^2) con el número de grados de libertad correspondientes al número de las variables y con significación de 0,001 han sido considerados *outliers* multivariantes (Hair et al., 2009). Como resultado final, fueron identificados y retirados 155 *outliers* multivariantes. Por consiguiente, la muestra final se ha quedado con 725 elementos.

4.2. Prueba de normalidad multivariante Kolmogorov-Smirnov (K-S).

Según Malhotra (2010), la prueba de Kolmogorov-Smirnov (K-S) consiste en el contraste de la función acumulativa de una variable con una distribución específica. Para que la distribución sea considerada normal, el valor de significación (sig.) debe ser mayor de 0,05 y que la distribución sea considerada anormal (o no normal), el valor de significación (sig.) debe ser inferior a 0,05.

Los resultados obtenidos indican que la muestra de este estudio no sigue una distribución normal para todos los ítems investigados.

4.3. Distribución de la frecuencia: características de la muestra.

La muestra para el estudio empírico se ha realizado en el ámbito nacional de Brasil, en 196 ciudades, de las cuales se obtuvieron 725 encuestados, y posee las principales características demográficas: brasileños, sexo femenino, solteras, 18 años hasta 34 años, con una educación superior completa, ingresos desde cinco hasta diez sueldos mínimos mensuales (R\$ 937,00 ha sido el sueldo mínimo en Brasil en la fecha de recolección de datos (diciembre 2017), 937 reales = 201,50 euros / Tasa de cambio 4,65€ en 01/10/18) y viven en la región sudeste de Brasil, que es la misma región de origen del festival RIR.

La muestra utilizada, por tanto, está compuesta por miembros de la clase media de Brasil, lo que está en consonancia con el público objetivo del festival RIR y sus políticas de precio.

4.4. Análisis descriptivo: cálculo de la media.

El análisis descriptivo de los datos fue realizado a partir del cálculo de la media del n muestral, siendo mínimo 0 y máximo 10, de cada variable de los constructos que componen el modelo de prueba.

El constructo confianza, de acuerdo con la Tabla 2, presentó un promedio de 8,67. El ítem CONF8 exhibe el menor promedio de este constructo de 8,09. Mientras que el ítem CONF3 muestra el mayor promedio de 9,32. Un resultado predecible, dado que el RIR tiene más de tres décadas de historia y está entre los mayores eventos de música y entretenimiento del mundo (Carneiro, 2011; Silva & Tincani, 2013; Höpner, 2017; Rock in Rio, 2017). A los clientes que desistieron de asistir el primer día de la edición de 2017 del RIR porque Lady Gaga canceló su participación, fueron resarcidos con la devolución del pago de las entradas/pulseras.

Tabla 2. Análisis descriptivo del constructo: confianza.

Constructo / Ítem	n	Mínimo	Máximo	Media
Confianza	725	n.d ^a	n.d	8,67
CONF1 – El <i>Rock in Rio</i> cumple mis expectativas.	725	4	10	9,25
CONF2 – El <i>Rock in Rio</i> nunca me decepciona.	725	1	10	8,48
CONF3 – Yo siento confianza en el nombre <i>Rock in Rio</i> .	725	4	10	9,32
CONF4 – El <i>Rock in Rio</i> es una garantía de satisfacción.	725	3	10	9,04
CONF5 – El <i>Rock in Rio</i> es honesto y sincero cuando se refiere a mis intereses.	725	3	10	8,79
CONF6 – Yo podría contar con el <i>Rock in Rio</i> para resolver mis problemas relacionados con los servicios prestados.	725	0	10	8,14
CONF7 – El <i>Rock in Rio</i> haría cualquier esfuerzo para satisfacerme como cliente.	725	2	10	8,26
CONF8 – El <i>Rock in Rio</i> me compensaría de alguna manera por cualquier problema con sus servicios.	725	0	10	8,09

^aNo disponible

Fuente: Elaboración propia.

De esa manera, dicho constructo también presenta un alto promedio, de lo que se puede inferir que la marca del festival RIR posee una relación de confianza con sus clientes que ha sido construida desde la primera edición en 1985.

Tabla 3. Análisis descriptivo del constructo: compromiso.

Constructo / Ítem	<i>n</i>	Mínimo	Máximo	Media
Compromiso	725	n.d ^a	n.d	7,86
COMP1 – Sería muy difícil cambiar el <i>Rock in Rio</i> por otro festival, aunque yo quisiera.	725	0	10	8,47
COMP2 – Sería una pérdida para mí si yo cambiase el <i>Rock in Rio</i> por otro festival de música.	725	0	10	7,68
COMP3 – Me siento fuertemente conectado con el <i>Rock in Rio</i> .	725	0	10	8,86
COMP4 – Compensa en términos económicos ser cliente del <i>Rock in Rio</i> .	725	0	10	8,08
COMP5 – Sería malo económicamente para mí si dejara de ser cliente del <i>Rock in Rio</i> .	725	0	10	5,63
COMP6 – El <i>Rock in Rio</i> tiene una ubicación mejor (está mejor situado) en comparación con otros festivales.	725	0	10	8,58
COMP7 – El <i>Rock in Rio</i> se interesa en cómo participo en los conciertos del festival.	725	1	10	8,28
COMP8 – Siempre doy retorno al <i>Rock in Rio</i> sobre mis percepciones del festival.	725	0	10	7,31

^aNo disponible

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 3, se puede visualizar que el constructo *compromiso* presentó el menor promedio de 7,86, en comparación con los demás constructos analizados. El ítem COMP5 exhibe el menor promedio de este constructo de 5,63. Mientras que el ítem COMP3 mostró el mayor promedio de 8,86. Este resultado es predecible debido al valor de las entradas/pulseras, en la edición de 2017, tuvieron un coste unitario de R\$455,00/día (455 reales = 97,85€ / Tasa de cambio 4,65€ en 01/10/18), lo que se considera caro en función del sueldo mínimo de los brasileños que es de R\$954,00 (954 reales = 205,16€ / Tasa de cambio 4,65€ en 01/10/18) en 2018 (IBGE, 2018). Así que, en contraste con la COMP5, sería bueno económicamente dejar de ser cliente del RIR desde el punto de vista del ahorro, pero la conexión de los clientes con la marca es demasiado fuerte y ésta no se lo permite. Aunque el constructo compromiso muestre el menor promedio en comparación con los demás, todavía se considera alto y significativo. Así que el festival RIR busca, continuamente, conectarse con sus clientes con el objetivo de ofrecer la *experiencia 360°*.

Tabla 4. Análisis descriptivo del constructo: lealtad.

Constructo / Ítem	<i>n</i>	Mínimo	Máximo	Media
Lealtad	725	n.d ^a	n.d	9,28
LEA1 – Me considero leal al <i>Rock in Rio</i> .	725	2	10	8,82
LEA2 – Incluso si hay otras opciones, el <i>Rock in Rio</i> es mi primera opción de conciertos y festivales de música.	725	2	10	8,96
LEA3 – Creo que vale la pena seguir yendo al <i>Rock in Rio</i> .	725	3	10	9,57
LEA4 – Si mis condiciones económicas me lo permiten, prefiero ir al <i>Rock in Rio</i> .	725	2	10	9,43
LEA5 – Yo iré al <i>Rock in Rio</i> de nuevo.	725	2	10	9,61

^aNo disponible

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con el constructo *lealtad*, como se puede visualizar en la Tabla 4, el promedio presentado ha sido el más alto de los demás constructos analizados de 9,28. El ítem LEA1 exhibió el

menor promedio de este constructo de 8,82. Mientras que el ítem LEA5 mostró el promedio de 9,61, considerado el más alto de todos los ítems analizados. Este resultado, como los anteriores, era previsible, puesto que en Brasil se ofrecen otros festivales internacionales similares para el mismo público objetivo del RIR, como el Lollapalooza, por ejemplo. No obstante, el RIR cuenta con una alta fidelización en su *Rock in Rio Club* que ofrece varios beneficios a los clientes asociados, desde la compra anticipada de las entradas/pulseras hasta descuentos en los más de 700 productos comercializados en la tienda oficial del RIR, ubicada en la Ciudad del *Rock*. Cabe destacar que, en 2015, el *Rock in Rio Card* estuvo agotado en apenas 50 minutos de adhesión en línea. Así que es posible inferir que el festival RIR posee un público objetivo con alto índice de lealtad con su marca.

4.5. Análisis factorial exploratorio (AFE).

Según Hair et al. (2009), el análisis factorial exploratorio (AFE), en el enfoque estadístico utilizado, permite analizar las interrelaciones entre un gran número de variables y explicar esas variables en términos de sus dimensiones específicas comunes. Para llevar a cabo el AFE es necesario atender a estos tres presupuestos: medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), prueba de esfericidad de Bartlett y matriz de correlación, teniendo en cuenta que todos los ítems que forman el constructo deben presentar un alto nivel de correlación entre sí.

Tabla 5. Medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) y Prueba de esfericidad de Bartlett.

Constructos definidos por el modelo	Medida de Adecuación muestral de KMO	Prueba de esfericidad de Bartlett		Número de correlaciones entre los ítems del constructo	Número de correlaciones estadísticas con significación
		Valor	Sig.		
Confianza	0,906	3 519,045	0,000	28	28
Compromiso	0,871	2 110,754	0,000	28	28
Lealtad	0,834	1 993,325	0,000	10	10

Fuente: Elaboración propia.

Según la Tabla 5, se puede verificar que todos los constructos presentaron el KMO mayor que 0,50, lo que cumple favorablemente con el supuesto. Asimismo, se subraya que dichos constructos mostraron el KMO en nivel de excelencia conforme Hair et al. (2009) en su jerarquía de análisis de KMO.

En la Tabla 6, se puede ver que el constructo *confianza* presentó dos dimensiones (componente 1 y componente 2) a partir de los ítems utilizados con una varianza explicada de un 74,244% para los dos componentes. En función de los resultados obtenidos, el ítem CONF5 mostró una elevada carga de valor en los dos componentes, así que éste será retirado y no será tenido en cuenta en el próximo apartado. Asimismo, los resultados obtenidos fueron satisfactorios porque todos los ítems de dicho constructo presentaron valores de componente superiores a 0,675 y valores de comunalidad superiores a 0,678.

Por consiguiente, se forman dos factores para el constructo *confianza*. El primer factor se llama “*confianza/expectativa de los servicios*” y el segundo factor, “*confianza/recuperación de los servicios*”. Esos nombres fueron elegidos a partir del análisis de los ítems que componen cada uno de los constructos.

Tabla 6. Análisis factorial del constructo: confianza.

Descripción del ítem	Componente 1	Componente 2	Comunalidad
CONF1 - El <i>Rock in Rio</i> cumple mis expectativas.	0,800		0,702
CONF2 - El <i>Rock in Rio</i> nunca me decepciona.	0,814		0,705
CONF3 - Yo siento confianza en el nombre <i>Rock in Rio</i> .	0,794		0,719
CONF4 - El <i>Rock in Rio</i> es una garantía de satisfacción.	0,850		0,802
CONF5 - El <i>Rock in Rio</i> es honesto y sincero cuando se refiere a mis intereses.	<u>0,675</u>	<u>0,472</u>	0,678
CONF6 - Yo podría contar con el <i>Rock in Rio</i> para resolver mis problemas relacionados con los servicios prestados.		0,827	0,755
CONF7 - El <i>Rock in Rio</i> haría cualquier esfuerzo para satisfacerme como cliente.		0,839	0,807
CONF8 - El <i>Rock in Rio</i> me compensaría de alguna manera por cualquier problema con sus servicios.		0,843	0,772
Varianza explicada por el componente principal = 41,821%			
Varianza explicada por los dos componentes = 74,244%			

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 7, se muestra que el constructo *compromiso* presentó una varianza explicada de un 49,329%. Los resultados obtenidos son satisfactorios porque todos los ítems de dicho constructo exhibieron valores de componente superiores a 0,612 y valores de comunalidad superiores a 0,375. Según Moura (2010), en algunas situaciones expuestas en su tesis doctoral, los valores de comunalidad pueden estar entre 0,300 y 0,500.

Tabla 7. Análisis factorial del constructo: compromiso.

Descripción del ítem	Componente	Comunalidad
COMP1 - Sería muy difícil cambiar el <i>Rock in Rio</i> por otro festival, aunque yo quisiera.	0,764	0,583
COMP2 - Sería una pérdida para mí si yo cambiase el <i>Rock in Rio</i> por otro festival de música.	0,808	0,654
COMP3 - Me siento fuertemente conectado con el <i>Rock in Rio</i> .	0,793	0,629
COMP4 - Compensa en términos económicos ser cliente del <i>Rock in Rio</i> .	0,708	0,501
COMP5 - Sería malo económicamente para mí si dejara de ser cliente del <i>Rock in Rio</i> .	0,612	0,375
COMP6 - El <i>Rock in Rio</i> tiene una ubicación mejor (está mejor situado) en comparación con otros festivales.	0,616	0,379
COMP7 - El <i>Rock in Rio</i> se interesa en cómo participo en los conciertos del festival.	0,669	0,448
COMP8 - Siempre doy retorno al <i>Rock in Rio</i> sobre mis percepciones del festival.	0,615	0,378
Varianza explicada por el componente = 49,329%		

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede visualizar en la Tabla 8, el constructo *lealtad* presentó una varianza explicada de un 68,460%. Los resultados obtenidos son satisfactorios porque todos los ítems de dicho constructo revelan valores de componente superiores a 0,783 y valores de comunalidad superiores a 0,612.

Tabla 8. Análisis factorial del constructo: lealtad.

Descripción del ítem	Componente	Comunalidad
LEA1 - Me considero leal al <i>Rock in Rio</i> .	0,783	0,612
LEA2 - Incluso si hay otras opciones, el <i>Rock in Rio</i> es mi primera opción de conciertos y festivales de música.	0,836	0,699
LEA3 - Creo que vale la pena seguir yendo al <i>Rock in Rio</i> .	0,886	0,785
LEA4 - Si mis condiciones económicas me lo permiten, prefiero ir al <i>Rock in Rio</i> .	0,828	0,685
LEA5 - Yo iré al <i>Rock in Rio</i> de nuevo.	0,801	0,641
Varianza explicada por el componente = 68,460%		

Fuente: Elaboración propia.

4.6. Análisis de fiabilidad de las escalas: cálculo del Alfa de Cronbach.

Para Malhotra (2010) la fiabilidad de la consistencia interna del instrumento debe ser calculada por el coeficiente Alfa de Cronbach. En la Tabla 9, se puede visualizar que todos los constructos investigados alcanzaron valores de Alfa de Cronbach entre 0,700 y 0,900, lo que es considerado ideal según Malhotra (2010).

Tabla 9. Valores de Alfa de Cronbach de los constructos investigados.

Constructo	Alfa de Cronbach
Confianza/expectativa de los servicios	0,869
Confianza/recuperación de los servicios	0,858
Compromiso	0,833
Lealtad	0,867

Fuente: Elaboración propia.

4.7. Validez convergente por medio del cálculo de la Varianza media extraída (AVE) y la Fiabilidad compuesta (FC).

La validez convergente es la medida de validez del constructo que mide el grado en que la escala se correlaciona positivamente con otras medidas del mismo constructo. Esta prueba tiene como objetivo verificar hasta qué punto la escala se relaciona positivamente con otras medidas del mismo constructo. Altas cargas factoriales indican que las variables analizadas son percibidas de forma semejante por los encuestados. La validez convergente evidencia la fuerte correlación entre las medidas de un mismo constructo (Malhotra, 2010; Hair et al., 2009).

Como se puede verificar, en la Tabla 10, los 4 constructos presentaron valores superiores de 0,500 en la AVE. En relación con la FC, los 4 constructos presentaron valores superiores a 0,700, lo que es considerado satisfactorio según los autores mencionados.

En relación con el constructo *compromiso*, se puede notar que presentó un valor bajo según el valor recomendable por dichos autores, en el primer cálculo de la AVE. Así que los ítems de ese constructo que exhibieron las menores cargas estandarizadas también fueron retirados (COMP5, COMP6, COMP7 y COMP8) para una mejor adecuación de la validez convergente.

Tabla 10. Validez convergente.

Constructos	(AVE) Varianza Media Extraída	(FC) Fiabilidad Compuesta
Confianza/expectativa de los servicios	0,660	0,886
Confianza/recuperación de los servicios	0,676	0,862
Lealtad	0,652	0,903
Compromiso	0,581	0,845

Fuente: Elaboración propia.

Por último, se subraya que, en los análisis siguientes de validez discriminante, la validez nomológica y la prueba de hipótesis del constructo *compromiso* está formado apenas por sus cuatro primeros ítems (COMP1, COMP2, COMP3 y COMP4).

4.8. Validez discriminante. Correlación entre los constructos y cálculo de la raíz cuadrada de la AVE.

Para Hair et al. (2009) la validez discriminante está presente cuando se utilizan instrumentos para medir diferentes constructos y sus puntuaciones están débilmente correlacionadas, así que existe validez discriminante cuando el valor de la raíz cuadrada de la AVE es superior a la correlación entre los constructos.

En la Tabla 11, se puede notar que, de las seis combinaciones posibles, solamente en un caso el valor de la correlación entre los constructos fue mayor que el valor de la raíz cuadrada de la AVE: *compromiso* frente a *lealtad*, así que este caso no presentó validez discriminante. Las cinco combinaciones restantes en la matriz mostraron correlaciones inferiores a la raíz cuadrada de la AVE, lo que se confirma la existencia de validez discriminante en la mayoría de los casos analizados. Por consiguiente, esos resultados serán considerados en el próximo apartado de validez nomológica.

Tabla 11. Validez discriminante.

Constructos	Compromiso	Confianza/expectativa de los servicios	Confianza/recuperación de los servicios	Lealtad
Compromiso	0,7620			
Confianza/expectativa de los servicios	0,7069	0,8123		
Confianza/recuperación de los servicios	0,5760	0,6759	0,8223	
Lealtad	<u>0,9014</u>	0,7687	0,5729	0,8075

Fuente: Elaboración propia.

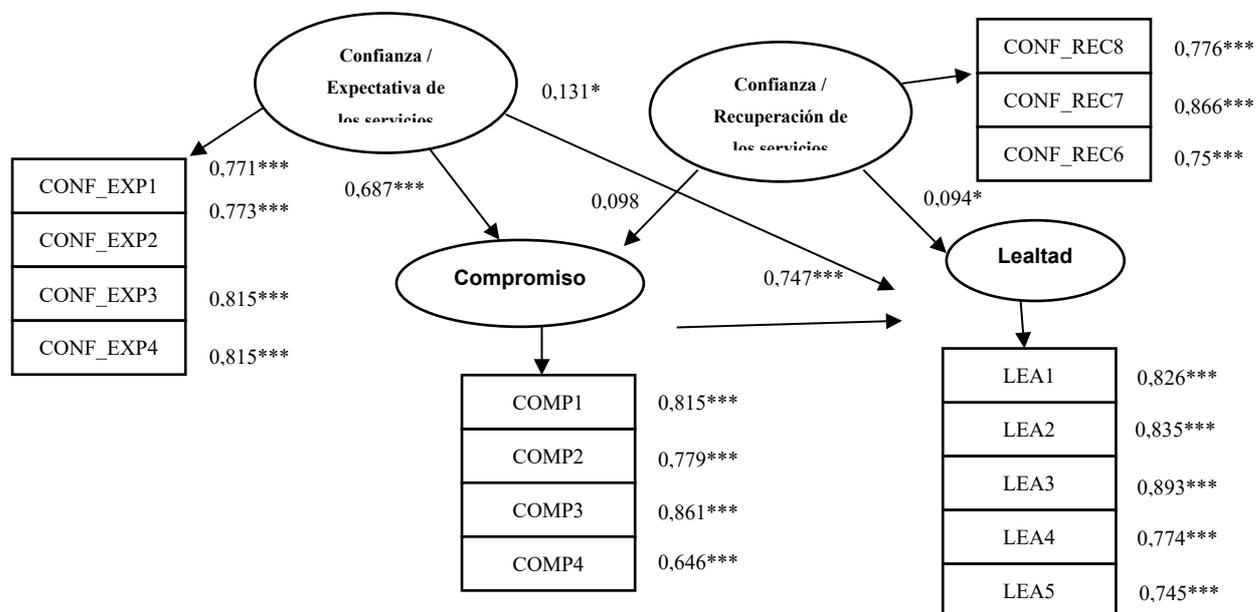
4.9. Validez nomológica y prueba de hipótesis. Modelos de ecuaciones estructurales (SEM).

Hair et al. (2009) afirman que la validez nomológica verifica si las relaciones y correlaciones entre los constructos investigados poseen significación y son coincidentes con las teorías y los conceptos presentados. Es un tipo de validez que determina la relación existente entre los constructos teóricos presentes en la teoría o los modelos teóricos que son estudiados. El proceso de análisis de validez nomológica empieza con la aplicación de la técnica de Modelos de ecuaciones estructurales (SEM = Structural Equation Modeling), en la cual se utiliza el modelado de ecuaciones estructurales para

confirmar y explicar los modelos conceptuales que tratan las actitudes, las percepciones y otros factores que determinan el comportamiento de las variables.

En la Figura 2, se presentan los resultados de la SEM del modelo de prueba con la representación de las cargas estandarizadas en las flechas de los constructos.

Figura 2. Resultados de la SEM del modelo de prueba.



*** Relaciones significativas en nivel de 0,001

** Relaciones significativas en nivel de 0,01

* Relaciones significativas en nivel de 0,05

Fuente: Elaboración propia.

Según se puede visualizar en la Figura 2, de las 21 relaciones identificadas entre constructos/constructos y constructos/indicadores, 20 exhibieron significación estadística. Por lo tanto, es posible concluir que la validez nomológica fue alcanzada de forma parcial porque el constructo *confianza/recuperación de los servicios* no mostró significación estadística con el constructo consecuente *compromiso*.

En la Tabla 12, se presenta la descripción de las hipótesis actualizadas de este artículo con los respectivos resultados obtenidos en el modelo de prueba.

Tabla 12. Resumen de la constatación de hipótesis.

Hipótesis	Resultado
H1_a: La confianza/expectativa de los servicios tiene un efecto significativamente positivo sobre el compromiso.	Aceptada
H1_b: La confianza/recuperación de los servicios tiene un efecto significativamente positivo sobre el compromiso.	Rechazada
H2_a: La confianza/expectativa de los servicios tiene un efecto significativamente positivo sobre la lealtad.	Aceptada
H2_b: La confianza/recuperación de los servicios tiene un efecto significativamente positivo sobre la lealtad.	Aceptada
H3: El compromiso tiene un efecto significativamente positivo sobre la lealtad.	Aceptada

Fuente: Elaboración propia.

Conforme se puede verificar, fueron propuestas inicialmente tres hipótesis que se convirtieron en cinco hipótesis durante el proceso de análisis estadístico. Así que, según la Tabla 12, cuatro hipótesis fueron aceptadas (H1_a, H2_a, H2_b y H3) y una hipótesis fue rechazada (H1_b).

En relación con la Varianza explicada del modelo, fueron calculados los valores de R^2 , según se puede visualizar en la Tabla 13, para todos los constructos que recibieron interferencia de otros constructos en el modelo de prueba.

Tabla 13. Varianza explicada de los constructos.

Constructo	R^2 - Modelo de prueba
Confianza/expectativa de los servicios	No se aplica*
Confianza/recuperación de los servicios	No se aplica*
Compromiso	57,7%
Lealtad	83,1%

*No se aplica porque son constructos exógenos, es decir, no hay relación de constructos antecedentes a ellos.

Fuente: Elaboración propia.

Según la Tabla 13 se puede verificar que el constructo *lealtad* presentó el mayor índice de explicación para el valor de R^2 , siendo un 83,1% para este modelo de prueba. Además, el constructo *compromiso* mostró un valor satisfactorio de R^2 de un 57,7%. En consonancia, la tesis doctoral de Breitenbach (2016) expuso que el constructo *compromiso* exhibió el valor de R^2 , igualmente satisfactorio en relación con el constructo retención y el artículo de Evanschitzky et al. (2006) concluyó que el *compromiso* impulsa la *lealtad*.

Aún en la Validez nomológica, específicamente en la SEM, se hace necesario llevar a cabo el cálculo del Índice de ajuste del modelo de prueba. Los índices elegidos para el presente estudio fueron: Chi-cuadrado (X^2), Chi-cuadrado sobre grado de libertad (CMIN/DF), Índice de bondad del ajuste (GFI) e Índice ajustado de bondad de ajuste (AGFI), que son medidas de ajuste absoluto. Para el índice de mala calidad de ajuste fue el Error cuadrado de aproximación a las raíces medias (RMSEA), que también es una medida de ajuste absoluto (véase la Tabla 14).

Tabla 14. Índices de ajuste del modelo de prueba.

Índice de ajuste	Valor obtenido para el modelo de prueba	Valor idóneo
X^2	449,133	No definido
p-valor	0,665	> 0,05
DF	98	Lo mayor posible arriba de cero
CMIN/DF	4,583	>1 hasta 3 y para modelos más complejos hasta 5
GFI	0,922	$\geq 0,90$
AGFI	0,892	$\geq 0,90$
RMSEA	0,070	> 0,03 y < 0,08

X^2 = Chi-cuadrado

DF = Grados de libertad

CMIN/DF = Chi-cuadrado sobre grado de libertad

GFI = Índice de bondad de ajuste

AGFI = Índice ajustado de bondad de ajuste

RMSEA = Error cuadrado de aproximación a las raíces medias

Fuente: Elaboración propia a partir de Hair et al. (2009) y Kline (2015).

Según la Tabla 14, se puede verificar que todos los índices de ajuste presentaron valores satisfactorios, conforme rangos de valores idóneos en el modelo de prueba. Por consiguiente, los indicadores analizados exhibieron valores adecuados.

5. Conclusiones y Recomendaciones.

5.1. Conclusiones del análisis empírico.

Según los resultados empíricos obtenidos, se puede concluir que: (1) en el análisis descriptivo todos los ítems presentaron una media satisfactoria para los tres constructos investigados; (2) en el análisis factorial exploratorio dichos constructos exhibieron valores de KMO en nivel de excelencia; (3) en el análisis de fiabilidad de las escalas todos los constructos alcanzaron valores de alfa de Cronbach satisfactorios; (4) en la validez convergente, solo el constructo *compromiso* reveló un valor bajo en la AVE; (5) en la validez discriminante, la relación *compromiso* frente a *lealtad* ha sido la única en no presentar validez discriminante; (6) en la validez nomológica, el constructo *confianza/recuperación de los servicios* no mostró significación estadística con el constructo consecuente *compromiso*. Además, la utilización de dichos constructos en el modelo de prueba produjo un R^2 de un 57,7% para el *compromiso* y un 83,1% para la *lealtad*, que son respectivamente positivos.

5.2. Recomendaciones al Festival *Rock in Rio*.

Teniendo en cuenta los hallazgos que ofrece este estudio, se presentan algunas recomendaciones que pueden ayudar a mejorar la gestión de la marca del RIR: (1) la deseada *lealtad de marca* debe partir de la adecuada gestión de las variables: *confianza/expectativa de los servicios*, *confianza/recuperación de los servicios* y *compromiso*. Así que las diferentes áreas de la empresa deben preocuparse por trabajar conectadas y en sintonía con los aspectos de la *confianza de marca* y del *compromiso de marca*, de lo contrario la *lealtad de marca* no será alcanzada y el modelo pierde su fin estratégico, limitándose al *marketing* tradicional y, por tanto, desperdiciando su mayor alcance de valor de marca; (2) la conquista de la *confianza* y del *compromiso* del cliente con la marca puede derivar en fuertes relaciones a largo plazo, lo que induce a los gestores a utilizar las estrategias del *marketing relacional* para fidelizar a sus clientes y alcanzar la *lealtad de marca*. Teniendo en cuenta todo lo mencionado, se recomienda que el RIR potencie la variable *confianza* por medio de acciones que cumplan las expectativas de los clientes y no les decepcionen. Por ejemplo, la decisión de irse, en determinado día al festival, está condicionada a la *line-up* de los conciertos, así que, si un determinado cantante cancela su actuación, como fue el caso de Lady Gaga en la edición de 2017, eso resulta en una insatisfacción que, ciertamente, podrá comprometer la *confianza* del cliente con la marca RIR; por tanto, se sugiere que este riesgo sea evitado. En relación con la variable *compromiso*, los diversos medios de comunicación social (Facebook, Instagram, Twitter, etc.), la página electrónica y el programa de fidelización son herramientas útiles para reforzar el *compromiso* del cliente con la marca RIR. Cada vez más, las empresas están estrechando sus relaciones con los clientes por medio de acciones constantes de comunicación personalizables. El RIR, por ejemplo, puede mantener una comunicación persistente con sus clientes, no solo en el año que se celebra el festival, por medio de una interacción individual (*one to one*). Por lo tanto, la *lealtad de marca* será una consecuencia de la buena gestión de la *confianza* y del *compromiso*.

5.3. Contribución a la ciencia.

Este trabajo de investigación logró comprender la relación existente de las variables *confianza*, *compromiso* y *lealtad*, desde una perspectiva de la marca del RIR. Su originalidad y su valor para la ciencia se basa en la falta de estudios similares en Brasil, en particular del sector del entretenimiento musical brasileño. En este sentido, esta investigación es un modesto estudio descriptivo que pretendió validar el modelo de prueba y que identificó que la escala de *confianza* necesita ser mejorada, pues ha sido dividida en dos constructos (*confianza/expectativa de los servicios* y *confianza/recuperación de los servicios*) que poseen validez de contenido, es decir, una división de los ítems conforme su sentido y lógica. Por lo tanto, este artículo aprovecha la oportunidad de probar teoría y modelo en una cultura

diferente de las comúnmente usadas de los países desarrollados, que servirá para ulteriores estudios fructíferos sobre marcas.

5.4. Limitaciones y futuras investigaciones.

Esta investigación presenta una limitación sobre la posibilidad de realizar inferencias sobre la población, teniendo en cuenta que se trata de una muestra no probabilística y, por lo tanto, los resultados obtenidos no pueden ser utilizados para establecer inferencias poblacionales. Otra limitación relevante es que, aunque la academia científica ofrezca estudios de buena calidad acerca de las variables: *confianza*, *compromiso* y *lealtad*, hay que considerar que esas variables forman parte del universo tangible e intangible de las marcas y, por consiguiente, están en constantes evolución y están inducidas directamente por el ambiente de análisis y, sobre todo, por los continuos cambios del comportamiento del consumidor. La utilización del Facebook Ads para la recolección de los datos puede presentar limitaciones por el hecho de ser una herramienta de pago y generar una baja tasa de conversión dependiendo de la campaña publicitaria desarrollada. Por este motivo, cuanto mayor es la inversión financiera, mayor será el alcance de las personas impactadas con el enlace del cuestionario en línea, sin embargo, eso no es garantía de que éste sea cumplido en la misma proporción. Asimismo, el número de cuestionarios en línea descartados ha sido una limitación considerable. Por cierto, eso se justifica por el interés de las personas en concurrir a la recompensa ofrecida y no por el objeto del instrumento en sí. Además, se pedía el correo del encuestado para optar a la recompensa ofrecida, lo que puede haber estimulado respuestas más favorables a la marca de RIR, es decir, respuestas “políticamente correctas” para tener una mayor probabilidad de ganar el premio ofrecido. Por último, estudios futuros podrán buscar la constatación de las hipótesis en contextos diferentes del sector del entretenimiento musical brasileño. Incluso, su aplicación a otros países emergentes puede contribuir a la generalización de los resultados obtenidos. Asimismo, se pueden mejorar las escalas *compromiso* y *Lealtad*, buscándose mantener las relaciones presentes hasta el momento y al mismo tiempo buscar alcanzar la validez discriminante.

Referencias

- Anuwichhanont, J. (2011). The impact of price perception on customer loyalty in the airline context. *Journal of Business & Economics Research*, 9, 37-49.
- Ballester, M.E.D. (2004). Applicability of a brand trust scale across product categories: a multigroup invariance analysis. *European Journal of Marketing*, 38(5/6), 573-592.
- Ballester, M.E.D., & Alemán, J.L.M. (2001). Brand trust in the context of consumer loyalty. *European Journal of Marketing*, 35, 1238-1258.
- Ballester, M.E.D., & Alemán, J.L.M. (2005). Does brand trust matter to brand equity? *Journal of Product & Brand Management*, 14(3), 87-196.
- Ballester, M.E.D., Alemán, J.L.M., & Guillén, M.J.Y. (2003). Development and validation of a brand trust scale. *International Journal of Market Research*, 45, 335-353.
- Bastos, D.H., Moura, L.R.C., & Christino, J.M.M. (2015). Mensuração, teste e validação da confiança na marca. *Revista Capital Científico- Eletrônica (RCCe)*, 13(2), 1-15.
- Breitenbach, R. (2016). *Táticas vinculantes, reputação do provedor de serviços, confiança e compromisso como antecedentes da retenção de clientes*. Caxias do Sul, 2016. Tesis Doctoral (Doctorado en Administración) – Universidade de Caxias do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil.
- Carneiro, L.F. (2011). *Rock in Rio: a História do Maior Festival de Música do Mundo*. Rio de Janeiro:

Editora Globo.

- Chaudhuri, A., & Holbrook, B.M. (2001). The chain of effects from brand trust and brand affects to brand performance; the role of brand loyalty. *Journal of Marketing*, 65(2), 81-93.
- Churchill Jr., G.A. (1999). *Marketing research: methodological foundations*. Fort Laudardale: Harcourt College Publishers.
- Colmenares, O., & Saavedra, J. (2007). Aproximación teórica de la lealtad de marca: enfoques y valoraciones. *Cuadernos de Gestión*, 7(2), 69-81.
- Doorn, J.V., Lemon, K.N., Mittal, V., Nass, S., Pick, D., Pirner, P., & Verhoef, P.C. (2010). Customer Engagement Behavior: theoretical foundations and research directions. *Journal of Service Research*, 13, (3), 253-266.
- Ercis, A., Ünal, S., Candan, F.B., & Yildirim, H. (2012). The effect of brand satisfaction, trust and brand commitment on Loyalty and repurchase intentions. *Journal of Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 58, 395-1404.
- Evanschitzky, H., Iyer, G.R., Plassmann, H., Niessing, J., & Meffert, H. (2006). The relative strength of affective commitment in securing loyalty in service relationships. *Journal of Business Research*, 59, 1207-1213.
- Frederico, E. (2004). *Avaliação dos antecedentes e das consequências da confiança nas relações entre varejistas e fabricantes do mercado de vestuário*. São Paulo, 2004. Tesis Doctoral (Doctorado en Administración) - Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, Brasil.
- Fullerton, G. (2003). When does commitment lead to loyalty? *Journal of Service Research*, 5(4), 33-44.
- Fullerton, G. (2014). The moderating effect of normative commitment on the service quality-customer retention relationship. *European Journal of Marketing*, 48, (3/4) 657-673.
- Guede, J.R.S. (2014). *Marketing de relaciones en los medios sociales: estudio empírico de los antecedentes y consecuentes de la calidad de la relación en los sitios web de viajes*. Tesis Doctoral (Doctorado en Economía de la Empresa) - Universidad Rey Juan Carlos, Madrid, España.
- Guo, L., Gruen, T.W., & Tang, C. (2015). Seeing relationships the lens of psychological contracts: the structure of consumer service relationships. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 45, 357-376.
- Hair, J.F.J., Black, W.C., Babin, B.J., Anderson, R.E., & Tatham, R.L. (2009). *Análise multivariada de dados*. 6. ed. Porto Alegre: Bookman.
- Hair, J.F.J., Wolfinger, M., Ortinau, D.J., & Bush, R.P. (2010). *Fundamentos de pesquisa de marketing*. Porto Alegre: Bookman.
- Hanzaee, K.H., & Andervazh, L. (2012). An analysis of some moderating variables on the value, brand trust and brand loyalty chain. *Research Journal Applied Sciences, Engineering and Technology*, 4, 1403-1413.
- Henning-Thurau, T., Gwinner, K.P., & Gremler, D.D. (2002). Understanding relationship marketing

- outcomes an integration of relational benefits and relationship quality. *Journal of Service Research*, 4(3), 230-247.
- Higgins, E.T. (2006). Value from Hedonic Experience and Engagement. *Psychological Review*, 113, 439-460.
- Höpner, A. (2017). *Construção da experiência de consumo: um olhar para compreender o valor nas experiências*. Porto Alegre, 2017. Tesis Doctoral (Doctorado en Administración) - Pontificia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2018). *Portal Brasil - Panorama*. Rio de Janeiro: IBGE.
- Kazemi, A., Paemami, V.M., Abbaszadeh, A., & Pourzamani, J. (2013). Impact of Brand Identity on Customer Loyalty and Word of Mouth Communications, Considering Mediating Role Customer Satisfaction and Brand Commitment. (Case Study: Customers of Mellat Bank in Kermanshah). *International Journal of Academic Research in Economics and Management Sciences*, 2(4), 1-14.
- Kemp, E., & Bui, M. (2011). Healthy brands: establishing brand credibility, commitment and connection among consumers. *Journal of Consumer Marketing*, 28(6), 429-437.
- Kim, J., Morris, J.D., & Swait, J. (2008). Antecedents of true brand loyalty. *Journal of Advertising*, 3(2), 99-117.
- Kline, R.B. (2015). *Principles and practice of structural equation modeling*. Guilford publications.
- Koetz, C.I., Terres, M.S., Santos, C.P., & Caten, C.S. (2009). O Papel da Confiança na Marca na Intenção de Adoção de Novas Tecnologias em Trocas Business-to-Consumer. In: *XXXIII Encontro Nacional dos Programas de Pós-Graduação em Administração (ENANPAD)*. São Paulo.
- Lee, D., Moon, J., Kim, Y.J., & Yi, M.Y. (2015). Antecedents and consequences of mobile phone usability: linking simplicity and interactivity to satisfaction, trust, and brand loyalty. *Information & Management – Elsevier*, 52, 295-304.
- Malhotra, N.K. (2010). *Pesquisa de Marketing: uma orientação aplicada*. 6.ed. Porto Alegre: Bookman.
- Malhotra, N.K., Birks, D., & Wills, P. (2012). *Marketing research: applied approach*. 4.ed. New York: Person.
- Mathew, V., Thomas, S., & Injodey, J. (2012). Direct and Indirect Effect of Brand Credibility, Brand Commitment and Loyalty Intention on Brand Equity. *Economic Review*, 10, 73-82.
- Matzler, K., Bidmon, S., & Grabner-Kräuter, S. (2006). Individual determinants of brand affect: the role of the personality traits of extraversion and openness to experience. *Journal of Product & Brand Management*, 15, 427-434.
- Matzler, K., Grabner-Kräuter, S., & Bidmon, S. (2008). Risk aversion and brand loyalty: The mediating role of brand trust and brand affect. *Journal of Product & Brand Management*, 17, 154-162.
- Moorman, C., Zaltman, G., & Deshpande, R. (1992). Relationships between providers and users of

- marketing research: the dynamics of trust within and between organizations. *Journal of Marketing Research*, 29, 314-329.
- Morgan, R.M., & Hunt, S.D. (1994). The commitment-trust theory of relationship marketing. *Journal of Marketing*, 58(3), 20-38.
- Moura, L.R.C. (2010). *Um estudo comparativo de teorias da ação e suas extensões para explicar a tentativa de perder peso*. Belo Horizonte, 2010. Tesis Doctoral (Doctorado em Administração) - Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, Brasil.
- Oliver, R.L. (1999). Whence customer loyalty. *Journal of Marketing*, 63, 33-44.
- Palmatier, R.W. (2008). Interfirm Relational Drivers of Customer Value. *Journal of Marketing*, 72, 76-89.
- Palmatier, R.W., Dant, R.P., Grewal, D., & Evan, K.R. (2006). Factors influencing the effectiveness of relationship marketing: a meta-analysis. *Journal of Marketing*, 70(4), 136-153.
- Palmatier, R.W., Houston, M.B., Dant, R.P., & Grewal, D. (2013). Relationship velocity: toward a theory of relationship dynamics. *Journal of Marketing*, 77(1), 13-30.
- Ponder, N., Holloway, B.B., & Hansen, J.D. (2016). The mediating effects of customers intimacy perceptions on the trust-commitment relationship. *Journal of Services Marketing*, 3(1), 75-87.
- Rock In Rio (2017, 21 julio). *Nova Cidade do Rock*. Descargado de: <http://rockinrio.com/rio/pt-BR>.
- Rock World (2017). Rock in Rio. *Departamento de marketing*. Informaciones concedidas por Mariana Lélis. Rio de Janeiro, 2017.
- Rodrigues, P.M.A. (2015). *Influencia de la experiencia de marca, en el valor de la marca, por vía de la satisfacción y lealtad de clientes*. Tesis Doctoral (Doctorado en Economía de la Empresa) - Universidad Rey Juan Carlos, Madrid, España.
- Sahin, A., Zehir, C., & Kitapçı, H. (2011). The Effects of Brand Experiences, Trust and Satisfaction on Building Brand Loyalty; An Empirical Research On Global Brands. *7th International Strategic Management Conference*, p.1288-1301.
- Sallam, M. A. (2015). The effects of brand credibility on customers wom communication: the mediating role of brand commitment. *European Journal of Business and Social Sciences*, 4(9), 164-176.
- Sampieri, R.H., Collado, C.F., & Lucio, P.B. (2006). *Metodología de la investigación*. 4.ed. Mexico: MacGraw-Hill.
- Silva, M.A., & Tincani, D.P. (2013). Características e componentes do marketing de experiências: análise das ações realizadas pelo Itaú Unibanco no Rock in Rio 2011. *Revista Científica Eletrônica UNISEB*, 1(2), 147-161.
- Sung, Y., & Kim, J. (2008). Effects of brand personality on brand trust and brand affect. *Psychology & Marketing*, 27, 639-661.



Diversificación de exportaciones y crecimiento económico: evidencia empírica para Chile y Colombia (1980-2015)

ALMANZA-RAMÍREZ, CAMILO

Universidad del Norte (Colombia)

Correo electrónico: almanza@uninorte.edu.co

RODRÍGUEZ-ALBOR, GUSTAVO JESÚS

Universidad Autónoma del Caribe (Colombia)

Correo electrónico: grodrigu30@cuc.edu.co

GÓMEZ-PACHECO, ÁLVARO

Universidad del Norte (Colombia)

Correo electrónico: gomezaa@uninorte.edu.co

VERBEL-MONTES, IVÁN

Universidad del Norte (Colombia)

Correo electrónico: iverbel@uninorte.edu.co

RESUMEN

La relación entre las exportaciones y el crecimiento económico ha sido ampliamente discutida en la literatura, aunque actualmente no existe un consenso claro sobre el tema. En este artículo se evalúa la hipótesis de que la diversificación de exportaciones está vinculada al crecimiento económico a través de externalidades del tipo aprender haciendo y aprender exportando, mediante el uso de métodos multivariantes para series de tiempo -modelos VAR y VEC- con datos de exportaciones de Chile y Colombia para el periodo 1995-2015. La prueba Dickey-Fuller aumentada se usa para evaluar la estacionariedad de las series. El test de Johansen se emplea para determinar el grado de cointegración entre las variables, y la prueba de causalidad Granger para establecer la relación de causalidad entre las mismas. Los resultados muestran que el crecimiento basado en la diversificación de exportaciones es relevante para Chile, mientras que para Colombia se detectó una relación de causalidad que va del crecimiento económico a la diversificación de exportaciones.

Palabras clave: diversificación de exportaciones, crecimiento económico, ventaja comparativa revelada.

Clasificación JEL: C10; F10; O10.

MSC2010: 91B60; 91B62; 91B84.

Artículo recibido el 7 de mayo de 2018 y aceptado el 10 de mayo de 2019.

Export diversification and economic growth. Empirical: evidence for Chile and Colombia (1980-2015)

ABSTRACT

The relationship between exports and economic growth has been widely discussed in the literature, although there is currently no clear consensus on the subject. This article evaluates the hypothesis that the export-diversification is linked to economic growth through externalities of the type learning by doing and learning by exporting, by using multivariate methods for time series -VAR and VEC models- with exports's data from Chile and Colombia for the period 1995-2015. The Dickey-Fuller Augmented test is applied to check the series's stationarity. The Johansen test is used to determine the degree of cointegration between the variables, and the Granger causality test to evaluate the causality relationship between them. The results show that the export diversification-led growth is relevant for Chile, while for Colombia a causal relationship that goes from economic growth to export diversification was detected.

Keywords: exports' diversification, economic growth, revealed comparative advantage.

JEL classification: C10; F10; O10.

MSC2010: 91B60; 91B62; 91B84.



1. Introducción.

El desarrollo económico es un proceso complejo de profundas transformaciones que suele requerir, en términos de la estructura económica de un país, el tránsito desde la producción y exportación de bienes primarios y materias primas hacia bienes manufacturados y con alto contenido tecnológico. De esa complejidad deriva una pluralidad de criterios en la literatura especializada que buscan explicar la relación entre el comportamiento de las exportaciones y el crecimiento económico.

Así, la investigación en torno a esa relación versa sobre cuatro posibles resultados (Chen, 2007). Uno de ellos plantea la existencia de una relación de causalidad unidireccional que va de las exportaciones al crecimiento económico (*export-led growth hypothesis*). Aquí, el impacto en el crecimiento del producto se origina a través de incentivos a los productores nacionales para usar mejores técnicas de producción y a ser más competitivos en el mercado mundial (Gokmenoglu, Sehnaz, & Taspinar, 2015; Balaguer & Cantavella-Jordá, 2004; Abdulai & Jaquet, 2002; Awokuse, 2003; Hye, Wizarat & Lau, 2013). Por el contrario, otros autores proponen la existencia de una relación causal unidireccional que va del crecimiento económico al incremento de las exportaciones (Panas & Vamvoukas, 2002; Jin, 2002). Algunas explicaciones arguyen una relación bidireccional entre las exportaciones y el crecimiento del producto, mientras otra corriente postula la existencia de una relación neutral entre esas dos variables (Chen, 2007).

En ese contexto se observa que en muchos países en vías de desarrollo las exportaciones contribuyen significativamente al aumento del ingreso per cápita a largo plazo. Muchos países que dependen de las exportaciones de materia prima o tienen una limitada cesta exportadora sufren por la inestabilidad de sus exportaciones y por el deterioro en los términos de intercambio -tesis Prebisch-Singer-. Los movimientos de la tasa de cambio pueden torpedear los esfuerzos hechos en materia de planificación económica, reducir la demanda por importaciones y contribuir a la generación de déficit de inversión debido a los altos niveles de riesgo (Herzer & Nowak-Lehmann, 2006; Dawe, 1996; Bleaney & Greenaway, 2001). Como alternativa, la ampliación de la cesta exportadora puede contribuir a la reducción del riesgo (Acemoglu y Zilibotti, 1997) y a mejorar los términos de intercambio (Stanley & Bunnag, 2001). La diversificación de las exportaciones favorece la “graduación” de los países, al pasar del estatus en vía de desarrollo (Least Developed Countries, LDC) a desarrollados (Developed Countries, DC), apoyados en la evidencia aportada por Michaely (1977) y Moschos (1989) en la que se muestra la relación entre las exportaciones y los *growth kicks* (Gutiérrez de Piñeres & Ferrantino, 1997). Existe, por lo tanto, una importante correlación entre la diversificación y la estabilidad de los ingresos por exportaciones y la sostenibilidad del crecimiento económico (Stanley & Bunnag, 2001).

Sin embargo, la aceleración del comercio transfronterizo y la globalización exponen las exportaciones a las dinámicas de los mercados internacionales, exigiendo competitividad como aspecto clave del éxito en la diversificación. Esas dinámicas competitivas tienen un efecto acelerador sobre la generación de conocimiento al interior de los sectores exportadores que, en su mayoría, resultan de externalidades del tipo *learning by exporting* y *learning by doing*. El objetivo de este artículo es, precisamente, examinar la hipótesis de que la diversificación de las exportaciones está vinculada con el crecimiento económico a través de esas externalidades, siguiendo la modelación sugerida por Herzer y Nowak-Lehmann (2006). En este esfuerzo por contrastar dichos vínculos, las unidades de análisis corresponden a economías enmarcadas en intensos procesos de apertura y, para el caso, con importantes diferencias en su dinámica comercial, siendo representativas de ello las economías de Chile y Colombia. El período de estudio incluye información relevante de más de tres décadas y se extiende entre 1980 y 2015.

El artículo incluye, posterior a este apartado introductorio, una revisión de la literatura seguida por la presentación del modelo empírico a emplear. Una penúltima sección describe los

datos y la metodología econométrica implementada y, finalmente, se exponen los resultados y las conclusiones del estudio.

2. Revisión de literatura.

La diversificación de las exportaciones no necesariamente es producto de las ventajas comparativas de los países en sentido ricardiano. Los costos de descubrimiento a los que se enfrentan los emprendedores están asociados a la incertidumbre en la producción de nuevos bienes; si los emprendedores tienen éxito, las ganancias son socializadas (un *spillover* de información) mientras que en caso contrario la pérdida es totalmente privada, lo que deriva en un déficit de inversión en nuevas actividades económicas. De este modo, para Hausmann y Rodrik (2003) el rol de los gobiernos en la promoción del crecimiento de la industria y el cambio estructural reside en la promoción del emprendimiento y la creación de un marco de incentivos para que los emprendedores inviertan en nuevas actividades económicas. Tomando como base los costos de descubrimiento, Hausmann, Hwang y Rodrik (2006) encuentran que los países que producen bienes con alta productividad disfrutaron de un crecimiento económico más rápido que aquellos con bienes de baja productividad.

La ampliación de la base exportadora es producto de la innovación dirigida hacia la introducción de nuevos sectores en la economía, precedida de un esfuerzo creativo; el descubrimiento de nuevos bienes implica entonces la generación de *spillovers* de conocimiento, que derivan en externalidades relacionadas con un proceso de acumulación de conocimiento proclive al crecimiento económico. En tal sentido, Romer (1990) considera que la diversificación puede ser vista como un factor de producción que promueve la eficiencia de otros insumos.

En línea con lo anterior, Al-Marhubi (2000) argumenta que las externalidades asociadas con la diversificación de las exportaciones siguen un proceso similar al *learning by doing* propuesto por Arrow (1962), en el que la acumulación de conocimiento acerca de mejores formas de producir es un producto no planeado de la acumulación de capital y el proceso de producción. Por su parte, Hausmann y Klinger (2006) sostienen que la transformación estructural de las economías depende de los bienes exportables que se encuentren cerca de otros bienes con una mayor sofisticación y alto valor. De este modo, lo deseable para cada país es encontrar una densidad del espacio de productos muy cercana a sus posibilidades de producción, en tanto que se configura un *spillover* de conocimiento en la medida que la diversificación de las exportaciones ocurre cuando existen procesos de *learning by doing*.

En la investigación empírica se han empleado diversas técnicas para explorar la relación existente entre diversificación de exportaciones y crecimiento económico. Al-Marhubi (2000), usando un modelo de mínimos cuadrados ordinarios estimado con datos de una muestra transversal para 91 países, encuentra evidencia a favor del crecimiento económico liderado por la diversificación de las exportaciones. De forma similar, en las islas Mauricio, Sannasee, Seetanah y Lamport (2014) mediante la estimación de un vector de cointegración encuentran una relación positiva, aunque débil tanto en el corto como el largo plazo, entre la diversificación de las exportaciones y el crecimiento económico.

Por su parte, Misztal (2011) utilizando un Modelo Vectorial Autorregresivo (VAR), encontró que para los países integrantes de la Unión Europea durante el periodo 1995-2009, la diversificación fue uno de los factores más importantes en la determinación del nivel del Producto Interno Bruto (PIB) per cápita. A su vez, Balaguer y Cantavella-Jordá (2004), utilizando técnicas de cointegración y análisis de causalidad con datos de España para el periodo 1961-2000 obtuvieron evidencia de la existencia de una relación de largo plazo entre la producción, la expansión de las exportaciones y el cambio estructural de las mismas. Sus resultados indican que las exportaciones son un factor determinante para la producción real.

Además, encuentran que el crecimiento económico refuerza la expansión de las exportaciones, y concluyen que existe una causalidad inversa entre estas dos variables.

En Latinoamérica diversos estudios abordan el tema. Se encuentra, por ejemplo, que en las relaciones de intercambio comercial entre la economía uruguaya y países como Argentina y Brasil, analizadas por Mordecki y Piaggio (2008), la demanda externa actúa como principal determinante de las exportaciones y su diversificación. Se encuentra también, en lo referente a la política de diversificación de exportaciones -mediante un estudio realizado por Ruiz y Vera (2013) en Perú- que la política de diversificación debe ir acompañada de un encadenamiento productivo comercial que contribuya a la interacción y creación productivistas a través de los incentivos.

La experiencia centroamericana muestra que la diversificación cumple con un papel estabilizador de ingresos. En Costa Rica, El Salvador, Honduras y Guatemala, Stanley y Bunnag (2001) evaluaron si la diversificación de exportaciones había disminuido la volatilidad de los ingresos externos, llegando a la conclusión de que a pesar de los esfuerzos aún predominaban los sectores tradicionales y que pocos productos manufacturados habían estabilizado sus ingresos más que en la diversificación de productos agrícolas.

Asimismo, en Chile, los trabajos en torno a la relación entre diversificación de exportaciones y crecimiento económico ratifican lo expuesto por algunas de las principales corrientes de estudios sobre el tema. El análisis histórico de las exportaciones realizado por García, Meller y Repetto (1996) concluye que se debe estimular la expansión de los sectores domésticos no exportadores para que sean integrados al comercio internacional. Gutiérrez de Piñeres y Ferrantino (1997) sostienen que la diversificación ha sido una consecuencia de las políticas de liberalización de la economía, mientras que Agosin (1999), encontró que la política de liberalización fue el principal eje de dinamismo de integración e intercambio de la economía chilena. Herzer y Nowak-Lehmann (2006) por su parte, mediante la estimación de una función Cobb-Douglas aumentada y utilizando series de tiempo, encontraron que la diversificación de las exportaciones ha jugado un papel importante en el crecimiento económico chileno.

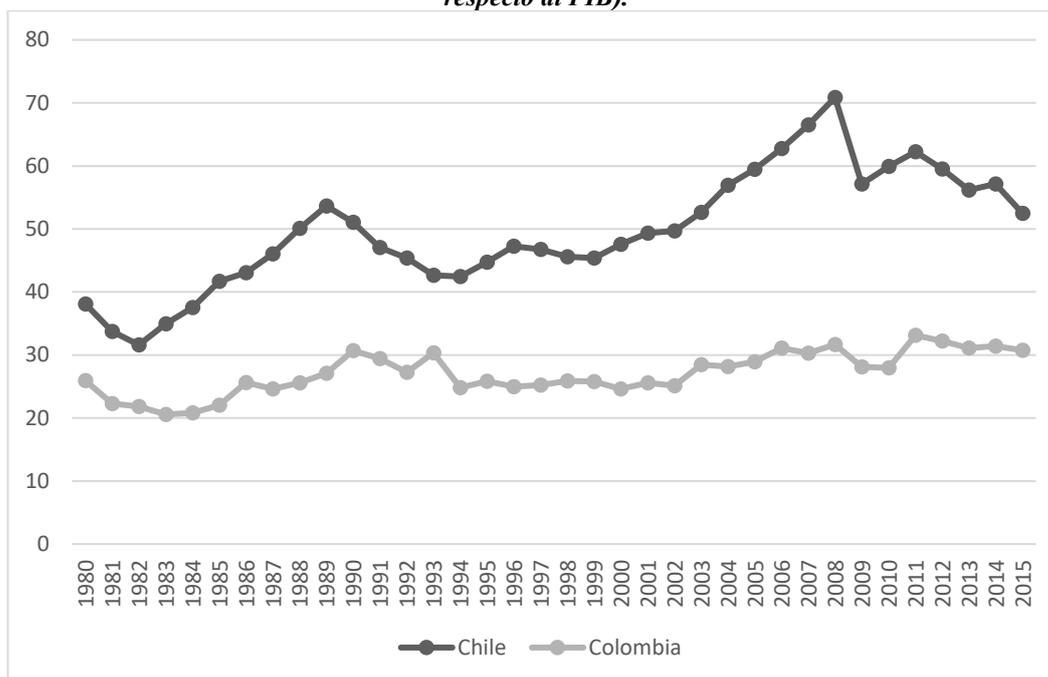
Finalmente, en Colombia, Gutiérrez de Piñeres y Ferrantino (1999) encontraron evidencia de la existencia de una relación causal que va del crecimiento económico hacia el crecimiento de las exportaciones. Es decir, el crecimiento de las exportaciones es explicado por la aceleración del PIB, y Mejía (2011) sostiene que el éxito de la implementación de la diversificación de exportaciones depende del énfasis en la participación de la pequeña y mediana empresa para incrementar la probabilidad de exportar mayores productos -no necesariamente de manufactura- hacia el exterior.

3. Evolución de las importaciones en Chile y Colombia.

De acuerdo con la información reportada por el Banco Mundial, Chile ha mostrado un importante crecimiento en el grado de apertura con respecto al conjunto de su actividad económica a partir de 1974, alcanzando su coeficiente de apertura un valor máximo (0,81) en el 2007. Este comportamiento refleja claramente una política económica orientada al comercio internacional. Colombia ha mostrado un grado de apertura moderado con respecto a Chile, con un índice de apertura, pues a partir de 1990 oscila entre 0.33 y 0.39 (Gráfico 1).

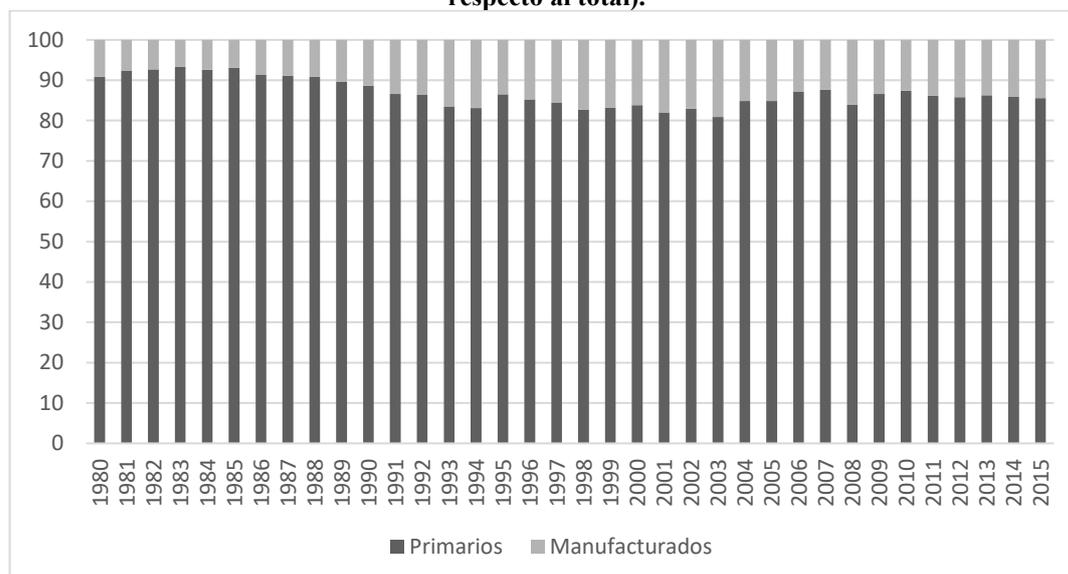
En cuanto a exportaciones de bienes, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) registra, en el caso colombiano, una disminución de las exportaciones de manufacturas con respecto a las exportaciones totales. La reducción fue de 17.5% en el año 2014 con respecto al promedio de 34.8% registrado entre los años 2000-2010 (Gráfico 2).

Gráfico 1. Coeficiente de apertura económica, 1980-2015 (como porcentaje del comercio total respecto al PIB).



Fuente: Banco Mundial (2017). Banco de datos Indicadores de desarrollo mundial.

Gráfico 2. Composición de las exportaciones de bienes en Chile, 1980-2015 (en porcentajes respecto al total).

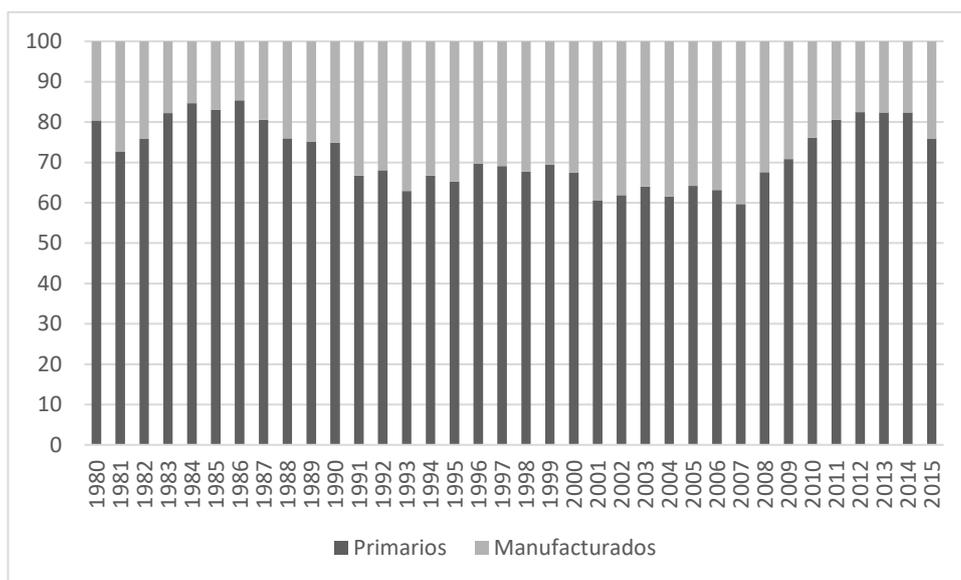


Fuente: Cepalstat (2017). Base de datos de Estadística e indicadores.

En el caso de Chile, aunque también se ha evidenciado una disminución en la proporción de exportaciones de manufacturas frente al total de exportaciones, este indicador se ha mantenido cerca de su valor histórico de 14.9% para el período entre 1990-2014 (Gráfico 3).

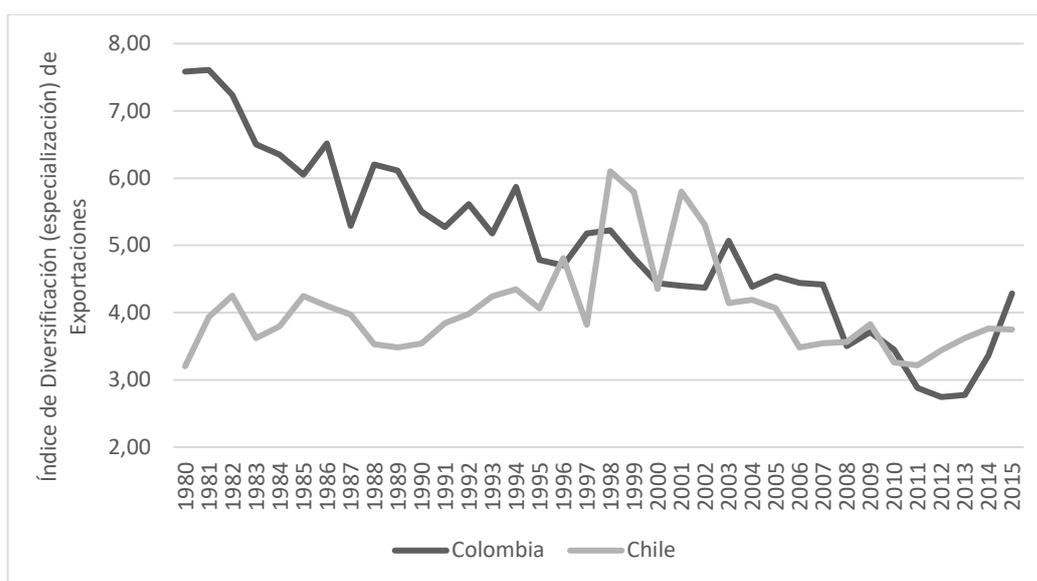
En lo que respecta a diversificación de exportaciones para Chile y Colombia, ambos países presentan una tendencia decreciente en el Índice de Diversificación (especialización) de Exportaciones, lo que evidencia que ambas economías están desarrollando procesos de diversificación de sus exportaciones (Gráfico 4).

Gráfico 3. Composición de las exportaciones de bienes en Colombia 1980-2015 (en porcentajes respecto al total).



Fuente: Cepalstat (2017). Base de datos de Estadística e indicadores.

Gráfico 4. Índice de Diversificación (especialización) de Exportaciones (1980-2015).



Nota: Valores cercanos a 1 indican especialización, mientras que valores cercanos a 0 indican diversificación.

Fuente: Elaboración propia con base en UNCOMTRADE.

4. Modelo empírico.

Para comprobar la hipótesis relacionada con el hecho de que la diversificación de las exportaciones está vinculada con el crecimiento económico a través de externalidades tipo *learning by exporting* y *learning by doing*, este documento sigue la modelación sugerida por Herzer y Nowak-Lehmann (2006). Consideremos entonces una economía con n sectores y $Z \in n$ sectores exportadores, asumiendo que existe una firma para cada sector y la producción de cada uno $f \in [1, n]$ en cada periodo t está caracterizada por una función neoclásica de producción:

$$Y_{ft} = F_{ft}(K_{ft}, L_{ft}, W_t) \quad (1)$$

donde Y_{ft} es la producción del sector, K_{ft} y L_{ft} representan el capital y el trabajo y W_t es un índice del conocimiento público que entra en la función de producción de cada sector f como una externalidad positiva. La externalidad de conocimiento W_t es en su mayoría generado al interior de los sectores exportadores de la economía como resultado de actividades tipo *learning by exporting* y *learning by doing*. El proceso *learning by exporting* se deriva de la ganancia obtenida por los exportadores del conocimiento básico de sus compradores como consumidores foráneos que ofrecen asesoramiento sobre mejoras en la productividad. El proceso *learning by doing* es asociado con la creación de conocimiento como un derivado de la producción, dependiendo del output acumulado de la firma. Por tanto, una expansión de la firma orientada hacia la exportación incrementa el stock de conocimiento; este proceso de creación también es acelerado por la competencia de mercado. Para simplificar, se asume que cada uno de los Z_t sectores exportadores produce el mismo nivel de conocimiento W_e , tal que el nivel agregado de conocimiento puede ser descrito por la expresión:

$$W_t = Z_t W_{et} \quad (2)$$

Dado que W_{et} es una constante, el nivel de conocimiento de una economía puede expresarse como:

$$W_t = G(Z_t) \quad (3)$$

Sin embargo, los efectos de aprendizaje pueden depender de la composición de la cesta exportadora: en una base exportadora en la que predominan los productos del sector primario no es muy probable que se difundan efectos *learning by doing* y *learning by exporting*, por lo cual se espera que la creación de conocimiento aumente cuando la participación de las manufacturas en las exportaciones ocurre. Por tanto, la externalidad esperada toma la forma:

$$W_t = G(Z_t, IX_t) \quad (4)$$

donde IX_t es la proporción de las exportaciones manufactureras y Z_t es el número de sectores exportadores, que son tomadas como *proxies* del *stock* de conocimiento en la economía.

Además, W_t es un bien público que se asume como constante para todos los sectores. Tenemos entonces que los efectos de W_t afectan a todos los sectores, pero cómo afecta a F_f es desconocido por ellos. Dado W_t , F_f se comporta como una función con retornos constantes a escala. En condiciones de competencia perfecta y siendo las firmas tomadoras de precios y teniendo:

$$Y_t = \sum_{f=1}^n Y_{ft}, \quad K_t = \sum_{f=1}^n K_{ft}, \quad L_t = \sum_{f=1}^n L_{ft} \quad (5)$$

la función de producción total Y_t de la economía puede escribirse como:

$$Y_t = \sum_{f=1}^n Y_{ft} = F_t(K_t, L_t, W_t) = F_t(K_t, L_t)G(Z_t, IX_t) = K_t^\alpha L_t^\beta Z_t^\gamma IX_t^\delta \quad (6)$$

donde K_t es el stock de capital acumulado, L_t la fuerza laboral de la economía y los parámetros α , β , γ y δ son constantes. Al introducir el número de sectores exportadores y la proporción del sector manufacturero en ellas, la ecuación 6 implica que la diversificación horizontal y vertical de las exportaciones están relacionadas con el crecimiento económico a través de las externalidades *learning by doing* y *learning by exporting* (si γ , $\delta > 0$). Para simplificar, la ecuación 6 puede expresarse como:

$$\ln Y_t = c + \alpha \ln K_t + \beta \ln L_t + \delta \ln W_t + e_t \quad (7)$$

donde e_t es el término de error; se asume que sigue un proceso de ruido blanco y es normal e idénticamente distribuido. La forma logarítmica implica que las estimaciones de α , β y δ corresponden a las elasticidades. Por tanto, la hipótesis a probar relacionada con el impacto de la diversificación de las exportaciones sobre el crecimiento es:

$$\begin{aligned} H_0 &= \delta = 0 \\ H_a &= \delta > 0 \end{aligned}$$

En consecuencia, la hipótesis del crecimiento liderado por la diversificación de las exportaciones no será rechazada si los coeficientes de δ son positivos y estadísticamente significativos.

5. Datos y Metodología Econométrica.

El análisis econométrico se basa en datos anuales que abarcan desde 1980 hasta 2015, obtenidos de las bases de datos del Banco Mundial (BM), de la United Nations Commodity Trade Statistics (UNCOMTRADE), de las Naciones Unidas (UN) y del Fondo Monetario Internacional (FMI).

Siguiendo a Arip, Yee y Bakri (2010), las principales variables de este estudio son el Producto Interno Bruto (PIB) y el Índice de Diversificación de Exportaciones (DSD). El Índice de Diversificación de Exportaciones, introducido por Balassa (1989), indica que un valor menor de este índice evidencia un alto nivel de diversificación de exportaciones, mientras que un valor alto del mismo indica un alto nivel de especialización de las exportaciones. El cálculo de este índice se presenta en el Anexo 1.

Como variables de control fueron incluidas: Formación Bruta de Capital (FBC), Inversión Extranjera Directa (IED) y Tasa de Desempleo (TDE). Como se ha mencionado, las economías escogidas para el estudio son las de Chile y Colombia, que atraviesan procesos de profundización de su apertura con marcadas diferencias en su dinámica comercial. Para evaluar la relación de largo plazo entre cada una de las variables se aplican técnicas de cointegración, para lo cual se requiere que las variables sean del mismo orden de integración. En este sentido, primero se realiza para cada variable la prueba de raíz unitaria (orden de integración) y los modelos se especifican con una constante y variable de tendencia; la longitud de los retardos de cada modelo se determina por el Criterio de Información Akaike (AIC).

Posteriormente se utiliza el modelo autorregresivo (VAR), empleado por Johansen y Juselius (1990), para determinar si las variables son cointegradas, que tiene la siguiente forma:

$$\Delta y_t = \sum_{i=1}^{p-1} \Pi_i \Delta y_{t-i} - \Pi y_{t-p} + \varepsilon_t$$

$$\varepsilon_t \sim IN(0, \Omega), t = 1, \dots, T$$

$$\Pi = - \left[I - \sum_{i=1}^p A_i \right]$$

$$\Pi_i = - \left[I - \sum_{j=1}^i A_j \right]$$

donde Δy es un vector $n \times 1$ de las variables en primera diferencia; ε es un vector $n \times 1$ del término del error; Π es una matriz $n \times n$, en la que I es una matriz identidad $n \times n$ y A es una matriz de parámetros $n \times n$. El rango de Π es el número de raíces características que difieren de cero e indican el número de vectores de cointegración independientes. Para examinar la hipótesis de que las variables son no cointegradas ($r = 0$) contra la hipótesis alternativa de que las variables tienen uno o más vectores de cointegración ($r > 0$), se calculan los estadísticos *Trace* y *Max-Eigen*.

$$\lambda_{trace} = -T \sum_{i=r+1}^n \ln(1 - \hat{\lambda}_i)$$

donde T es el número de observaciones utilizables, $\hat{\lambda}$ es la raíz característica estimada y \ln representa el logaritmo natural. Seguidamente se aplica un modelo de vector autorregresivo (VAR) con corrección de errores para determinar las direcciones de causalidad entre las variables. Si las variables son cointegradas, un término de corrección de error se debe especificar en el modelo VAR para hacer las pruebas de causalidad de Granger. Las ecuaciones (8), (9), (10), (11) y (12) son estimadas para examinar causalidad de Granger en el modelo VAR.

$$\Delta PIB_t = \beta_0 + \sum_{i=1} \beta_1 \Delta PIB_{t-i} + \sum_{i=1} \beta_2 \Delta DSD_{t-i} + \sum_{i=1} \beta_3 \Delta FBC_{t-i} + \sum_{i=1} \beta_4 \Delta IED_{t-i} + \sum_{i=1} \beta_5 \Delta TDE_{t-i} + \beta_6 EC_{t-1} + \mu_t \quad (8)$$

$$\Delta DSD_t = \beta_0 + \sum_{i=1} \beta_1 \Delta DSD_{t-i} + \sum_{i=1} \beta_2 \Delta PIB_{t-i} + \sum_{i=1} \beta_3 \Delta FBC_{t-i} + \sum_{i=1} \beta_4 \Delta IED_{t-i} + \sum_{i=1} \beta_5 \Delta TDE_{t-i} + \beta_6 EC_{t-1} + \mu_t \quad (9)$$

$$\Delta FBC_t = \beta_0 + \sum_{i=1} \beta_1 \Delta FBC_{t-i} + \sum_{i=1} \beta_2 \Delta DSD_{t-i} + \sum_{i=1} \beta_3 \Delta PIB_{t-i} + \sum_{i=1} \beta_4 \Delta IED_{t-i} + \sum_{i=1} \beta_5 \Delta TDE_{t-i} + \beta_6 EC_{t-1} + \mu_t \quad (10)$$

$$\Delta IED_t = \beta_0 + \sum_{i=1} \beta_1 \Delta IED_{t-i} + \sum_{i=1} \beta_2 \Delta DSD_{t-i} + \sum_{i=1} \beta_3 \Delta FBC_{t-i} + \sum_{i=1} \beta_4 \Delta PIB_{t-i} + \sum_{i=1} \beta_5 \Delta TDE_{t-i} + \beta_6 EC_{t-1} + \mu_t \quad (11)$$

$$\Delta TDE_t = \beta_0 + \sum_{i=1} \beta_1 \Delta TDE_{t-i} + \sum_{i=1} \beta_2 \Delta DSD_{t-i} + \sum_{i=1} \beta_3 \Delta FBC_{t-i} + \sum_{i=1} \beta_4 \Delta IED_{t-i} + \sum_{i=1} \beta_5 \Delta PIB_{t-i} + \beta_6 EC_{t-1} + \mu_t \quad (12)$$

donde EC es el término de corrección de errores, PIB el Producto Interno Bruto, DSD el Índice de Diversificación de Exportaciones, FBC la Formación Bruta de Capital, IED la Inversión Extranjera Directa, TDE la Tasa de Desempleo, Δ indica primera diferencia y μ los residuos de las ecuaciones.

6. Resultados empíricos.

6.1. Resultados Prueba de Raíz Unitaria.

A fin de evaluar la relación de largo plazo entre la diversificación de exportaciones y el crecimiento económico para Chile y Colombia usando el enfoque de cointegración, primero se examinan las propiedades de estacionariedad de las series temporales. Esto se hace aplicando la Prueba de Raíz Unitaria desarrollada por Dickey y Fuller (1979).

Antes de aplicar los procedimientos estadísticos se realizó una transformación logarítmica a todas las variables de la serie temporal de cada país del estudio. La prueba ADF de raíz unitaria muestra la existencia de raíces unitarias en las series de Colombia y Chile y, por lo tanto, las

variables son no estacionarias a nivel, pero después de la primera diferencia se vuelven estacionarias, siendo integradas de orden uno, I(1).

Tabla 1. Resultados del test ADF.

País	Variable	ADF Test	
		Nivel	Primera diferencia
Chile	PIB	-1.956254	-4.119427*
	DSD	-3.176850	-7.005917*
	FBC	-2.568098	-7.007391*
	TDE	-2.211450	-5.350110*
	IED	-2.592526	-4.983583*
Colombia	PIB	-2.266483	-3.552191*
	DSD	-4.544299*	-6.197183*
	FBC	-2.035938	-5.043093*
	TDE	-1.793016	-3.818438*
	IED	-3.417853	-5.652848*

Nota: * denota el rechazo de la hipótesis nula al 1%.

Fuente: Elaboración propia con el software Eviews.

6.2. Resultados Test de Cointegración.

En este estudio el enfoque de Johansen es utilizado para probar si existe una relación de largo plazo entre la diversificación de las exportaciones y el crecimiento económico para los países seleccionados, usando las variables PIB, DSD, FBC, IED, TDE, que son integradas de orden I(1). Para la realización del test de Johansen se hizo necesario determinar el número de retardos, de modo que se tomó el criterio de información de Akaike. De acuerdo con las estimaciones, en el caso chileno se emplearon dos retardos, mientras que para Colombia solo se usó uno (Tabla 2).

Tabla 2. Identificación de los retardos.

	Retardos	LR	FPE	AIC	SC	HQ
Chile	0	NA	4.98e-10	-7.232028	-7.005285*	-7.155736*
	1	47.38401	4.00e-10	-7.471840	-6.111379	-7.014086
	2	38.62900*	3.51e-10*	-7.712552*	-5.218373	-6.873337
Colombia	0	NA	2.97e-07	-0.838939	-0.614474	-0.762390
	1	278.8642*	6.23e-11*	-9.327785*	-7.980996*	-8.868491*
	2	27.96879	8.90e-11	-9.073231	-6.604118	-8.231193

Nota: *denota el retardo óptimo definido por cada criterio.

LR: sequential modified LR test statistic (each test at 5% level)

FPE: Final prediction error

AIC: Akaike information criterion

SC: Schwarz information criterion

HQ: Hannan-Quinn information criterion

Fuente: Elaboración propia con el software Eviews.

Los estadísticos *Trace* y *Max-Eigen* sugieren que existe cointegración entre las variables para Chile y Colombia. Por lo anterior, las variables se mueven juntas en el largo plazo y sus desviaciones del equilibrio serán corregidas en el largo plazo. La Tabla 3 muestra los resultados de la prueba de Cointegración de Johansen.

Los parámetros estimados de largo plazo, obtenidos del Test de Johansen, muestran resultados distintos para Colombia y Chile. En este sentido, para Colombia el DSD mostró una

relación positiva con el PIB, mientras que para Chile la relación fue negativa, en línea con la relación encontrada por Imbs y Wacziarg (2003) (ver Anexo 2).

Tabla 3. Resultados del Test de Cointegración de Johansen.

País	Hipótesis Nula	Trace Statistic	5% CV	Prob.	Max-Eigen Statistic	5% CV	Prob.
COLOMBIA	Ho: $r = 0$	121.1292	95.75366	0.0003*	47.41757	40.07757	0.0063*
	Ho: $r \leq 1$	73.71161	69.81889	0.0236*	32.69030	33.87687	0.0688
	Ho: $r \leq 2$	41.02130	47.85613	0.1880	22.69644	27.58434	0.1868
	Ho: $r \leq 3$	18.32486	29.79707	0.5422	10.86595	21.13162	0.6607
	Ho: $r \leq 4$	7.458909	15.49471	0.5249	7.457455	14.26460	0.4365
	Ho: $r \leq 5$	0.001453	3.841466	0.9680	0.001453	3.841466	0.9680
CHILE	Ho: $r = 0$	120.6901	69.81889	0.0000*	50.56936	33.87687	0.0002*
	Ho: $r \leq 1$	70.12070	47.85613	0.0001*	31.23979	27.58434	0.0162*
	Ho: $r \leq 2$	38.88091	29.79707	0.0034*	17.66235	21.13162	0.1430
	Ho: $r \leq 3$	21.21856	15.49471	0.0061*	12.31143	14.26460	0.0995
	Ho: $r \leq 4$	8.907131	3.841466	0.0028*	8.907131	3.841466	0.0028*

Nota: *denota el rechazo de la hipótesis nula al 5%.

Los vectores para Chile y Colombia son independientes

Fuente: Elaboración propia con el software Eviews.

6.3. Test de Causalidad de Granger.

A continuación, se examinan las relaciones causales y sus direcciones entre las variables del estudio para lo que se aplicó el test de causalidad de Granger. Dado que tanto para Chile como para Colombia se probó la existencia de vectores de cointegración entre las variables, la dinámica de interacciones causales entre las variables debe ser expresada en forma de vector de corrección de errores (VEC). Esto permite medir separadamente las relaciones causales en el corto plazo y largo plazo.

La Tabla 4 presenta el resumen del Test de Causalidad de Granger para ambos países. Como se puede observar, en Chile se comprueba una relación causal de doble vía entre crecimiento económico y concentración de exportaciones; en este caso, los resultados son coherentes con la tesis sostenida por Imbs y Wacziarg (2003) y Cadot, Carrere y Strauss (2011), en tanto que, en las economías con altos niveles de ingreso, se estimula la re-concentración de las exportaciones, privilegiando los productos en donde tienen una mayor ventaja comparativa (Gozgor & Can, 2016). De igual modo, se evidenció causalidad a la Granger que va desde el PIB a la inversión extranjera directa (IED), así como también relaciones en doble vía entre formación bruta de capital (FBC) y la concentración de las exportaciones (DSD), entre DSD y tasa de desempleo (TDE) y, por último, causalidades unidireccionales que van desde FBC a IED, y de TDE a IED.

Para Colombia, los resultados soportan una causalidad en sentido de Granger desde el crecimiento hacia la diversificación de las exportaciones, así como también para IED.

Tabla 4. Resultados del test de Causalidad de Granger.

Chile			Colombia		
Null Hypothesis:	F-Statistic	Prob.	Null Hypothesis:	F-Statistic	Prob.
DLDSD does not Granger Cause DLNPIB	4.52711	0.0414*	LNDSO does not Granger Cause LNPIB	0.3862	0.5387
DLNPIB does not Granger Cause DLSD	4.21132	0.0487*	LNPIB does not Granger Cause LNDSO	5.44571	0.0261*
DLNIED does not Granger Cause DLNPIB	0.00998	0.9211	LNIED does not Granger Cause LNPIB	0.04106	0.8407
DLNPIB does not Granger Cause DLNIED	6.55912	0.0155*	LNPIB does not Granger Cause LNIED	8.67682	0.006*
DLNFBC does not Granger Cause DLNPIB	1.58208	0.2179	LNFBFC does not Granger Cause LNPIB	0.00142	0.9702
DLNPIB does not Granger Cause DLNFBC	0.05988	0.8083	LNPIB does not Granger Cause LNFBFC	1.82889	0.1857
DLNTDE does not Granger Cause DLNPIB	0.93129	0.342	LNTDE does not Granger Cause LNPIB	0.00673	0.9351
DLNPIB does not Granger Cause DLNTDE	2.80E-05	0.9958	LNPIB does not Granger Cause LNTDE	0.0257	0.8736
DLNIED does not Granger Cause DLSD	1.49579	0.2305	LNIED does not Granger Cause LNDSO	2.86211	0.1004
DLSD does not Granger Cause DLNIED	0.00028	0.9867	LNDSO does not Granger Cause LNIED	4.13279	0.0504
DLNFBC does not Granger Cause DLSD	4.20801	0.0488*	LNFBFC does not Granger Cause LNDSO	0.00866	0.9264
DLSD does not Granger Cause DLNFBC	4.8141	0.0358*	LNDSO does not Granger Cause LNFBFC	2.12917	0.1543
DLNTDE does not Granger Cause DLSD	4.66083	0.0387*	LNTDE does not Granger Cause LNDSO	1.1488	0.2918
DLSD does not Granger Cause DLNTDE	6.66155	0.0148*	LNDSO does not Granger Cause LNTDE	0.86691	0.3588
DLNFBC does not Granger Cause DLNIED	11.56	0.0019*	LNFBFC does not Granger Cause LNIED	0.52865	0.4725
DLNIED does not Granger Cause DLNFBC	0.3541	0.5561	LNIED does not Granger Cause LNFBFC	1.10918	0.3001
DLNTDE does not Granger Cause DLNIED	11.5598	0.0019*	LNTDE does not Granger Cause LNIED	0.25338	0.6181
DLNIED does not Granger Cause DLNTDE	0.12784	0.7231	LNIED does not Granger Cause LNTDE	0.03947	0.8438
DLNTDE does not Granger Cause DLNFBC	0.48166	0.4928	LNTDE does not Granger Cause LNFBFC	0.0385	0.8457
DLNFBC does not Granger Cause DLNTDE	0.69142	0.4120	LNFBFC does not Granger Cause LNTDE	0.49929	0.4849

Fuente: Elaboración propia con el software Eviews.

7. Conclusiones.

En este artículo se examinó empíricamente la relación de corto y largo plazo entre la diversificación de exportaciones y el crecimiento económico de Colombia y Chile. Se usaron datos anuales desde 1980 hasta 2015 y se emplearon técnicas de series de tiempo para estudiar las relaciones entre las variables y sus interacciones dinámicas, usando el Test de Cointegración de Johansen y el Test de Causalidad de Granger.

Los resultados indican la existencia de vectores de cointegración entre las variables para Colombia y para Chile, lo que implica que estas variables se desplazan juntas en el largo plazo y sus desviaciones de la trayectoria de equilibrio de largo plazo serán corregidas. Sin embargo, se encontró evidencia de la no existencia de causalidad unidireccional que va desde el Índice de Diversificación de Exportaciones hacia el Producto Interno Bruto para ambas economías, con la marcada diferencia de que en el caso de Colombia la relación va del crecimiento a la diversificación de exportaciones.

En el caso de Colombia, los resultados permiten inferir que a pesar de que las reformas de apertura ya han sido aplicadas, la política de promoción de exportaciones ha desarrollado poco los sectores no tradicionales, de tal forma que sus contribuciones al crecimiento económico no han sido significativas. Las políticas de diversificación no han tenido los alcances esperados y no se ha determinado un marco de largo plazo en el que se establezcan las acciones e incentivos que el Estado debe proveer para el desarrollo de nuevos sectores exportadores. No obstante, la implementación de políticas sectoriales, los objetivos y los marcos de política cambian en el tiempo, de acuerdo con la ruta trazada por cada periodo presidencial, teniendo entonces un problema de *inconsistencia dinámica*. Por tanto, si se quiere alcanzar un mayor grado de convergencia con economías más avanzadas a través de la diversificación de la cesta exportadora, se requiere adoptar estrategias que incentiven el descubrimiento de nuevas actividades.

Es importante destacar que, a partir de este trabajo, para el caso colombiano es posible desarrollar una posterior indagación relacionada con el efecto de las exportaciones no tradicionales en el crecimiento económico teniendo en cuenta que gran parte de la composición de la cesta exportadora de este país está dominada por las exportaciones de petróleo y derivados, y carbón.

Referencias

- Abdulai, A., & Jaquet, P. (2002). Exports and Growth: Cointegration and Causality Evidence for Côte d'Ivoire. *African Development Bank, Blackwell Publishers*, 14(1), 1-17.
- Acemoglu, D., & Zilibotti, F. (1997). Was Prometheus unbound by chance? Risk, diversification, and growth. *Journal of Political Economy*, 105(4), 709-751.
- Agosin, M. (1999). Trade and growth in Chile. *CEPAL Review*, 68, 79-100.
- Al-Marhubi, F. (2000). Export diversification and growth: an empirical investigation. *Applied Economics Letters*, 7(9), 559-562.
- Arip, M., Yee, L., & Bakri, K. (2010). Export Diversification and Economic Growth in Malaysia. *MPRA Paper*, 20588, Unimas, Reitaku University.
- Arrow, K. (1962). The economic implications of learning by doing. *Review of Economic Studies*, 29(3), 153-173.
- Awokuse, T. (2003). Is the export-led growth hypothesis valid for Canada? *Canadian Journal of Economics/Revue canadienne d'économique*, 36(1), 126-136.

- Balaguer, J., & Cantavella-Jordá, M. (2004). Structural change in exports and economic growth: cointegration and causality analysis for Spain (1961–2000). *Applied Economics*, 36(5), 473-477.
- Balassa, B. (Ed.). (1989). *Trade Liberalization and 'Revealed' Comparative Advantage*. Hertfordshire: Harvester Wheatsheaf.
- Bleaney, M., & Greenaway D. (2001). The impact of terms of trade and real exchange rate volatility on investment and growth in sub-Saharan Africa. *Journal of Development Economics*, 65(2), 491-500.
- Cadot, O., Carrere, C., & Strauss-Kahn, V. (2011). Export diversification: what's behind the hump? *Review of Economic and Statistics*, 93(2), 590-605.
- Chen, S. (2007). Exactly what is the link between export and growth in Taiwan? New evidence from the Granger causality test. *Economics Bulletin*, 6(7), 1-10.
- Dawe, D. (1996). A new look at the effects of export instability on investment and growth. *World Development*, 24(12), 1905-1914.
- Dickey, D., & Fuller, W. (1979). Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. *Journal of the American Statistical Association*, 74(366), 427-431.
- García, P., Meller P., & Repetto, A. (1996). Las exportaciones como motor del crecimiento: la evidencia chilena. En Patricio Meller (comp.), *El modelo exportador chileno: crecimiento y equidad*, Santiago de Chile, Corporación de Investigaciones Económicas para Latinoamérica (CIEPLAN), pp. 19-42.
- Gokmenoglu, K., Sehnaz, Z., & Taspinar, N. (2015). The Export-Led Growth: A Case Study of Costa Rica. *Procedia Economics and Finance*, 25, 471-477.
- Gozgor, G., & Can, M. (2016). Effects of the product diversification of exports on income at different stages of economic development. *Eurasian Business Review*, 6(2), 215-235.
- Gutiérrez de Piñeres, S., & Ferrantino, M. (1997). Export diversification and structural dynamics in the growth process: The case of Chile. *Journal of development Economics*, 52(2), 375-391.
- Gutiérrez de Piñeres, S., & Ferrantino, M. (1999). Export sector dynamics and domestic growth: The case of Colombia. *Review of Development Economics*, 3(3), 268-280.
- Hausmann, R., & Rodrik, D. (2003). Economic development as self-discovery. *Journal of Development Economics*, 72(2), 603-633.
- Hausmann, R., Hwang, J., & Rodrik, D. (2007). What you export matters. *Journal of Economic Growth*, 12(1), 1-25.
- Hausmann, R., & Klinger, B. (2006). *The evolution of comparative advantage: the impact of the structure of the product space*. Center for International Development and Kennedy School of Government Harvard University.
- Herzer, D., & Nowak-Lehmann, F. (2006). ¿What does export diversification do for growth? An econometric analysis. *Applied Economics*, 38(15), 1825-1838.

- Hye, Q., Wizarat, S., & Lau, W. (2013). Trade-led growth hypothesis: An empirical analysis of South Asian countries, *Economic Modelling*, 35, 654-660.
- Imbs, J., & Wacziarg, R. (2003). Stages of Diversification. *American Economic Review*, 93(1), 63-86.
- Jin, J. (2002). Exports and Growth: is the Export-led Growth Hypothesis valid for provincial economies? *Applied Economics Letters*, 34(1), 63-76.
- Johansen, S., & Juselius, K. (1990). Maximum likelihood estimation and inference on cointegration with applications to the demand for money. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 52(2), 169-210.
- Mejía, J. (2011). Export Diversification, International Trade, and Economic Growth: A Survey of the Literature. In *Export Diversification and Economic Growth*, Physica-Verlag HD, pp. 9-47.
- Michaely, M. (1977). Exports and growth: an empirical investigation. *Journal of Development Economics*, 4(1), 49-53.
- Misztal, P. (2011). Export diversification and economic growth in European Union member states, *Acta Oeconomica*, 10(2), 55-64.
- Mordecki, G., & Piaggio, M. (2008). Integración regional: ¿el crecimiento económico a través de la diversificación de exportaciones? *Documentos de Trabajo*, Instituto de Economía - IECON.
- Moschos, D. (1989). Export expansion, growth and the level of economic development: an empirical analysis. *Journal of Development Economics*, 30(1), 93-102.
- Panas, E., & Vamvoukas, G. (2002). Further evidence on the export-led growth hypothesis. *Applied Economics Letters*, 9(11), 731-735.
- Romer, P. (1990). Endogenous Technological Change. *The Journal of Political Economy*, 98(5), S71-S102.
- Ruiz, M., & Vera, R. (2013). Exportaciones no tradicionales 2002-2012: Una historia de crecimiento, apertura y diversificación. *Revista Moneda*, 156, 33-36.
- Sannasse, R., Seetanah, B., & Lamport, M. (2014). Export diversification and economic growth: the case of Mauritius. In *Connecting to global markets, Challenges and opportunities: case studies presented by WTO chair-holders*. WTO Publications.
- Stanley, D., & Bunnag, S. (2001). A new look at the benefits of diversification: lessons from Central America. *Applied Economics*, 33(11), 1369-1383.

ANEXO 1. Formulación del índice de diversificación de exportaciones DSD.

Este índice, introducido por Balassa (1989), se calcula tomando como base la siguiente ecuación:

$$a) \quad \sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (VCR - \overline{VCR})^2}$$

donde N es el número de productos, VCR es el índice de ventaja comparativa revelada de un producto y \overline{VCR} es la media del VCR de N número de productos.

Particularmente, este método utiliza la desviación estándar del Índice de Ventaja Comparativa Revelada (VCR). La ecuación (a) indica que un valor menor del índice evidencia un alto nivel de diversificación de exportaciones, mientras que un valor alto en el índice indica un alto nivel de especialización de las exportaciones. La ecuación (b), muestra la notación matemática del índice VCR .

$$b) \quad VCR_i^j = \frac{\left(\frac{X_i^j}{X_t^j} \right)}{\left(\frac{X_i^w}{X_t^w} \right)}$$

donde VCR es el Índice de Ventaja Comparativa Revelada, X_i^j son las exportaciones del producto i del país j , X_t^j son las exportaciones totales del país j , X_i^w son las exportaciones del producto i en el mundo y X_t^w son las exportaciones totales del mundo.

ANEXO 2. Vectores de Cointegración encontrados para Chile.

1 Cointegrating Equation(s):	Log likelihood	138.4531		
Normalized cointegrating coefficients (standard error in parentheses)				
DLNDS	DLNFBC	DLNIED	DLNPIB	DLNTED
1.000000	-6.829638 (0.72357)	0.934533 (0.17075)	-6.180710 (2.17123)	-3.443501 (0.67553)
Adjustment coefficients (standard error in parentheses)				
D(DLNDS)	-0.057499 (0.05462)			
D(DLNFBC)	0.203440 (0.03770)			
D(DLNIED)	-0.418272 (0.15419)			
D(DLNPIB)	0.019746 (0.00996)			
D(DLNTED)	-0.060043 (0.05646)			
2 Cointegrating Equation(s):	Log likelihood	155.0088		
Normalized cointegrating coefficients (standard error in parentheses)				
DLNDS	DLNFBC	DLNIED	DLNPIB	DLNTED
1.000000	0.000000	2.725762 (1.40676)	29.53555 (17.5540)	-11.53346 (4.50720)
0.000000	1.000000	0.262273 (0.21238)	5.229597 (2.65010)	-1.184536 (0.68044)
Adjustment coefficients (standard error in parentheses)				
D(DLNDS)	-0.021680 (0.06168)	0.240102 (0.38720)		

D(DLNFBC)	0.128273 (0.03241)	-1.069197 (0.20344)		
D(DLNIED)	-0.558868 (0.16994)	3.455614 (1.06675)		
D(DLNPIB)	0.000958 (0.00892)	-0.054815 (0.05602)		
D(DLNTED)	0.057448 (0.04673)	-0.090464 (0.29331)		
3 Cointegrating Equation(s):			Log likelihood	168.8290
Normalized cointegrating coefficients (standard error in parentheses)				
DLNDS	DLNFBC	DLNIED	DLNPIB	DLNTED
1.000000	0.000000	0.000000	0.278048 (0.47193)	-0.101263 (0.12893)
0.000000	1.000000	0.000000	2.414441 (0.93512)	-0.084531 (0.25547)
0.000000	0.000000	1.000000	10.73370 (6.03996)	-4.194128 (1.65008)
Adjustment coefficients (standard error in parentheses)				
D(DLNDS)	-1.641080 (0.33741)	0.275356 (0.28087)	0.006655 (0.05117)	
D(DLNFBC)	0.181579 (0.24425)	-1.070357 (0.20332)	0.069130 (0.03704)	
D(DLNIED)	0.823824 (1.25241)	3.425514 (1.04253)	-0.619400 (0.18994)	
D(DLNPIB)	-0.038497 (0.06687)	-0.053956 (0.05566)	-0.011699 (0.01014)	
D(DLNTED)	0.137263 (0.35212)	-0.092201 (0.29311)	0.132726 (0.05340)	
4 Cointegrating Equation(s):			Log likelihood	178.6006
Normalized cointegrating coefficients (standard error in parentheses)				
DLNDS	DLNFBC	DLNIED	DLNPIB	DLNTED
1.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.031067 (0.09291)
0.000000	1.000000	0.000000	0.000000	1.064563 (0.11549)
0.000000	0.000000	1.000000	0.000000	0.914313 (0.47002)
0.000000	0.000000	0.000000	1.000000	-0.475926 (0.10093)
Adjustment coefficients (standard error in parentheses)				
D(DLNDS)	-1.676686 (0.32349)	0.071980 (0.29863)	-0.077807 (0.07302)	0.310951 (0.28530)
D(DLNFBC)	0.167749 (0.24183)	-1.149356 (0.22325)	0.036322 (0.05459)	-1.779769 (0.21329)
D(DLNIED)	0.566708 (1.03282)	1.956866 (0.95345)	-1.229327 (0.23315)	2.075050 (0.91090)
D(DLNPIB)	-0.035217 (0.06641)	-0.035220 (0.06131)	-0.003917 (0.01499)	-0.269405 (0.05857)
D(DLNTED)	0.085552 (0.32248)	-0.387574 (0.29770)	0.010058 (0.07280)	1.285191 (0.28442)

Fuente: Elaboración propia con el software Eviews.

Vectores de cointegración encontrados para Colombia.

1 Cointegrating Equation(s):	Log likelihood	192.0847		
Normalized cointegrating coefficients (standard error in parentheses)				
LNPIB	LNDS	LNFBC	LNIED	LNTDE
1.000000	-0.105686 (0.27314)	0.675506 (0.32757)	-0.418502 (0.06627)	0.524262 (0.15385)
Adjustment coefficients (standard error in parentheses)				
D(LNPIB)	0.025649 (0.02163)			
D(LNDS)	-0.047420 (0.14295)			
D(LNFBC)	0.054490 (0.13069)			
D(LNIED)	2.218368 (0.50093)			
D(LNTDE)	-0.183440 (0.12819)			
2 Cointegrating Equation(s):	Log likelihood	200.1398		
Normalized cointegrating coefficients (standard error in parentheses)				
LNPIB	LNDS	LNFBC	LNIED	LNTDE
1.000000	0.000000	0.709642 (0.30948)	-0.395361 (0.03930)	0.495858 (0.14437)
0.000000	1.000000	0.323001 (0.33751)	0.218968 (0.04286)	-0.268758 (0.15745)
Adjustment coefficients (standard error in parentheses)				
D(LNPIB)	0.003202 (0.02783)			
D(LNDS)	-0.236619 (0.18066)			
D(LNFBC)	-0.184233 (0.15792)			
D(LNIED)	2.584746 (0.65359)			
D(LNTDE)	0.126002 (0.14301)			
3 Cointegrating Equation(s):	Log likelihood	205.6287		
Normalized cointegrating coefficients (standard error in parentheses)				
LNPIB	LNDS	LNFBC	LNIED	LNTDE
1.000000	0.000000	0.000000	-0.347654 (0.03037)	0.393251 (0.12312)
0.000000	1.000000	0.000000	0.240682 (0.02700)	-0.315461 (0.10947)
0.000000	0.000000	1.000000	-0.067226 (0.02673)	0.144589 (0.10836)
Adjustment coefficients (standard error in parentheses)				
D(LNPIB)	-0.005302 (0.03700)			
D(LNDS)	-0.558223 (0.22181)			
D(LNFBC)	-0.045566 (0.20655)			
	-0.050904 (0.04337)			
	-0.717615 (0.26002)			
	0.025227 (0.20881)			
	-0.387678 (0.19444)			

D(LNIED)	2.731845 (0.87000)	0.562664 (1.01985)	1.821626 (0.81901)
D(LNTDE)	0.187496 (0.18975)	0.613188 (0.22243)	0.206226 (0.17863)

4 Cointegrating Equation(s): Log likelihood 209.2215

Normalized cointegrating coefficients (standard error in parentheses)

LNPIB	LNDS	LNFB	LNIED	LNTDE
1.000000	0.000000	0.000000	0.000000	-1.117360 (0.36540)
0.000000	1.000000	0.000000	0.000000	0.730341 (0.26428)
0.000000	0.000000	1.000000	0.000000	-0.147517 (0.12889)
0.000000	0.000000	0.000000	1.000000	-4.345153 (1.14048)

Adjustment coefficients (standard error in parentheses)

D(LNPIB)	-0.013962 (0.04043)	-0.050505 (0.04317)	0.002380 (0.03614)	-0.009454 (0.00889)
D(LNDS)	-0.430269 (0.23614)	-0.723504 (0.25215)	-0.053265 (0.21111)	0.008460 (0.05194)
D(LNFB)	0.018236 (0.22484)	-0.231170 (0.24007)	-0.426817 (0.20101)	-0.018611 (0.04946)
D(LNIED)	3.121290 (0.93788)	0.544741 (1.00144)	1.582724 (0.83846)	-0.970849 (0.20630)
D(LNTDE)	0.266012 (0.20511)	0.609575 (0.21901)	0.158061 (0.18337)	0.061666 (0.04512)

Fuente: Elaboración propia con el software Eviews.



Análisis comparativo de indicadores de capacidad multivariante. El caso del clúster manufacturero cartagenero

RAHMER, BRUNO DE JESÚS

Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco (Colombia)

Correo electrónico: brunodejesus.2509@gmail.com

GARZÓN SAÉNZ, HERNANDO

Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco (Colombia)

Correo electrónico: hnando2001@gmail.com

SOLANA GARZÓN, JOSÉ

Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco (Colombia)

Correo electrónico: ingjosemsolanag@gmail.com

RESUMEN

Los indicadores multivariantes de capacidad han sido muy utilizados en la industria manufacturera y en entornos similares en tanto que proporcionan medidas cuantitativas sobre el potencial y rendimiento de un proceso descrito por múltiples características de calidad susceptibles de evaluación y correlacionadas simultáneamente. En este artículo se presenta una evaluación empírica de múltiples enfoques de análisis de capacidad multivariante en el sector manufacturero cartagenero, a saber: uno basado en la relación del volumen la región de tolerancia y el volumen de la región del proceso, otro fundamentado en el análisis de componentes principales y adicionalmente, se propone la aplicación de otros indicadores que incluyen dentro su mecánica interna de análisis factorial la proporción de observaciones fuera de los márgenes de especificación y su variabilidad en el largo y corto plazo. Los resultados suministrados indican que el proceso productivo analizado no es marginalmente capaz para cumplir con las especificaciones técnicas predefinidas y que existe un vasto margen de mejoría.

Palabras clave: análisis multivariante, análisis en componentes principales, clúster manufacturero, indicadores de capacidad, control estadístico de procesos.

Clasificación JEL: C19; C38; Z21.

MSC2010: 62H25; 62P30.

Comparative analysis of multivariate capacity indicators. The case of the Cartagena manufacturing cluster

ABSTRACT

Multivariable capacity index have been used frequently in the manufacturing industry and similar environments, since they provide quantitative measurements of the potential and performance of a process described by multiple quality characteristics susceptible to evaluation and correlated simultaneously. In this paper, we present an empirical evaluation of several approaches to analyze a multivariate industrial process. In the first approach we study relationship of the volume of the tolerance region and the volume of the process region. In the second approach, we propose the application of principal components technique and, finally, we propose the application of other indicators that analyze the proportion of observations located outside the specification margins and their variability in the long and short term. The results provided indicate that analyzed production process is not marginally capable for satisfying predefined technical specifications and that there is a high margin of improvement.

Keywords: multivariate analysis, principal component analysis, manufacturing cluster, capacity index, statistical process control.

JEL classification: C19; C38; Z21.

MSC2010: 62H25; 62P30.



1. Introducción.

La tecnificación y el consecuente cambio cualitativo de los procesos de producción en los albores del siglo XXI ha allanado mucho el terreno para engendrar múltiples estrategias que se inscriben en la lógica del capital, tendientes a la optimización del desempeño de las operaciones internas, a reformar las propiedades sistémicas, paradigmas y modelos en el contexto organizacional, para el alcance de metas generales coherentes con su objeto social, como la fabricación de bienes tangibles y prestación de servicios con valor agregado diferencial.

En tales escenarios, la utilización de herramientas cuantitativas para la monitorización de procesos permite caracterizar la dinámica de los mismos, corregir cursos de acción y concebir previsiones sobre su rendimiento en el corto y largo plazo. Se colige, por tanto, que el control de las operaciones constituye un eslabón de significativa relevancia en el complejo entramado de actividades de fabricación de bienes tangibles y de la prestación de servicios, con valor agregado diferencial. En las postrimerías del siglo anterior, métodos no convencionales de control y monitoreo de procesos ganaron legitimidad en el ámbito de las ciencias administrativas. En ese mismo contexto, los índices de capacidad multivariantes, irrumpieron en la literatura especializada como una generalización de sus análogos univariantes y fueron profusamente utilizados por su patente versatilidad (Verbel, Herrera & Maestre, 2016). La principal ventaja proporcionada por esta forma de monitorización es la realimentación del proceso en tiempo real partiendo de una robusta fundamentación teórico-conceptual (Hernández & Da Silva, 2016). Dentro de esta evaluación sistémica se introducen conceptos axiales e indisociables como estabilidad y capacidad que, conjugados entre sí, coadyuvan al acrecimiento de la eficiencia operativa y dan cabida al desarrollo del potencial existente en el sistema productivo (Caicedo, Jiménez, Vélezl, & Wilches, 2015).

Los índices de capacidad de proceso (PCI) actualmente son utilizados como parte integral del control estadístico de la calidad y productividad del sistema. La relación entre el rendimiento real del proceso y los límites o tolerancia de especificación se puede cuantificar utilizando un PCI conveniente, pues las métricas de capacidad están diseñadas estadísticamente para aportar coeficientes medidos como una función adimensional de los parámetros y especificaciones de un proceso (Novaes, Lima Jr, Carvalho, & Aragão, 2015) que dan cuenta sobre la aptitud del mismo para reproducir elementos dentro de los límites preestablecidos. En esencia, estos indicadores contrastan el rendimiento real con el rendimiento deseado de los outputs (Lea, Wu & Wu, 2015; Dharmasena & Zeepongsekul, 2015). De este modo, es posible detectar señales estadísticas anómalas o causas de variación imputables que permiten optimizar procesos productivos perceptibles y minimizar la ocurrencia de errores no intencionales, en otros términos, el objetivo ulterior es que sobre él operen, como únicas causas de variabilidad, las causas de variación no asignables. En esa tónica, un proceso es calificado como estable si el mismo es reproducible. La capacidad, en otro sentido, facilita la previsión del desempeño del proceso en ejecuciones futuras y la confección de planes realizables. Se precisa destacar que en la totalidad de procesos operan fenómenos constantemente activos que originan variaciones comunes o especiales. Por lo tanto, un proceso estable no es aquél que no exterioriza variaciones, sino que presenta desviaciones aceptables dentro de límites tolerables que determinan la repetición de su comportamiento.

En la práctica industrial, los índices de capacidad multivariante tienen sus pros y sus contras: si bien es cierto que exhiben una ostensible solvencia para proveer una caracterización apropiada de la estructura de correlación subyacente entre las múltiples características de calidad examinadas prescindiendo de una elevada cuota de esfuerzo, suelen acarrear un exorbitante costo en términos de complejidad numérica e interpretabilidad, ya que un único indicador que resuma el comportamiento de un proceso es indeseable en casos donde interaccionan múltiples variables, lo que obstaculiza manifiestamente, la identificación de la totalidad de causas hipotéticas de un eventual detrimento de la capacidad del mismo. Por ello, es recomendable desarrollar un análisis de capacidad general bajo una lógica consistente en la evaluación agregada de las características de calidad -tal y como se sigue aquí- siguiendo un enfoque metodológico misceláneo.

2. Metodología.

La noción subyacente en un índice de capacidad versa sobre un proceso que, encontrándose estadísticamente bajo control, se comporta de tal forma que las características de calidad se localizan casi plenamente circunscritas dentro de los límites de especificación determinados por las tolerancias de ingeniería o por las necesidades de los clientes (Vásquez, Ramírez, & García, 2016). La evaluación del desempeño de un proceso mediante el cómputo de un índice de capacidad toma en consideración y de forma simultánea, su capacidad para generar unidades dentro de ciertos límites de especificación predeterminados y su cualidad para minimizar la discrepancia entre el valor del centrado del proceso y un valor target.

El enfoque de investigación empírica es de carácter mixto en virtud del enlazamiento de dos modalidades investigativas bien diferenciadas: un enfoque estrictamente descriptivo y retrospectivo). En esta fase se seleccionan diversas submuestras de datos correspondientes a un proceso de metal mecánico de una entidad subyacente en el clúster manufacturero de Cartagena de Indias. Cinco variables continuas han sido seleccionadas en este caso: PH, Concentración de sal de nitrógeno, Temperatura, Presión y Concentración de cloruro de sodio. El conjunto de datos obtenidos mediante un proceso de selección muestral aleatoria sin reposición, de modo que cada elemento del universo posee idéntica probabilidad de selección y queda descartado en una fase consecutiva de elección. Para el cómputo del tamaño muestral se establece un nivel de confianza del 95%, un margen de error del 5% y una heterogeneidad intramuestral equivalente al de 50%.

En la fase posterior al proceso de definición de ciertas propiedades medibles a través de las que es posible evaluar la calidad del resultado del proceso sometido a análisis, se procede a realizar un somero análisis exploratorio de los datos de entrada del proceso productivo, recabándose información útil respecto a la tendencia central, dispersión y forma distribucional de las variables analizadas. Esto sienta la base para identificar el nivel de estabilidad del proceso, su capacidad para cumplir con las especificaciones y para la verificación formal de ciertos supuestos e hipótesis que deben cumplirse estrictamente si se desea garantizar una adecuada estimación de los parámetros que sintetizan la información contenida en las observaciones. Los intervalos de especificación, es decir, los límites de especificación superior, valores nominales y límites de especificación inferior de cada una de las medidas de interés son computados a partir de la información histórica del proceso. Se establece un diseño de corte transeccional, en tanto que la extracción de insumos informativos ha ocurrido en una acotación temporal reducida y dado que el propósito, en el punto de inicialización del proceso de investigación, es efectuar un análisis descriptivo y causal. La hipótesis inicial que ha de ser corroborada formalmente es que la totalidad de factores involucrados en el proceso están correlacionados entre sí y, por tanto, se debe evaluar concomitantemente su evolución o co-movimientos en la progresión temporal. Esta premisa justificaría el uso de indicadores de capacidad multivariados.

Dado que se propone un análisis de capacidad en el dominio multivariado se analizan en conjunto y paralelamente, ciertas características de calidad bajo la asunción de que pueden ser modelizadas por una distribución gaussiana multidimensional y que el conocimiento del proceso es lo suficientemente exhaustivo, de suerte que es posible la estimación del vector de medias y matriz de varianzas y covarianzas (Cuamea & Rodríguez, 2014). En la primera fase investigativa el proceso productivo en cuestión es caracterizado y evaluado a partir de enfoques de análisis variopintos que se circunscriben en el ensanchado campo del control estadístico e ingeniería de procesos. Así, las métricas de capacidad que se traen a colación en el presente trabajo se construyen a partir de la relación entre el volumen de una región de tolerancia y el volumen de una región de proceso, técnicas de reducción de información como el análisis de componentes principales y se registran posteriormente, otros indicadores que incluyen dentro su mecánica interna de análisis factores como la proporción de observaciones fuera de los márgenes de especificación y la variabilidad de las características de calidad en el largo y corto plazo. La conjunción de todos ellos se realiza con la intención de cuantificar la habilidad del proceso para satisfacer las especificaciones pre-asignadas (Salazar & Fermín, 2016; Herrera, Herrera & Rahmer, 2017).

De modo sintético podrá trazarse la secuencia lógica de instancias que deben seguirse para alcanzar los objetivos de investigación trazados, partiendo de la asunción veraz que se ha realizado una aproximación teórica concordante con los objetivos planteados sobre la información suministrada; en otros términos, se ha analizado conceptualmente el objeto de investigación. Una vez establecido el modelo conceptual, el énfasis debe centrarse en la determinación y aplicación la técnica de análisis multivariante más conveniente para efectos de monitorización, sus condiciones de aplicabilidad y la corroboración de hipótesis subyacentes. Una vez superada esta fase se procede a construir los indicadores cuantitativos y efectuar el correspondiente análisis de las alternativas de evaluación de indicadores. La interpretación de los resultados obtenidos podría conducir a posteriores re-especificaciones en el proceso de modelo matemático.

3. Resultados.

En este apartado se realiza un análisis exploratorio de la totalidad de variables identificadas en cada etapa del proceso productivo, asumiéndose que cada una de ellas puede ser modelada por una distribución normal con media poblacional μ y varianaza σ . A continuación, se presenta en la Tabla 1 un conjunto de estadísticas descriptivas univariadas (medidas de centralización y dispersión) que proporcionan una aproximación sintética del comportamiento exhibido por las características de calidad. Se computan además sus respectivos valores targets y límites de control.

Tabla 1. Análisis descriptivo de las variables.

	<i>PH</i>	<i>CONCENTRACIÓN DE SAL DE NITRO</i>	<i>TEMPERATURA</i>	<i>PRESIÓN</i>	<i>CONCENTRACIÓN DE CLORURO DE SODIO</i>
PROMEDIO	6,25673	0,295938	29,2554	800,402	0,500714
MEDIANA	6,184	0,295893	29,8657	800,293	0,500406
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	1,06645	0,01745	3,90211	1,32129	0,00793014
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	17,045%	5,89651%	13,3381%	0,165079%	1,58377%
MÍNIMO	4,07598	0,262365	27,2397	797,983	0,48555
MÁXIMO	8,89682	0,338308	31,8209	803,709	0,525659
RANGO	4,82084	0,075943	29,7081	5,726	0,040109
SESGO	0,273103	0,201228	-6,43895	0,586496	0,40188
CURTOSIS	-0,40978	-0,381231	45,2995	0,289672	0,780343
LÍMITE INFERIOR	4	0,26	27	795	0,45
VALOR NOMINAL	6	0,30	30	800	0,50
LÍMITE SUPERIOR	7,5	0,34	33	803	0,53

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 2 aparecen los coeficientes de correlación de Pearson para examinar la fuerza y la dirección de la relación lineal entre pares de variables continuas. Nótese que casi la totalidad de variables consideradas en el problema son próximas a la unidad y sólo tres pares no son significativas al 95% de confianza. En ausencia de valores atípicos, las correlaciones no son afectadas significativamente, tal y como puede dilucidarse en el presente caso. En ese tenor, puede afirmarse sin temor a equivocación que el cómputo de los indicadores de capacidad multivariante es factible, pues se corrobora que la asociación entre las variables es de tipo lineal y que existen movimientos concomitantes entre las mismas.

Tabla 2. Correlaciones bivariadas de Pearson.

	PH	CONCENTRACIÓN DE SAL DE NITRO	TEMPERATURA	PRESIÓN	CONCENTRACIÓN DE CLORURO DE SODIO
PH	0,7131	0,6185	0,5633	0,7149	0,6051
CONCENTRACIÓN DE SAL DE NITRO	0,7306	0,8391	0,0635	0,8059	0,8864
TEMPERATURA	0,5849	0,9240	0,6823	0,3362*	0,7919
PRESIÓN	0,7072	0,5085	0,6633	0,6051*	0,8742
CONCENTRACIÓN DE CLORURO DE SODIO	0,2976*	0,8391	0,7435	0,5681	0,813

Fuente: Elaboración propia.

3.1. Índices de capacidad basado en regiones de tolerancia.

Para el cálculo de los índices de capacidad multivariantes consignados en este apartado, se dispone inicialmente de la matriz de datos X especificada inicialmente, asumiéndose que las n observaciones son independientes y representan una muestra aleatoria descrita adecuadamente por una distribución normal multivariante con variables correlacionadas entre sí; asimismo, se toma en consideración las especificaciones técnicas predefinidas. El conocimiento del proceso es lo suficientemente exhaustivo y, por tanto, el cálculo del vector de medias para las características de calidad y la matriz de covarianzas es realizable.

Para valorar la capacidad general del proceso, en la Tabla 3, se computa una gama de indicadores de capacidad multivariado.

Tabla 3. Índices de Capacidad Multivariados.

ÍNDICES	FÓRMULA	VALOR
CpM	$\left[\frac{\text{Volumen de la región de tolerancia}}{\text{Volumen de la región modificada del proceso}} \right]^{1/v}$	0,79
PV	$PV = P(F_{v,n-v} > \frac{n-v}{v(n-1)} T^2)$	0,57
LI	0= La región modificada no está contenida dentro de la región de tolerancia 1= La región modificada no está contenida dentro de la región de tolerancia	0
Mcpm	$\frac{C_p}{D}$	0,81

Fuente: Elaboración propia.

Los primeros tres componentes consignados en la Tabla 3 (CpM , PV , LI) constituyen el denominado vector de capacidad multivariante. El primer componente del vector está dado por el ratio entre el volumen de la región de tolerancia y el volumen de la región modificada del proceso, es decir:

$$CpM = \left[\frac{\text{Volumen de la región de tolerancia}}{\text{Volumen de la región modificada del proceso}} \right]^{1/v}$$

El numerador viene dado por $\prod_{i=1}^p (USL_f - USL_i)$, mientras que el denominador, está definido como la región más pequeña, que circunscribe el elipsoide definida como región del proceso. Tal elipsoide es el contorno de probabilidad centrado en la media del proceso.

Mientras tanto, los límites o bordes del mismo vienen especificados por $LS_f = \mu_i + \frac{\sqrt{\chi_{v,\alpha}^2 \det(\Sigma_i^{-1})}}{\det(\Sigma_i^{-1})}$ y $LS_i = \mu_i - \frac{\sqrt{\chi_{v,\alpha}^2 \det(\Sigma_i^{-1})}}{\det(\Sigma_i^{-1})}$

siendo $\chi_{v,\alpha}^2$ el percentil $100(1 - \alpha)$ de una distribución ji-cuadrado con v grados de libertad y $\det(\Sigma_i^{-1})$ el determinante de la matriz Σ_i^{-1} obtenida mediante la supresión la i -ésima fila y columna.

Dado que el valor del CpM consignado en la Tabla 3 se distancia sutilmente de 1, se sigue entonces que la región de tolerancia no es más grande que la región modificada del proceso, siendo esto un indicativo de baja capacidad.

El segundo componente del vector $PV = P(F_{v,n-v} > \frac{n-v}{v(n-1)} T^2)$ es el nivel de significancia del estadístico T^2 de Hotelling $= n(\bar{X} - T)' S^{-1}(\bar{X} - T)$ bajo la hipótesis de que el centro de las especificaciones de ingeniería corresponde a la media del proceso. Valores próximos a cero indican cierto nivel de lejanía respecto al vector objetivo de ingeniería, como el presentado en la Tabla 3.

El tercer componente denotado por LI compara la localización entre la región de tolerancia y la región modificada y sólo asume un par de valores en el umbral $[0,1]$. LI será equivalente a la unidad si la totalidad de la región está contenida dentro de la región de tolerancia, si por el contrario, una parte de la de la misma se halla en zonas externas asumirá un valor igual a cero, como se percibe en el caso presente (Zhang, Wang, He, & He, 2014).

Por otro lado, el indicador $Mcpm$ es el ratio entre el volumen de la región de tolerancia modificada dada por $\frac{2\pi^{\frac{v}{2}} \prod_i^v a_i}{v\Gamma(\frac{v}{2})}$ y el elipsoide de confianza. Para v características de calidad esta métrica es igual a:

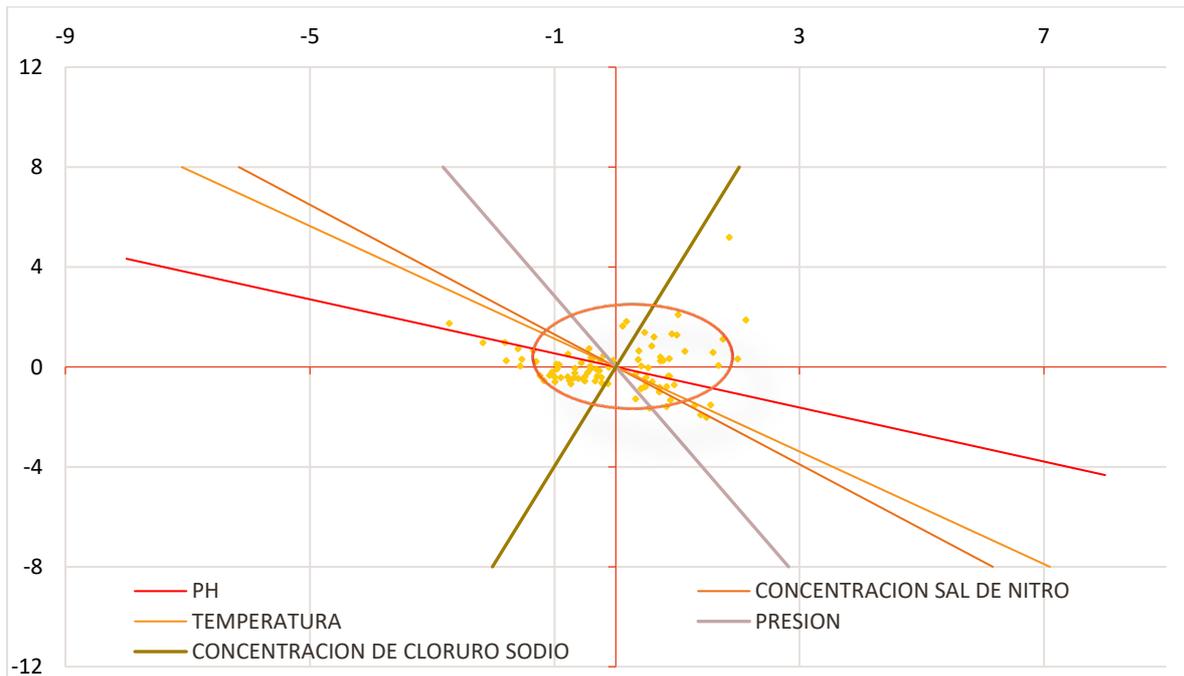
$$Mcpm = \frac{2\pi^{\frac{v}{2}} \prod_i^v a_i * v\Gamma\left(\frac{v}{2}\right)^{-1}}{Vol(R_3) [1 + (\mu - T)' \Sigma_i^{-1}(\mu - T)]^{1/2}} = \frac{C_p}{D}$$

siendo X el vector de mediciones descritas por una distribución gaussiana multivariante, T el vector de valores destino y R_3 es la región donde yacen el 99,73% de los valores del proceso. C_p representa la variabilidad relativa a la región modificada del proceso mientras que D detecta la desviación del proceso respecto al objetivo.

Cuando el vector de medias del proceso es igual al vector target y el $Mcpm$ es 1, entonces se afirma que el 99,73% de los valores están localizados dentro de la región de tolerancia modificada, circunstancia que no es reflejada en la dinámica del proceso.

A la postre se muestra en la Figura 1 la elipse de control diseñada ex profeso para esta sección. La relevancia de una herramienta de monitoreo de este carácter dado que la ocurrencia de las condiciones fuera-de-control es independiente de la presencia de comportamientos anómalos fuera de los límites de control en variables individuales. Nótese que existe una cantidad nada despreciable de puntos cuyas distancias cuadráticas multivariantes son inusualmente altas respecto a la elipse de control.

Figura 1. Elipse de Control 1.



Fuente: Elaboración propia.

3.2. Índices de capacidad basados en análisis de componentes principales.

El análisis en componentes principales (ACP) es una técnica descriptiva de síntesis de información, útil para el diseño estadístico de indicadores de capacidad para un proceso normal multivariante con v características de calidad. En esencia, el uso PCA utiliza la descomposición espectral de la matriz de covarianza $\Sigma = \mathbf{U}\mathbf{D}\mathbf{U}^T$. Siendo $\mathbf{U} = [u_1, u_2, \dots, u_n]$ la matriz de eigenvectores y la matriz diagonal de la matriz de autovalores $\mathbf{D} = [\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n]$. Por otra parte, la componente i -ésima queda denotada como:

$$PC_i = u_i^T x = u_{v1}x_1 + u_{v2}x_2 + \dots + u_{vn}x_n$$

El análisis en componentes principales es una técnica de análisis estadístico multivariante que se clasifica entre los métodos de simplificación o reducción de la dimensión y que se aplica cuando se dispone de un conjunto elevado de variables con datos cuantitativos persiguiendo obtener un menor número de variables, combinación lineal de las primitivas, que se denominan componentes principales o factores, cuya posterior interpretación permitirá un análisis más simple del problema estudiado. Su aplicación es directa sobre cualquier conjunto de variables, a las que considera en bloque. En términos generales, el análisis de componentes principales envuelve un conjunto de datos con observaciones sobre p variables numéricas para cada una de las n entidades o individuos. Estos valores definen vectores n -dimensionales $x_1, x_2 \dots x_n$ de modo que se busca una combinación lineal dada por: $\sum_{j=1}^p a_j x_j$ cuyos coeficientes son obtenidos a partir de los vectores propios de la matriz de covarianza de los datos originarios. Intuitivamente, la finalidad esencial de un modelo de componentes principales es hallar un conjunto nuevo de direcciones ortogonales que definen la variabilidad máxima en términos de la estructura de varianza-covarianza de las variables originales, de manera que la información contenida en el conjunto completo de las componentes halladas es el equivalente exacto de la información original de los datos, pues se conjetura que existen elementos redundantes y que sólo añaden dimensionalidad al problema estudiado. A través del ACP, los datos originales son proyectados en una representación dimensional mucho más compacta y parsimoniosa.

Sea entonces una matriz de datos multivariantes $X_{n,p} \in \mathbb{R}^{n \times p}$, con $X_{n,p} = (x_1, \dots, x_n)'$ cuyas columnas contienen las variables y las filas, los elementos. La media está dada por:

$$\bar{x} = \left(\frac{1}{n}\right) X'_{n,p}$$

y la matriz de covarianza por:

$$S = \left[\frac{1}{(n-1)}\right] (X_{n,p} - 1_n \bar{x}')' (X_{n,p} - 1_n \bar{x}')$$

La $Cov(x) = \Sigma$ es semidefinida positiva y con raíces características correspondientes $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \lambda_p \geq 0$.

Sean por tanto, las siguientes combinaciones lineales, a la vez incorreladas entre sí y que hacen máxima la varianza. A tales valores teóricos denominaremos componentes principales y están expresados por:

$$\begin{cases} Y_1 = l'_{11}X_1 + \dots + l'_{1p}X_p \\ \vdots \\ Y_p = l'_{p1}X_1 + \dots + l'_{pp}X_p \end{cases}$$

A sabiendas que $Var(Y_1) = l'_1 \Sigma l_1$ y $Cov(Y_i, Y_j) = l'_j \Sigma l_i$

Para el cálculo de la primera componente principal defínase:

$$y = e'_1 X, e'_1 e_1 = 1$$

De modo que:

$$Var(Y_1) = Var(l' X), \max Var(l' X) = Var(e'_1 X) = e'_1 \Sigma e_1$$

Para maximizar esta función multivariable sujeta a varias restricciones se dispone del método de Lagrange. Nótese que el vector desconocido e_1 proporciona la combinación lineal óptima. De este modo se tiene que:

$$\left\{ \begin{array}{l} \max\{l' \Sigma l\} \\ l' l = 1 \end{array} \right\} = \phi_1(l) = l' \Sigma l - \lambda(l' l)$$

Al derivar respecto a l y premultiplicar por 2 se obtiene que:

$$\Rightarrow \frac{\partial \phi_1}{\partial l} = 2 \Sigma l - 2 \lambda l = 0 \Rightarrow (\Sigma - \lambda I) l = 0$$

Se supone que $\Sigma_{p \times p}$ $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \lambda_p \geq 0$ con autovectores asociados e_1, e_2, \dots, e_p y como $l' \Sigma l = \lambda l' l = 1$, $Var(l' \Sigma l) = \lambda$ y tomando $l = e_1$ que corresponde al mayor autovalor, se resuelve el problema optimización propuesto, de modo que la primera componente principal queda expresada como $Y_1 = e'_1 X$ y $Var(Y_1) = \lambda_1$

La racionalidad del procedimiento anterior puede aplicar para hallar la $r(+1)$ -ésima componente.

Para este caso se tiene que $Y_{r+1} = l' X; l' l = 1; l' \Sigma e_i = 0, i = 1, \dots, r$

$$\phi_{r+1}(l) = l' \Sigma e_1 - (\lambda' l - 1) - 2 \sum_{i=1}^r v_i l' \Sigma e_1$$

Se demuestra que $\lambda_i \neq 0, i = 1, \dots, r$ el problema conduce a $v_i = 0, i = 1 \dots r$ }. De esta manera el sistema que resuelve el problema de maximización viene dado por:

$$\{2\Sigma l - 2\lambda l = 0, \Sigma l - \lambda l = 0, \Sigma l - \lambda l = 0\}$$

Pueden ocurrir dos casos:

Si $\lambda_{r+1} \neq 0, \lambda = \lambda_{r+1}, l = e_{r+1}$ y la $r(+1)$ -ésima componente principal será:

$$Y_{r+1} = e_{r+1}' X$$

Y la varianza $Var(Y_{r+1}) = \lambda_{r+1}, \lambda$

En el otro caso posible cuando $\lambda_{r+1} = 0, \neq 0, i \neq r + 1$ se toma la combinación lineal de α_{r+1} y α_{r+1} y α_i para la que $\alpha_i \neq 0$.

3.2.1. Correlación entre Componentes y Variables Originales

Sea una cantidad p de componentes principales, Y_j asociadas al vector aleatorio X de matriz de covarianzas autovalores-autovectores. Se tiene entonces que

$$Cov(Y_i, X_k) = Cov(e_i' X, h_k' X) = \lambda_i e_{ki}$$

Postúlese además que la componente k -ésima del eigenvector denotada por e_i proporciona la componente principal. Entonces se tiene que:

$$\rho_{YX_k} = \frac{e_{ki} \sqrt{\lambda_i}}{\sigma_k} \quad i, k = 1 \dots p$$

Siendo $Var(X_k) = \sigma_k$ y $Var(Y_i) = \sigma_{kk}$

La componente k -ésima del eigenvector denotado por e_i que proporciona la componente principal, cuantifica la importancia relativa que la variable primitiva k -ésima posee sobre la componente principal o variable sucedánea. En consecuencia, cuanto mayor sea $|e_{ki}|$ mayor es la correlación entre la variable original y Y_i .

3.2.2. Determinación de las Puntuaciones

Estas puntuaciones pueden ser halladas mediante la descomposición de los valores característicos en la matriz de covarianza muestral $S = P\Lambda P$. Los valores propios de S están contenidos, en orden descendente, en $\Lambda = \text{diag}(\lambda_1, \dots, \lambda_n)$

Los vectores p -dimensionales x son transformados en un vector de "scores" denotado por:

$$y = P'(x - \bar{x})$$

siendo P la matriz de cargas.

Se postula, además, que la suma de las varianzas de las variables o inercia total de la nube de puntos es equivalente a la sumatoria de las varianzas de las componentes principales. En este sentido, la proporción de inercia explicada por una componente i -ésima es:

$$\lambda_i / \sum_{i=1}^p \lambda_i = \lambda_i / \sum_{i=1}^p V(x_i)$$

siendo $\sum_{i=1}^p V(x_i) = \text{traza}(v)$, una expresión de la medida de variabilidad asociada a las variables originales.

3.2.3. Test Aplicados en el Análisis de Componentes Principales

El objetivo cardinal de la aplicación de las componentes principales es reducir las dimensiones de las variables originales, pasando de p variables originales a $m < p$ componentes principales.

El problema que se plantea es cómo fijar la cantidad de componentes que deben ser retenidas. Aunque para la extracción de las componentes principales no es imprescindible el planteamiento de un modelo estadístico previo, algunos de los criterios para determinar cuál debe ser el número óptimo de componentes a retener requieren la formulación previa de hipótesis estadísticas.

Entre los test más relevantes se reportan:

3.2.3.1. Test de Bartlett y de Bartlett-Lawley.

Parte de la hipótesis nula que los $p - k$ eigenvalores más pequeños son iguales. Es decir que $H_0 : \lambda_{k+1} = \lambda_{k+2} = \dots = \lambda_{k+p}$. El contraste se realiza mediante el estadígrafo:

$$\left(N - k - 1 - \frac{2q + 1 + \frac{2}{q}}{6} \right) (-\ln|S| \sum_{j=1}^k \ln l_{(j)} + q \ln l)$$

Bajo la hipótesis nula, sigue una distribución χ^2 con $\frac{1}{2}(p - k - 1)(p - k + 2)$ grados de libertad, asintóticamente.

El test de Bartlett-Lawley que es una versión corregida del anterior, depende del valor de:

$$l = \frac{1}{q} (\text{tr}(s) - \sum_{j=1}^k l_{(j)})$$

Se introduce una corrección $l^2 \sum_{j=1}^k \frac{1}{(l_{(j)} - l)^2}$ y, por tanto, se obtiene χ^2 con $\frac{1}{2}(q + 2)(q - 1)$ grados de libertad, asintóticamente.

3.2.3.2. Test de Anderson.

Para la retención de una cantidad óptima se formula la prueba de Anderson cuya hipótesis nula es $H_0 = \lambda_{n+1} = \lambda_{n+2} = \dots = \lambda_n = 0$ y tal es rechazada si para un m fijado χ^2 es significativo al nivel de confianza prefijado. El estadístico de prueba derivado del método de cociente de verosimilitudes es:

$$\chi^2 = -(N-1) \sum_{n=q+1}^{q+r} \ln l_i + (N-1)v \ln \left[\frac{1}{v} \sum_{n=q+1}^{q+r} \ln l_i \right] \sim \chi_{\frac{(r)(r+1)}{2}-1}^2$$

En otros términos, la mecánica interna del contraste posibilita la elección y descarte de componentes siguiendo este criterio: se contrasta la igualdad de las raíces características consecutivas y se descarta la inclusión de componentes cuando no existen direcciones de máxima variabilidad; en consecuencia, la variabilidad en las últimas $n + m$ dimensiones es esférica.

3.2.3.3. Test de ACP sobre \mathbb{R} .

El test de ACP sobre \mathbb{R} fundamenta su análisis en la matriz de correlaciones \mathbb{R} bajo la hipótesis nula $H_0 = \rho_{k+1} = \rho_{k+2} = \dots = \rho_p = \rho$; $k < p$. Siendo ρ_i son las raíces características de \mathbb{R} , estimados por $\hat{\rho}_i$ que son las raíces características de $\hat{\mathbb{R}}$. Considérese el estadístico que se comporta asintóticamente, con un orden de aproximación de $1/N$ según una χ^2 :

$$(N-1) - \left\{ \ln \frac{|\hat{\mathbb{R}}|}{\prod_{i=1}^k \hat{\rho}_i} + q \ln \text{tr } \hat{\mathbb{R}} - \frac{\sum_{j=1}^k \hat{\rho}_j}{q} \right\}; q = p - k$$

Los grados de libertad vienen dados por:

$$p^* = \frac{1}{2}(q-1)(q+2) - \frac{1}{q} \left\{ (q-1) + \rho \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^p c_{ij}^2 p_{ij}^2 \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^p c_{ii} c_{jj} p_{ij}^2 \right\}$$

con $c_{ij} \in C = I - \theta_1 \theta_1'$

A través del Análisis de Componentes las variables originales se proyectan en nuevas variables independientes, denominadas componentes principales, combinaciones lineales de las variables primitivas. La varianza de cada componente es equivalente a su eigenvalor λ_i . En caso tal que las variables se hallen correladas entre sí, una fracción mayoritaria de la variabilidad inherente a la nube de datos será capturada por los componentes iniciales mientras que la variación remanente es regularmente considerada como ruido aleatorio. Las componentes principales son ortogonales una a otra y su ordenación se realiza en función de las fracciones de varianza explicada.

Las especificaciones de ingeniería y los valores target de la i -ésima componente PC_i son:

$$\begin{aligned} LSL_{PC_i} &= u_i^T LSL \\ USL_{PC_i} &= u_i^T USL \\ T_{PC_i} &= u_i^T T \end{aligned}$$

donde $i = 1, 2, 3 \dots n$ es el i -ésimo componente. Las especificaciones multivariadas originales denotadas por USL y LSL , se proyectan en cada componente.

El indicador de capacidad multivariante obtenido para el caso presente se define teóricamente como la mediana geométrica ponderada de los índices de capacidad evaluados en los componentes principales, siendo las ponderaciones los autovalores λ_n descritos anteriormente (Santos-Fernández & Scagliarini, 2012):

$$MC_p = \left[\prod_{i=1}^m C_{p;PC_i}^{\lambda_n} \right]^{\frac{1}{\sum_{n=1}^m \lambda_n}}$$

Así, el indicador de capacidad univariado para el i -ésimo componente principal es igual a (Santos-Fernández, 2012):

$$C_{p,PC_i} = (USL_{PC_i} - LSL_{PC_i})/6\sigma_{PC_i}$$

El límite inferior de confianza aproximado $100(1 - \alpha)\%$ se formula de acuerdo a la siguiente expresión:

$$\left[\left(\prod_{i=1}^m \hat{C}_{p,PC_i} \sqrt{\frac{\chi_{n-1,\alpha}^2}{n-1}} \right)^{\frac{1}{\sum_{n=1}^m \lambda_n}} \right]$$

Para la retención de una cantidad óptima de componentes se es renuente a la aplicación de cánones arbitrarios fijados a priori. Para ello se formula la prueba de Anderson cuya hipótesis nula es $H_0 = \lambda_{n+1} = \lambda_{n+2} = \dots = \lambda_n = 0$ y es rechazada si para un m fijado χ^2 es significativo al nivel de confianza prefijado. El estadístico de prueba derivado del método de cociente de verosimilitudes cuya mecánica interna posibilita el contraste posibilita la elección y descarte de componentes siguiendo este criterio: se contrasta la igualdad de las raíces características consecutivas y se descarta la inclusión de componentes cuando no existen direcciones de máxima variabilidad; en consecuencia, la variabilidad en las últimas $n + m$ dimensiones es esférica.

El resumen del procedimiento se registra en la Tabla 4 que contiene información sobre el modelo de componentes principales: la proporción acumulada de la variabilidad explicada por los componentes principales consecutivos, valores propios, también denominados valores característicos o raíces latentes, corresponden a las varianzas de los componentes principales; se presenta además la significación estadística de los componentes y el número de iteraciones para la extracción. Se han retenido 2 componentes vía Test de Anderson para la consecuente obtención de tres indicadores de capacidad que admiten una interpretación similar a aquellos consignados en la sección precedente. Los dos componentes extraídos representan aproximadamente el 82% de la variabilidad exhibida por las variables primitivas.

Tabla 4. Resumen de indicadores basados en análisis de componentes principales.

Componente	R ² X	R ² X(Acumulado)	Eigenvalores	Q ²	Q ² (Acumulado)	Significancia	Iteraciones
1	0,5876	0,5876	3,9296	0,565	0,565	Verdadero	4
2	0,3311	0,8187	1,6577	0,313	0,878	Verdadero	5

Fuente: Elaboración propia.

Nótese que la primera componente principal relaciona tres variables y la segunda componente dos variables, aunque débilmente (sus correlaciones son próximas a 0,70). Percíbase adicionalmente que la totalidad de indicadores de capacidad consignados, asume valores inferiores a la unidad, lo que insinúa que la variación del proceso es relativamente grande y, por tanto, la media del proceso se distancia del centro de especificaciones y no se halla alrededor del objetivo (Wang, 2014).

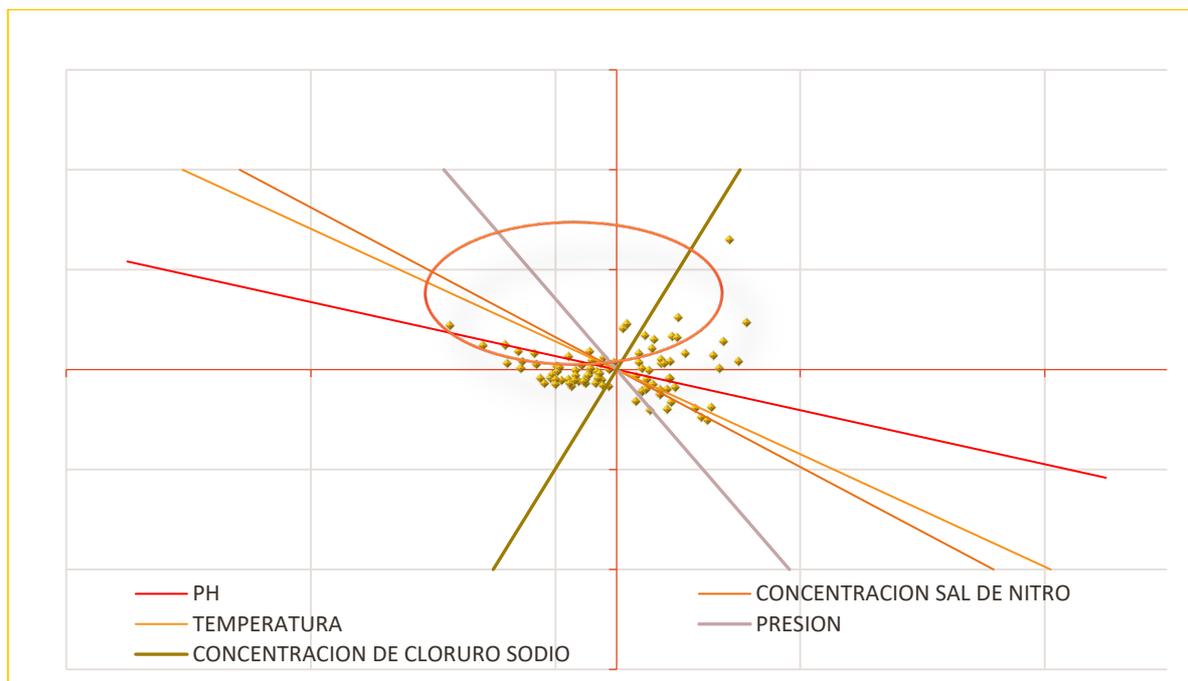
Al igual que en el epígrafe anterior se muestra un gráfico de control multivariante. Es perceptible que el límite superior de control en el diagrama corresponde a una región elíptica en el espacio bidimensional. Este tipo de gráficos es insensible frente a variaciones marginales en el vector de medias del proceso y frente a cambios individuales en una componente o un subconjunto de ellas. En este caso, la región de control es sensiblemente más amplia contrastada con la reportada en la Figura 2. De ahí que se detecte una cantidad más baja de señales fuera de control. No obstante, bajo este marco de análisis el proceso sigue caracterizándose como inestable e inhábil para satisfacer las especificaciones predefinidas.

Tabla 5. Análisis de componentes por cada variable.

VARIABLE	Loadings	
	COMPONENTE 1	COMPONENTE 2
PH	0,909578	0,383389
CONCENTRACIÓN DE SAL DE NITRO	0,854524	0,499746
TEMPERATURA	-0,885991	0,691090
PRESIÓN	-0,911981	0,610950
CONCENTRACIÓN DE CLORURO DE SODIO	0,869128	-0,282035
Mcpm		0,73
Mcp		0,71
Mcpk		0,75

Fuente: Elaboración propia.

Figura 2. Elipse de Control 2.



Fuente: Elaboración propia.

3.3. Otros indicadores de capacidad multivariante.

Aunque se ha exhibido un conglomerado de relevantes métricas de capacidad, los indicadores que se señalan en la Tabla 6, comparan el desempeño conjunto de la totalidad variables con el vector de especificaciones, suministrando una escrupulosa exploración panorámica que permite determinar la probabilidad de que las observaciones se hallen en localizaciones externas a los límites prefijados. A continuación, se explican las bases teórico-conceptuales que sustentan su aplicación en el caso presente:

El Nivel Z equipara la proporción de observaciones fuera de los límites de especificación con un valor de la distribución normal estandarizada equivalente a 2,39 por lo que se halla moderadamente desviado del ideal (4 unidades). Esta métrica se calcula utilizando la desviación estándar a corto plazo del proceso y es una medida del funcionamiento del proceso bajo la condición de que la variación a corto plazo persiste constante. En la medida que se dilata el desplazamiento Z, más oportunidades existen para suprimir o amortiguar el efecto de las causas de variación especial exhibida entre los subgrupos. Para el caso presente se presupone un desplazamiento o drift de la media de $1,5\sigma$.

Tabla 6. Otros indicadores de capacidad.

	FUERA ESPECS. Observados	FUERA ESPECS. Estimados	DPM Estimados	ÍNDICE MCP	ESTIMADO
PH	0,0%	0,0%	0,0	MCR	0,71
CONCENTRACIÓN DE SAL DE NITRO	1,81%	0,087601%	876,01	DPM	125,06%
TEMPERATURA	1,81%		232,12	Z	8270,43
PRESIÓN	3,636%	0,717%	7170,16	SQL	2,39
CONCENTRACIÓN CLORURO DE SODIO	0,0%	0,0%	0,0		3,89
CONJUNTO	7,27%	0,82%	8270,43		

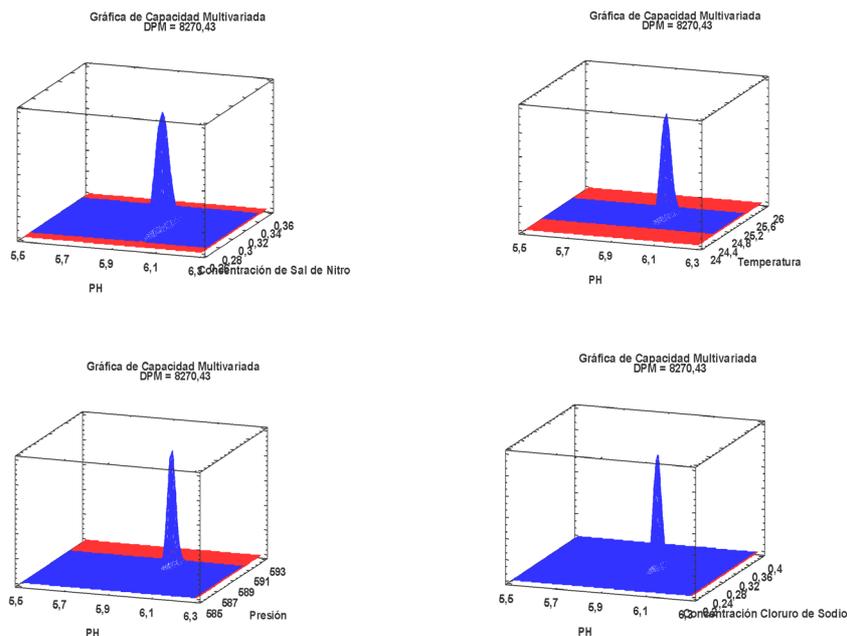
Fuente: Elaboración propia.

El índice $MCP = Z\left(\frac{k}{2}\right)^{-1}$ es la contraparte del indicador univariado C_{pk} se calcula como el cociente entre el valor de la variable normal estandarizada Z y el múltiplo sigma K dividido en 2. El valor adoptado por este indicador constituye una prueba fehaciente para argüir que el proceso no es capaz de cumplir con las especificaciones técnicas, pues es inferior al valor mínimo deseable equivalente a 1,33.

El índice $MCR = 100\%\left(\frac{k}{Z}\right)^{-1}$, puede expresarse como el inverso del índice MCP , multiplicado por 100% y presenta en términos porcentuales la porción de variabilidad admisible ocupada por la variabilidad natural inherente al conjunto de datos. Tal fracción es superior a la amplitud de la variación tolerada por la banda de especificaciones.

Por otro lado, el nivel de calidad sigma, equivalente a 3,89, indica que el proceso posee un deficiente nivel de consistencia y un vasto margen de mejora si el objetivo es alcanzar un rendimiento de clase mundial, en cuyo caso el indicador sería equivalente a 6.

Figura 3. Gráfico combinado de capacidad.



Fuente: Elaboración propia.

Nótese que en la Figura 3 se reporta un gráfico combinado de capacidad que conjunta todas las variables analizadas. En todos los casos contemplados, se ha representado cada variable versus la Potencial de Hidrogenación (PH) -esto obedece un criterio subjetivo, no exento de cierto grado de arbitrariedad-. El área sombreada en azul de la distribución normal multivariante corresponde a la localización donde las observaciones se hallan dentro de los márgenes de especificación definidos. Irrebatiblemente se sostiene que los resultados aquí proporcionados, armonizan con los plasmados en la Tabla 4. Se observa por ejemplo que las variables PH y Concentración de Cloruro de Sodio no contienen observaciones fuera de los límites y que existen medidas de la variable Presión que exceden el límite superior de especificación.

4. Conclusiones.

El control e ingeniería de procesos conjuga operaciones que facultan a las organizaciones para llevar a cabo un examen crítico sistemático de los contenidos de trabajo prescritos y modificarlos en función de la generación de valor agregado para los clientes, a los cuales se proporciona los bienes manufacturados. El análisis de capacidad multivariante, contenido en esta disciplina, se distancia de los enfoques evaluativos tradicionales en tanto que posibilita el escrutinio las características de calidad de forma conjunta y sincrónica. Aunque existen irresoluciones en torno a qué métricas de capacidad deben ser utilizadas para aprehender el carácter dinámico de los procesos productivos, con objetividad categórica, puede argumentarse que la preeminencia del enfoque multivariado reside en su capacidad para incorporar dentro del análisis, la estructura de correlaciones intravariante y las interrelaciones insertas en él, información estimable en sobremanera, que pasa inadvertida al orientar el modelo de análisis del proceso al contexto univariante.

Se ha trazado como objetivo de este estudio un análisis comparativo entre diversos indicadores de capacidad multivariado en el contexto de la industria manufacturera bajo la asunción de que las características de calidad siguen una distribución normal multivariante y guardan cierto grado de correlación. En el marco de la metodología desarrollada para la medición del desempeño del proceso, se propone la aplicación de tres enfoques: uno basado en las regiones de tolerancia del proceso, otro basado en el análisis de componentes principales y, en última instancia, una gama de indicadores que bien pueden ser entendidos como análogos a las métricas tradicionales univariantes. Los resultados reportados en apartados precedentes indican que el proceso no es marginalmente capaz para cumplir con las especificaciones técnicas predefinidas, ya que, a excepción de las variables “Potencial de Hidrogenación” y “Concentración de Cloruro de Sodio”, las demás contienen observaciones fuera de aquellas.

En síntesis, aunque no existe un consenso universal sobre la preeminencia de los índices aquí señalados respecto a otros propuestos en la literatura especializada, es perentorio evaluar la robustez de otra gama de indicadores en ambiente real y efectuar un análisis comparativo con las traídos a colación en el presente caso de estudio. Aunque es improcedente colocar en tela de juicio el carácter representativo del presente caso de estudio, toda tentativa de generalización analítica de los resultados obtenidos y la extrapolación de los elementos centrales del diseño metodológico a otros casos empíricos deber ser efectuada con cautela, pues el tamaño muestral es reducido y sólo se ha evaluado una fracción reducida de variables que inciden directamente en el performance global del proceso analizado.

Durante el proceso investigativo se detectaron vacíos teóricos y epistemológicos que convendría evaluar, ya que, aunque se registran estudios relacionados con la aplicación de herramientas de monitoreo multivariante, es imprescindible diseñar casos de aplicación en ambiente real para validar los principios metodológicos propuestos en la literatura especializada. En aras de ampliar el abanico de futuras líneas de investigación se insta a validar y extrapolar el estudio a entornos no productivos, esto es, aquellos donde se generan bienes no tangibles y suelen ser de naturaleza no determinística. Son necesarios también estudios específicos que contemplen el diseño y evaluación métricas de capacidad en procesos de prestación de servicios y/o manufactureros que no satisfagan hipótesis elementales como autocorrelación, homocedasticidad o linealidad. Se añaden al listado de investigaciones futuras aquellas

que involucran el uso de técnicas meta-heurísticas para la estimación de modelos multivariantes a efectos de caracterizar y controlar la dinámica inherente a los procesos fabriles.

Agradecimientos

Los autores agradecen inconmensurablemente al grupo de investigación CIPTEC por la asistencia dispensada, así como también, a los pares evaluadores anónimos por las orientaciones propuestas durante el proceso de revisión.

Referencias

- Caicedo, N., Jiménez, E., Vélez, S., & Wilches, M. (2015). Metodología para cálculo de un indicador de capacidad de procesos multivariado para sistemas de gestión integrados. *Revista Universitaria RUTA*, 17(1), 21-30.
- Cuamea, G., & Rodriguez, M. (2014). Propuesta para evaluar la capacidad de procesos de manufactura multivariados. *Ingeniería Industrial*, 13(2), 35-47.
- Dharmasena, L., & Zeepongsekul, P. (2015). A new process capability index for multiple quality characteristics based on principal components. *International Journal of Production Research*, 54(15), 1-17.
- Hernández, C., & Da Silva, F. (2016). Aplicación del control estadístico de procesos (CEP) en el control de su calidad. *Tecnología Química*, 36(1), 104-116.
- Herrera, J., Herrera, G., & Rahmer, B. (2017). Control Estadístico de Procesos para datos Correlados Serialmente. Un Caso de Estudio. *International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, (pp. 891-904). Bogotá.
- Lea, W., Wu, C., & Wu, C. (2015). Estimating process capability index Cpk: classical approach versus Bayesian approach. *Journal of Statistical Computation and Simulation*, 85(10), 2007-2021.
- Novaes, A. G., Lima Jr, O., Carvalho, C.C., & Aragão Jr, D.P. (2015). Process capability index Cpk for monitoring the thermal performance in the distribution of refrigerated products. *Production*, 26(1), 54-65.
- Salazar, E., & Fermín, J. (2016). Un índice de capacidad de procesos para distribuciones multivariadas normales de variables correlacionadas y no correlacionadas. *Ingeniería Industrial*(34), 57-73.
- Santos-Fernández, E. (2012). *Multivariate Statistical Quality Control Using R*. New York: Springer.
- Santos-Fernández, E., & Scagliarini, M. (2012). MPCl: An R Package for Computing Multivariate Process Capability Indices. *Journal of Statistical Software*, 47(7), 1-15.
- Vásquez, M., Ramírez, G., & García, T. (2016). Un índice de capacidad multivariante basado en la probabilidad de no conformidad, una aplicación al monitoreo de calidad de un ciclo de agua clarificada. *Revista Ingeniería UC*, 23(3), 319-326.
- Verbel, A., Herrera, R., & Maestre, K. (2016). Aplicación de nuevas propuestas multivariantes para medir la capacidad de un proceso. *Ingeniare*(21), 33-44.
- Wang, F.-K. (2014). *Multivariate Process Capability Indices, Comparison of*. Wiley StatsRef: Statistics Reference Online.

Zhang, M., Wang G, A., He, S., & He, Z. (2014). Modified Multivariate Process Capability Index Using Principal Component Analysis. *Chinese Journal of Mechanical Engineering*, 27(2), 249-259.



Effects of Inefficiency on Marginal Costs, Degree of Economies of Scale and Technical Change: A Theoretical Relationship. The Case of Spanish Port Authorities

DÍAZ-HERNÁNDEZ, JUAN JOSÉ

Department of Economics, Accounting and Finance
University of La Laguna (Spain)

Correo electrónico: jjodiaz@ull.edu.es

MARTÍNEZ-BUDRÍA, EDUARDO

Instituto Universitario de Desarrollo Regional
University of La Laguna (Spain)

Correo electrónico: embudria@ull.es

GONZÁLEZ, ROSA MARINA

Department of Economics, Accounting and Finance and Instituto Universitario de
Desarrollo Regional. University of La Laguna (Spain)

Correo electrónico: rmglzmar@ull.edu.es

ABSTRACT

In this paper, a theoretical relationship is obtained to measure the effect that inefficiency has on marginal costs, degree of economies of scale and technical change. It is shown that when the relationship between inefficiency and output level is ignored, the estimation of marginal costs and the degree of economies of scale are incorrect. The measurement of technical change is also wrongly calculated if one does not consider the variation of inefficiency over time. This could lead to incorrect pricing decisions that would transfer inefficiency to the consumer via prices and non-optimal investments in productive capacity. In addition, the effect of technical change on costs could be erroneously estimated. The empirical application of this theoretical model to Spanish port authorities during the period 2008-2016 shows that marginal costs of port services were overestimated, the degree of economies of scale was underestimated and the time variations of the inefficiency were interpreted erroneously as technical change when the relationship between inefficiency and output and time is not considered.

Keywords: cost efficiency, marginal cost, degree of economies of scale, technical change, ports.

JEL classification: C13; C51; D24; L11; L25.

MSC2010: 91B38; 62H12.

Artículo recibido el 23 de octubre de 2017 y aceptado el 10 de mayo de 2019.

Efectos de la ineficiencia sobre los costes marginales, el grado de economías de escala y el cambio técnico: una relación teórica. El caso del sector estibador español

RESUMEN

En este trabajo se obtiene una relación teórica para medir el efecto que la ineficiencia tiene sobre los costes marginales, el grado de economías de escala y el cambio técnico. Se muestra que cuando se ignora la relación entre la ineficiencia y el nivel de producción, las estimaciones de los costes marginales y del grado de economías de escala son incorrectas. La medición del cambio técnico también es errónea si no se considera la variación temporal de la ineficiencia. Esto podría llevar a que se tomen decisiones de fijación de los precios que transferirían la ineficiencia al consumidor vía precios y a que las decisiones de inversión en capacidad productiva no fuesen óptimas. Además, el efecto del cambio técnico sobre los costes se podría valorar erróneamente.

La aplicación empírica de este modelo teórico a las autoridades portuarias españolas durante el periodo 2008-2016 muestra que los costes marginales de los servicios portuarios se sobreestimaron, el grado de economías de escala se infraestimó y las variaciones temporales de la ineficiencia se interpretaron erróneamente como cambio técnico cuando la relación entre la ineficiencia y los outputs y el tiempo no fue considerada.

Palabras clave: eficiencia en costes, coste marginal, grado de economías de escala, cambio técnico, puertos.

Clasificación JEL: C13; C51; D24; L11; L25.

MSC2010: 91B38; 62H12.



1. Introduction.

An accurate knowledge of costs is fundamental in economic policy and business management. This knowledge affects, at least, three key questions for firms and policy-makers: pricing policy, investment policy and assessment of technical progress. The estimation of the cost model allow underlying technology to be characterized as shown by duality theory (Shephard, 1953, 1970) and measure sources of change in productivity (Bauer, 1990). Another common aim of the cost model has been the measurement of firm's efficiency through the estimation of a frontier that describes its optimum productive performance.

This paper is based on the hypothesis that to characterize correctly productive structure and measure suitably the impact of technical change is first required to isolate possible inefficiency cost, having into account that there is a relationship between inefficiency and output levels and time. If this relationship is ignored, the marginal costs, the degree of economies of scale and the rate of technical change will be wrongly estimated, and the decision based on them would be inadequate.

Although the presence of inefficiency always increases the total cost, its impact on marginal costs, degree of economies of scale and technical change rate is not clear. The problems of ignoring these relationships are serious. First, the over cost caused by inefficiency could be transferred to the users via prices, which would cause the loss of social welfare. Second, if the degree of economies of scale is distorted, the incorrect measurement of the minimum efficient scale could lead to investment decisions unjustified. For instance, if the biased estimates of the degree of economies scale shows diseconomies of scale but in fact is the opposite, then the firm would erroneously decide increase the productive capacity. Third, failure to consider the inefficiency that can vary over time could lead to confusing variations in inefficiency with technical change, what has important consequences in the evaluation of the sources of the productivity change.

For the main purpose of illustrating the application of this theoretical relation and showing the importance of the errors that could be committed, this paper shows an empirical study in Spanish Port Authorities sector for the period 2008-2016.

As Kumbhakar and Lovell (2000) point out, the analysis of productive efficiency has two fundamental tasks. The first is to identify a frontier that represents the optimizing behavior of the producer from the point of view of the transformation of inputs and outputs, minimization of costs and maximization of profit to measure its efficiency by comparing its observed behavior with this benchmarking. The second task is to study how a set of exogenous variables, which characterize either the producer or the environment where it operates, influence its efficiency.

From the seminal works of Aigner, Lovell and Schmidt (1977) and Meeusen and van den Broeck (1977), both the theoretical development and the empirical application of the stochastic frontier models have been extended to the achievement of the aforementioned objectives. This approach introduces "compound error term" which has two components: i) the one-sided error that captures the effect of inefficiency and ii) the two-sided "noise" component that reflects the effect of random shocks on producer. Kumbhakar and Lovell (2000) shows an exhaustive review of the theoretical developments and the econometric techniques to be used in the framework of stochastic frontier models, adapted to the use of cross-sectional data as well as data of panel.

In addition, incorporating exogenous influences on efficiency as an error component within a stochastic frontier framework, Kumbhakar and Lovell (2000) discuss how the literature evolves from the two-step approach by inefficiency and exogenous effect are identified sequentially to the more recent one-step approach where the exogenous effects are estimated simultaneously with the model's other parameters. In both cases, the researcher chooses the exogenous variables to explain the inefficiency but the covariates of the cost model are often ignored. Thus, most of the literature assumes that its measurement is independent of output levels. This, therefore, implicitly means that an increase in output level only affects the value of marginal costs measured using the frontier, assuming that the

measurement of inefficiency is unchanged respect to output variations. However, if this hypothesis of independence of inefficiency cost with respect to production were not true, this would mean that the estimation of the cost frontier would be inconsistent.

Other strategy has been proposed to model the inefficiency parametrically through the introduction additional parameters to be estimated rather than through error component of stochastic frontier. This alternative way called shadow price approach was initiated by Lau and Yotopoulos (1971) and Toda (1976). Following this shadow price approach, Atkinson and Halvorsen (1984) and Atkinson and Cornwell (1994) show that the effect of inefficiency on the cost depends on the input prices and output levels. Subsequently, Kumbhakar (1997) and Díaz-Hernández et al. (2008) adapted this proposal to the translog and quadratic functional forms, respectively. Moreover, they isolate the impact of inefficiency on cost depending of the covariates of the cost model. This parametric approach demonstrates that there is an exact theoretical relationship between the cost of inefficiency and output level, input prices and time. This is the starting point of this paper that leads us to study how changes in the explanatory variables of the cost frontier affect marginal costs, the degree of economies of scale and the rate of technical change.

This is a crucial point and it explains that if we ignore this relationship, the analysis of the underlying productive structure, decisions on economic policies and business management made from them would all be inadequate.

In section 2, for the marginal cost, the degree of economies of scale, and the rate of technical change, we obtain the theoretical relationships between the observed values (that is, they would be calculated from a model that does not consider that the inefficiency cost is related to output levels and time) and the optimal values estimated from a cost model that consider this relation. In section 3, we show the empirical application to the 27 Spanish Port Authorities over the period 2008-2016 for the sole purpose of illustrating the magnitude of the distortions caused and the serious consequences in the framework of cost-based pricing, investment decisions in new productive capacity and evaluation of technical change effects. Finally, the most relevant conclusions are drawn.

2. The model.

Below, the theoretical relationships between marginal costs, degree of economies of scale, technical change, and cost efficiency index are deduced.

2.1. Effect of inefficiency on marginal cost.

Cost efficiency index proposed by Farrell (1957), CE , is obtained by dividing the optimal cost, $C^*(Q, W, t)$, by the observed cost of the producer, $C^a(Q, W, t)$, given that outputs vector is Q and input prices vector is W and t is time trend, that is to say:

$$CE(Q, W, t) = \frac{C^*(Q, W, t)}{C^a(Q, W, t)}, \text{ where } CE \leq 1, \quad (1)$$

Obviously, if $CE = 1$, the producer is efficient.

Isolating $C^a(Q, W, t)$ and deriving with respect to output i , the observed marginal cost of output Q_i , i.e., the observed increase in the total cost caused by the production of an additional unit, CMg_i^a , can be calculated as:

$$CMg_i^a = CMg_i^* \frac{1}{CE} - \frac{\partial CE}{\partial Q_i} \frac{C^*}{CE^2} \quad (2)$$

where CMg_i^* is the minimum (optimal) increase in costs required to produce an additional unit.

Equation (2) can be easily changed into:

$$CMg_i^a = CMg_i^* + CMg_i^* \left(\frac{1}{CE} - 1 \right) - \varepsilon_{CE, Q_i} \frac{CMg_i^*}{CE} \frac{C^*(Q, W)}{Q_i} \frac{1}{CMg_i^*} \quad (3)$$

with ε_{CE, Q_i} being the elasticity of the efficiency index with respect to output i .

Finally, we obtain:

$$\frac{CMg_i^a - CMg_i^*}{CMg_i^*} = \frac{1 - CE}{CE} - \frac{\varepsilon_{CE, Q_i}}{\varepsilon_{C^*, Q_i}} \quad (4)$$

The above expression shows that the difference between observed and optimal marginal cost has two components:

1. First, there is what we have called, the Pure Effect (*PE*), as it only depends on the cost efficiency index. If $CE(Q, W) < 1$ then total costs are higher than the optimal ones and inefficiency is transferred to marginal cost as a percentage increase equal to $100 \left(\frac{1 - CE}{CE} \right)$. That is, producing an additional unit inefficiently causes observed marginal costs to exceed the optimal ones. Note that this effect is independent of whatever the product is whose quantity is being changed.
2. The second component, what we have called, the Elasticity Effect (*EE*), is related to the Elasticity of Efficiency Index with respect to output i , (ε_{CE, Q_i}) which measures the effect that a percentage change in this output has on the cost efficiency index. Thus, if $\varepsilon_{CE, Q_i} < 0$, the increase in output i increases the inefficiency, and therefore the difference between observed and optimal marginal costs is greater, and vice versa if $\varepsilon_{CE, Q_i} > 0$. In the latter case, observed marginal costs could be lower than the optimal ones.

2.2. Effect of inefficiency on the degree of economies of scale.

First, the relation between observed and optimal cost-output elasticities from expression (2) must be calculated and transformed into the following elasticities:

$$\varepsilon_{C^a, Q_i} = \frac{1}{CE} \frac{Q_i}{C^a} (CMg_i^* - \frac{\partial CE}{\partial Q_i} \frac{C^*}{CE}) \quad (5)$$

From which the equation below is obtained, taking into account (1):

$$\varepsilon_{C^a, Q_i} = \varepsilon_{C^*, Q_i} - \varepsilon_{CE, Q_i} \quad (6)$$

From the previous result, working through ε_{C^*, Q_i} , and adding all cost-product elasticities for m outputs, and dividing both sides of the previous equation by the term $\sum_{i=1}^m \varepsilon_{C^a, Q_i}$, we obtain the following expression:

$$\frac{\sum_{i=1}^m \varepsilon_{C^*, Q_i}}{\sum_{i=1}^m \varepsilon_{C^a, Q_i}} = 1 + \frac{\sum_{i=1}^m \varepsilon_{CE, Q_i}}{\sum_{i=1}^m \varepsilon_{C^a, Q_i}} \quad (7)$$

Bearing in mind that the degree of economies of scale, S , is the inverse of the sum of cost-output elasticities, we obtain the relationship between observed, S^a , and optimal, S^* , degrees of economies of scale:

$$\frac{S^a - S^*}{S^*} = \frac{S^* \sum_{i=1}^m \varepsilon_{CE, Q_i}}{1 - S^* \sum_{i=1}^m \varepsilon_{CE, Q_i}} \quad (8)$$

Expression (8) shows that if $\sum_{i=1}^m \varepsilon_{CE, Q_i} \neq 0$, then $S^a \neq S^*$. The difference between them will depend directly on the magnitude of S^* , and of the value and sign of $\sum_{i=1}^m \varepsilon_{CE, Q_i}$. Thus, S^a will be higher than S^* if the combined effect of the changes in output levels on the efficiency index is positive, $\sum_{i=1}^m \varepsilon_{CE, Q_i} > 0$. To the contrary, S^a will be lower than S^* if the combined effect of the changes in output levels on the efficiency index is negative, $\sum_{i=1}^m \varepsilon_{CE, Q_i} < 0$. These cases lead to the wrong interpretation of the changes in economies of scale. To sum up, a firm can actually be operating under diseconomies of scale and the observed degree would show economies of scale and vice versa; both cases can lead to erroneous investment decisions based on an incorrect assessment of the effect of output levels on the inefficiency.

2.3. Effect of inefficiency on the rate of technical change.

Starting from (1) and considering that $TC^a = -\frac{\partial C^a}{\partial t} \frac{1}{C^a}$ is the technical change rate estimated from a cost model that does consider the inefficiency is time varying:

$$TC^a = -\frac{\partial C^a}{\partial t} \frac{1}{C^a} = -\frac{\partial(C^* / CE)}{\partial t} \frac{CE}{C^*} = -\left[\frac{\partial C^* / \partial t \cdot CE - \partial CE / \partial t \cdot C^*}{CE^2} \right] \frac{CE}{C^*} = TC^* + \dot{CE} \quad (9)$$

where TC^* is the real technical change rate when inefficiency is time varying and \dot{CE} measures the cost inefficiency change. Finally,

$$TC^a - TC^* = \dot{CE} \quad (10)$$

From (10), it can be deduced that if we ignore that the cost inefficiency is time varying, the observed technical change rate transforms efficiency variations into technical change. In this case, the sources of the productivity changes are erroneously identified and the evaluation of the productive performance of the firm is not suitable.

3. Empirical application of the theoretical model to Spanish Port Authorities.

3.1. Data and sample.

A port can be understood as an economic agent that combines a set of inputs, such as infrastructure, labor, mechanical equipment, and intermediate inputs, in order to transfer goods between maritime and land transport. In ports, many actors perform a large number of functions and many of the functions link together in chains. The basic operations of a port are to create and manage port infrastructure for the berthing of vessels and for freight handling operations to transfer goods between land and sea and vice versa, as well as to move goods within the port itself. Many additional operations relate to the vessels themselves, their goods and crews (e.g., storage, ship repairs, provisioning, etc.). In addition, other auxiliary operations are provided to the large number of agents that operate within ports. For a more thorough overview of port agents and services and their interrelationships (see UNCTAD, 1975).

The Spanish Port System (*Sistema Portuario Español* in Spanish) is made up of the Spanish State Ports Authority (*Ente Público Puertos del Estado*), which bears responsibility for overall coordination and leadership, and the various port authorities, which are responsible within the sphere of each port. In total, Spain has 27 port authorities: A Coruña, Alicante, Almería-Motril, Avilés, Bahía de Algeciras, Bahía de Cádiz, Baleares, Barcelona, Bilbao, Cartagena, Castellón, Ceuta, Ferrol, Gijón, Huelva, Las Palmas, Málaga, Marín y Ría de Pontevedra, Melilla, Pasajes, Santa Cruz de Tenerife, Santander, Sevilla, Tarragona, Valencia, Vigo and Villagarcía. The functions of each port authority are to conduct planning for the port as a whole, coordinate and regulate its various activities, and establish competitive market conditions that prevent monopoly situations. By so doing, the port authorities become the core element of the port system and they are the focus of this application.

A database has been constructed using the 27 Spanish port authorities over the period 2008-2016 included. The information has been obtained from the management reports issued by the state-run port system (*Informes de Gestión del Sistema Portuario de Titularidad Estatal*), the annual reports prepared by the port authorities, and the statistical yearbooks on the state's ports (*Anuarios Estadísticos de Puertos del Estado*) published by the Spanish Ministry of Development.

As shown in Jara-Díaz et al. (2006), the costs of transferring goods depend on the type of cargo, which can be categorized as containerized general cargo (CGS); non-containerized general cargo (NCGC), which includes a very heterogeneous group of goods (e.g., pallets, timber, paper reels, etc.); liquid bulk (LB) such as petroleum products, and solid bulk (SB). It is important to take into account that services for the four types of goods were not provided in all 27 ports every year. As a result, it has proved necessary to specify a defined functional form in the case of null values for certain outputs, and this has been done through the quadratic form employed in the application.

The application distinguishes three productive inputs in the provision of port services by port authorities: labor, capital and intermediate inputs. The price of the labor factor, W_L , has been obtained by dividing staff-related spending, including social security contributions, by the total number of full-time employees. Capital spending has been obtained by adding together the depreciation of tangible fixed assets, as an accounting cost, and the annual yield on a thirty-year bond, in order to obtain the economic cost. The price of capital, W_K , is the quotient obtained by dividing the preceding sum by the variable of linear meters of docks, which serves as a proxy for the stock of port infrastructure, according to the way in which the application calculates the economic cost of capital. Lastly, the price of intermediate inputs has been obtained by dividing any remaining costs that are neither staff-related spending nor depreciation by a proxy variable for intermediate inputs. In this application, the proxy

variable is taken to be turnover. The intermediate inputs cover the rest of the resources needed to deliver services, including energy consumption, cleaning services, and other external services that are necessary for the normal performance of the activity. All costs have been indexed to the consumer price index to express costs in 2016 euros. Table 1 shows the main descriptive statistics of the sample.

Table 1. Descriptive Statistics.

Variable	Units	Mean	Std. Dev	Minimun	Maximun
Total cost (CT)	Euros	35223917	28194962	5586114	131880916
Labor Expenditure (LE)	Euros	9324585	6195365	2951335	36728655
Capital Expenditure (KE)	Euros	13715402	11887829	1466023	55720000
Intermediate Inputs Expenditure (IIE)	Euros	12183929	11002420	1106091	60626097
Containerized General Cargo (CGC)	Tons	5637406	13119535	0	60178589
No Containerized General Cargo (NCGC)	Tons	2164879	2691390	122587	10834853
Liquid Bulks (LB)	Tons	5761756	7809132	0	27344044
Solid Bulks (SB)	Tons	3231631	3429676	3425	18905283
Labor (L)	Number of workers	187	96	65	504
Capital (K)	Docks linear meters	8340	5976	105	26432
Intermediate Inputs (II)	Euros	38602452	36079318	4423308	180123536

Source: Own elaboration.

3.2. Specification of the stochastic cost frontier.

This section sets out the specification used to characterize the technology structure of Spanish ports based on an estimation of marginal costs, the degree of economies of scale, and the rate of technical change. In addition, cost inefficiencies will be measured using the index devised by Farrell (1957).

By following the stochastic frontier approach proposed by Aigner, Lovell, and Schmidt (1977) and Meeusen and van den Broeck (1977), the error term of the cost frontier has two components. The first component, v_{it} , is a random variable that is symmetrical and assumed to be identical, independent, and normally distributed with a null mean and a variance of σ^2_v . It represents both the statistical noise and all exogenous shocks to the producer that affect costs. By following the approach put forward by Battese and Coelli (1995), the second component of the error term, u_{it} , represents the effect of inefficiency on costs. It is defined as a non-negative random variable with a truncated normal distribution whose mean is equal to $z_{it} \delta$ and whose variance is equal to σ^2_u , where z_{it} is the set of explanatory variables for inefficiency and δ is the vector of the coefficients of these variables.

The normalization of the cost function is a procedure that introduces linear homogeneity in prices and ensures the flexibility of the selected functional form. Normalizing the cost function consists of dividing the cost level and the input prices by a price or by a linearly homogenous price function. In this application, the econometric model is a stochastic cost frontier with a normalized quadratic specification, which is a functional form that belongs to the so-called “flexible” functions and is particularly suitable in a multi-output approach, where some observations give null values for some of the explanatory variables. Hence, the estimation model is as follows:

$$c_{it} = C(W_{it}, Q_{it}, t) + v_{it} + u_{it} = \alpha_0 + \sum_{j=1} \alpha_j W_{jit} + \sum_m \alpha_m q_{mit} + \frac{1}{2} \sum_{j=1} \sum_{k=1} \alpha_{jk} W_{jit} W_{kit} + \frac{1}{2} \sum_m \sum_n \alpha_{mn} q_{mit} q_{nit} + \sum_{j=1} \sum_m \alpha_{jm} W_{jit} q_{mit} + \alpha_t t + \alpha_u t^2 + \sum_{j=1} \alpha_{jt} W_{jit} t + \sum_m \alpha_{mt} q_{mit} t + v_{it} + u_{it} \quad (11)$$

where W is the vector of normalized prices for $j-1$ inputs [$W=(W_1, \dots, W_{j-1})$], with W_j being the price of the input used to normalize the input prices and the total observed cost (c_{it}). In addition, Q is a vector of the m -outputs that are produced [$Q=(q_1, \dots, q_m)$] and of the time trend that is used as a proxy variable for technical change. In the case of the explanatory variables for inefficiency, the application specifies the levels of outputs transferred in ports and the time trend. This makes it possible to study both how changes in production levels can affect cost inefficiencies and how cost inefficiencies vary over time.

3.3. Empirical results.

In this empirical application, the intermediate input price has been selected for use as the normalization term, so the cost level and the normalized input prices are obtained by dividing the cost and prices of labor and capital by the intermediate input price.

By following the procedure formulated by Battese and Coelli (1995) for panel data, the method of maximum likelihood is employed to carry out a simultaneous estimation of the parameters of the stochastic frontier and the model for the cost inefficiency effects. The likelihood function is expressed in terms of the variance parameters, $\sigma^2 = (\sigma_u^2 + \sigma_v^2)$ and $\gamma = \sigma_u^2 / \sigma^2$. Table 2 sets out the results from the estimation of the stochastic cost frontier and the explanatory variables for inefficiency, showing only the variables that are significant at the 95% confidence level.

The parameters of the cost frontier coefficients have the expected signs. The estimated coefficients of the explanatory variables for cost inefficiency clearly indicate that inefficiency rises with increased traffic in CGC, NCGC and SB, and falls with increased LB traffic. In addition, cost inefficiency is observed to diminish over time.

The estimate for the variance parameter, γ , is close to one, which indicates that the inefficiency effects are likely to be highly significant in the analysis of the costs of Spanish port authorities.

The null hypothesis which specifies that the inefficiency effects are absent from the model, [$\gamma = \delta_{CGC} = \delta_{NCGC} = \delta_{LB} = \delta_{SB} = \delta_T = \theta$], is strongly rejected. The second null hypothesis, which specifies that the inefficiency effects are not stochastic, [$\gamma = \theta$], is also strongly rejected.

Table 2. Estimates of stochastic normalized quadratic cost frontier.

Parameter	Estimate	t- ratio
α_0	1,33 D+8	15,01
α_{WL}	123,66	2,84
α_{WK}	2902,80	7,57
α_{CGC}	5,95	4,49
α_{NCGC}	22,99	7,38
α_{LB}	0,82	2,11
α_{SB}	2,72	3,54
α_T	-2,44 D+6	2,01
α_{TCGC}	0,09	2,16
α_{TNCGC}	-0,48	-2,17
α_{TWK}	633,57	3,95
α_{WKWK}	-0,035	-3,85
α_{WLWK}	0,01	4,39
α_{WLCGC}	0,96 D-5	3,23
α_{WLNCGC}	2891,80	2,32
α_{WLSB}	-0,99 D-5	-2,20
α_{WKCGC}	0,28 D-4	2,59
α_{WKNCGC}	0,05 D-3	3,89
α_{WKLB}	-0,82 D-4	-2,90
α_{WKSB}	0,69 D-4	2,65
α_{CGCCGC}	-0,15 D-6	-4,49
$\alpha_{CCGNCGC}$	0,27 D-6	2,61
α_{CGCSB}	-0,59 D-6	-2,53
α_{NCGCSB}	0,38 D-5	2,89
α_{SBSB}	0,27	2,24
Parameters in one side error (inefficiency error term)		
Parameter	Estimate	t- ratio
$\delta_{constant}$	-3,02 D+6	-3,76
δ_{CGC}	0,50	2,20
δ_{NCGC}	1,56	3,24
δ_{LB}	-0,39	-2,70
δ_{SB}	4,79	4,14
δ_T	-5,44 D+5	-3,20
$\sigma^2 = (\sigma_u^2 + \sigma_v^2)$	1,91 D+7	6,90
$\gamma = \sigma_w^2 / \sigma^2$	0,93	1,98

Source: Own elaboration.

Finally, the null hypothesis which specifies that the inefficiency effects are not a linear function of the output levels and time, $[\delta_{CGC}=\delta_{NCGC}=\delta_{LB}=\delta_{SB}=\delta_T = 0]$, is also rejected at the 5% level of significance. This indicates that the joint effects of outputs and time on cost inefficiencies are significant. In addition, the individual effects of all variables are statistically significant.

Next, the theoretical model developed in section 2 has been applied with the primary aim of showing the magnitude of errors caused by not considering the relationship between inefficiency and production levels and time. The objective is to calculate the errors that the presence of inefficiency can cause in marginal costs, the degree of economies of scale and the rate of technical change.

First, CE , ε_{CE,Q_i} and ε_{C^*,Q_i} have been calculated so that (4) can then be applied. The distortions produced by inefficiency on the degree of economies of scale and on the rate of technical change have been obtained using the exact relationships obtained in (8) and (10). Accordingly, the following values have been obtained for every port on the frontier: 1) marginal cost for the four outputs; 2) the degree of economies of scale, and 3) the rate of technical change. Moreover, the cost efficiency index has been calculated using $CE_{it} = \exp(U_{it}) = \exp(z_{it}\delta + W_{it})$. The results appear in Table 3.

Broadly speaking, the largest ports in the Spanish Port System (Bahía de Algeciras, Barcelona, Bilbao, and Valencia) show the highest levels of efficiency. Their marginal costs have the expected relative values. Conventional general cargo is observed to have a higher cost than containerized cargo, confirming the advantages associated with the use of containers. Also, traffic in liquid bulk is found to be the least costly of the four types, which appears to be related to automation of the processes involved. These results are consistent with other applications carried out on the Spanish Port System (SPE), i.e. Jara-Díaz et al. (2002).

The average port in the SPE has a size that falls below minimum efficient scale. This is indicated by the fact that the degree of economies of scale is greater than 1 ($S^* = 1.20$). Indeed, with the exception of Bilbao, all ports in the SPE are observed to operate below minimum efficient scale. In addition, the average port in the SPE is found to have enjoyed an average annual rate of technical change equal to 1,14% over the period 2008-2016, although there is greater variability in the results at the port level. For instance, the ports of the Balearic Islands, Ceuta, Pasajes, and Santa Cruz de Tenerife show a technical retrogression, while other ports like Avilés, A Coruña, Bilbao, and Huelva show an average annual rate of technical change in excess of 2%.

Table 4 below shows the marginal costs of CGC, NCGC, LB, and SB at the port level as calculated on the frontier. In addition, Table 4 shows the pure effect and elasticity effect on the marginal costs of CGC, NCGC, SB, and LB, as well as the distortions caused by inefficiency. Column (a) shows that the first term of (4), the so-called PE, gives an average increase in marginal costs of 14,4% for the four outputs, which, as we have seen, is because the effect only depends on the cost efficiency index and is, therefore, independent of the kind of service provided. The PE is observed to be positive for all ports, which is consistent with the analysis done in section 3.1, whereas the elasticity effect can be either positive or negative. The total effect is positive for the ports and outputs as a whole.

If marginal costs are calculated using a model which ignores that the cost of inefficiency depends on output levels, they will be higher than those estimated using a cost model that takes this relationship into account. As can be seen in columns (f), (g), (h), and (i) in Table 4, the average increase in marginal costs is 16,9%, 15,7%, 13,8%, and 14,2% for CGC, NCGC, LB, and SB, respectively. These results show that if a researcher does not take into account that changes in production levels affect the cost efficiency index, marginal costs will be overestimated, and therefore cost-based pricing will shift inefficiency to the users of port services.

Table 3. The cost efficiency index, marginal costs, degree of economies of scale and rate of technical change.

Port	Cost Efficiency Index (CE)	CMg*CGC (€/Ton)	CMg*NGGC (€/Ton)	CMg*LB (€/Ton)	CMg*SB (€/Ton)	Degree of economies of scale (S*)	Rate of Technical Change (%) (TC*)
A Coruña	0,833	6,25	8,39	1,41	1,82	1,201	2,32
Alicante	0,828	2,94	4,59	1,47	2,09	1,243	1,03
Almería-Motril	0,918	7,49	8,34	1,59	3,76	1,127	1,45
Avilés	0,896	6,28	7,60	1,28	3,54	1,089	2,11
Bahía de Algeciras	0,960	4,52	6,41	1,27	1,64	1,277	1,62
Bahía de Cádiz	0,915	2,88	4,44	1,48	1,68	1,292	0,90
Baleares	0,940	2,93	4,93	1,42	2,95	1,106	-1,20
Barcelona	0,946	2,38	4,58	1,13	2,20	1,295	1,11
Bilbao	0,960	3,43	5,82	1,39	4,64	0,828	2,03
Cartagena	0,877	3,61	5,05	1,32	4,14	1,284	1,53
Castellón	0,933	4,42	5,93	1,47	3,82	1,042	1,41
Ceuta	0,877	3,94	5,64	1,51	2,90	1,321	-1,52
Ferrol	0,926	4,35	6,25	1,24	3,95	1,354	1,88
Gijón	0,918	3,69	5,54	1,38	2,13	1,060	1,15
Huelva	0,898	4,35	6,33	1,10	2,50	1,097	2,09
Las Palmas	0,928	7,24	8,64	1,50	3,06	1,229	0,66
Málaga	0,910	2,91	4,47	1,58	2,39	1,292	1,69
Marín-Pontevedra	0,888	2,96	4,63	-	2,32	1,301	1,64
Melilla	0,911	3,80	5,33	1,42	2,52	1,340	1,89
Pasajes	0,899	3,06	5,25	-	3,13	1,059	-1,09
Sta. Cruz de Tenerife	0,938	6,53	7,32	1,57	5,86	1,085	-1,14
Santander	0,845	8,54	9,62	1,55	4,36	1,045	1,41
Sevilla	0,874	3,86	5,02	1,50	2,28	1,339	1,59
Tarragona	0,920	3,27	5,40	1,44	3,78	1,203	0,94
Valencia	0,935	4,67	5,49	1,24	3,94	1,349	1,74
Vigo	0,928	2,03	3,57	1,59	2,26	1,352	1,83
Villagarcía	0,881	2,06	3,75	1,69	2,68	1,174	1,78
Minimum	0,828	2,03	3,57	1,10	1,64	0,83	-1,52
Maximum	0,960	8,54	9,62	1,69	5,86	1,35	2,32
Mean	0,907	4,24	5,86	1,32	3,05	1,20	1,14
St. Dev.	0,035	1,73	1,56	0,40	1,03	0,13	1,09

Source: Own elaboration.

Table 4. Distortions produced by inefficiency on marginal costs.

Port	PE (%) (a)	EE-CGC (b)	EE-NCGC (c)	EE-LB (d)	EE-SB (e)	Effect on CMg*CGC (%) (f)=(a)-(b)	Effect on CMg*NCGC (%) (g)=(a)-(c)	Effect on CMg*LB (%) (h)=(a)-(d)	Effect on CMg*SB (%) (i)= (a)-(e)
A Coruña	22,60	-9,63	-4,31	3,40	2,19	32,22	26,91	19,20	20,41
Alicante	16,77	-10,26	13,21	3,91	-0,88	27,02	3,55	12,86	17,65
Almería-Motril	26,12	4,04	4,04	3,60	2,99	22,08	22,08	22,52	23,13
Avilés	10,01	-3,85	5,81	7,23	5,95	13,86	4,20	2,78	4,06
B. de Algeciras	4,04	-29,88	-1,68	-1,15	-5,60	33,92	5,73	5,19	9,64
B. de Cádiz	17,10	2,41	2,96	-0,34	7,51	14,70	14,14	17,44	9,59
Baleares	5,85	-17,34	-1,61	0,43	3,05	23,18	7,46	5,42	2,80
Barcelona	6,30	-4,05	4,93	-12,74	3,64	10,35	1,37	19,04	2,66
Bilbao	5,06	-7,41	-39,14	2,60	2,80	12,46	44,19	2,46	2,26
Cartagena	14,91	0,49	12,29	2,74	1,66	14,42	2,61	12,17	13,25
Castellón	3,45	-0,43	-0,41	-3,05	-0,59	3,88	3,86	6,49	4,04
Ceuta	30,64	4,10	-22,68	-3,38	-1,38	26,55	53,33	34,02	32,03
Ferrol	9,89	-3,01	-3,81	-1,58	-2,25	12,90	13,69	11,47	12,13
Gijón	14,46	-21,02	-2,13	2,79	-11,10	35,47	16,58	11,67	25,55
Huelva	19,71	0,00	11,74	0,61	13,32	19,71	7,97	19,10	6,39
Las Palmas	7,99	-3,45	1,08	2,39	-1,59	11,45	6,91	5,60	9,58
Málaga	28,12	-1,02	-28,31	-2,43	-1,91	29,14	56,44	30,56	30,03
Marín-Pontevedra	23,22	1,24	0,90	0,00	2,84	21,98	22,32	23,22	20,38
Melilla	7,09	0,85	1,53	4,45	-0,96	6,23	5,56	2,63	8,04
Pasajes	19,85	0,00	-10,36	5,17	1,14	19,85	30,21	14,69	18,71
Sta. Cruz de Tenerife	9,62	6,99	-13,99	2,49	2,70	2,63	23,61	7,13	6,93
Santander	29,58	18,73	1,67	-2,94	-1,96	10,85	27,91	32,52	31,54
Sevilla	12,68	5,09	24,26	4,06	-12,20	7,60	-11,58	8,62	24,88
Tarragona	13,00	1,10	7,60	4,43	-8,83	11,90	5,39	8,56	21,83
Valencia	4,22	-1,14	-1,22	1,92	0,44	5,35	5,44	2,30	3,77
Vigo	21,26	-3,38	0,66	-4,26	0,44	24,65	20,61	25,53	20,82
Villagarcía	4,10	-0,01	-0,18	-4,02	3,13	4,11	4,28	8,12	0,97
Minimum	3,45	-29,88	-39,14	-12,74	-12,20	2,63	-11,58	2,30	0,97
Maximum	30,64	18,73	24,26	7,23	13,32	35,47	56,44	34,02	32,03
Mean	14,36	-2,62	-1,38	0,60	0,17	16,98	15,73	13,75	14,19
St. Dev.	8,57	9,27	12,93	4,11	5,34	9,70	16,22	9,52	9,84

Source: Own elaboration.

Table 5 shows the distortion produced by inefficiency on the degree of economies of scale. On average, the distortion is 9,01%. In other words, the degree of economies of scale without taking inefficiency into account yields a value of 1,09; that is, an average port that is slightly undersized,

whereas the frontier model shows a port that is clearly below its efficient scale, with a degree of economies of scale at 1,20.

Table 5. Distortion produced by inefficiency on the degree of economies of scale.

Port	S^*	<i>Effect on S^* (%)</i>	S^a
A Coruña	1,201	-7,01	1,117
Alicante	1,243	-2,97	1,206
Almería-Motril	1,127	-16,53	0,941
Avilés	1,089	-12,18	0,956
B. de Algeciras	1,277	-7,04	1,187
B. de Cádiz	1,292	-19,35	1,042
Baleares	1,106	-3,55	1,067
Barcelona	1,295	-8,56	1,184
Bilbao	0,828	-8,12	0,761
Cartagena	1,284	-11,92	1,131
Castellón	1,042	-5,38	0,986
Ceuta	1,321	-8,76	1,205
Ferrol	1,354	-6,89	1,261
Gijón	1,060	-8,82	0,966
Huelva	1,097	-11,56	0,970
Las Palmas	1,229	-3,19	1,190
Málaga	1,292	-8,35	1,184
Marín-Pontevedra	1,301	-8,96	1,184
Melilla	1,340	-17,60	1,104
Pasajes	1,059	-9,26	0,961
S/ C de Tenerife	1,085	-14,13	0,932
Santander	1,045	-5,61	0,986
Sevilla	1,339	-9,78	1,208
Tarragona	1,203	-16,97	0,999
Valencia	1,349	-3,40	1,303
Vigo	1,352	-4,46	1,292
Villagarcía	1,174	-2,88	1,140
Minimum	0,83	-19,35	0,76
Maximum	1,35	-2,88	1,30
Mean	1,20	-9,01	1,09
St. Dev.	0,13	4,73	0,13

Source: Own elaboration.

The analysis at the port level, however, presents a number of severe distortions. For instance, for the ports of Almería, Avilés, Gijón, Huelva, Pasajes, Santa Cruz de Tenerife, and Santander, which are below efficient scale when measured by the frontier model, the failure to take inefficiency into account makes them appear oversized. In the case of Tarragona, the port is clearly undersized, yet it appears to

be operating at efficient scale. These distortions can lead to investment decisions that seek to expand the scale of production when, in reality, this is misguided.

Finally, Table 6 below shows the effect of inefficiency on the rate of technical change.

Table 6. Distortion produced by inefficiency on the rate of technical change.

Port	$\overset{\circ}{(TC^*)}$	<i>Efficiency Change (%)</i> ($\overset{\circ}{CE}$)	$\overset{\circ}{(TC^a)}$
A Coruña	2,32	-2,38	-0,07
Alicante	1,03	-1,59	-0,56
Almería-Motril	1,45	2,27	3,71
Avilés	2,11	0,78	2,89
B. de Algeciras	1,62	-2,68	-1,07
B. de Cádiz	0,90	-1,96	-1,07
Baleares	-1,20	-2,69	-3,89
Barcelona	1,11	-0,28	0,82
Bilbao	2,03	0,86	2,89
Cartagena	1,53	1,39	2,92
Castellón	1,41	-1,86	-0,45
Ceuta	-1,52	-1,14	-2,66
Ferrol	1,88	-1,98	-0,10
Gijón	1,15	1,92	3,06
Huelva	2,09	1,06	3,15
Las Palmas	0,66	2,77	3,42
Málaga	1,69	-2,16	-0,46
Marín	1,64	-1,50	0,14
Melilla	1,89	-1,71	0,18
Pasajes	-1,09	-2,52	-3,61
Sta. Cruz de Tenerife	-1,14	-1,02	-2,16
Santander	1,41	-2,79	-1,38
Sevilla	1,59	2,23	3,82
Tarragona	0,94	-1,44	-0,50
Valencia	1,74	1,78	3,52
Vigo	1,83	-0,79	1,04
Vilagarcía	1,78	-1,73	0,06
Minimum	-1,52	-2,79	-3,89
Maximum	2,32	2,77	3,82
Mean	1,14	-0,63	0,51
St. Dev.	1,09	1,80	2,30

Source: Own elaboration.

It can be observed that when efficiency improves over time, i.e. when $\overset{\circ}{CE}$ has a positive sign, the model that ignores the relationship between inefficiency and time overestimates the rate of technical change by confusing the improvement in efficiency with technical change. In our empirical application, this occurs for the ports of Almería-Motril, Bilbao, Cartagena, Gijón, Huelva, Las Palmas, Seville, and Valencia. In these cases, the reduction in costs observed over time is attributed entirely to technical change. To the extent that this component of productivity is overestimated, it could persuade port management to increase changes in productive technology, when the real reason is the reduction in inefficiency.

By contrast, when efficiency worsens over time, i.e. when $\overset{\circ}{CE}$ has a negative sign, the model that ignores the relationship between inefficiency and time underestimates the rate of technical change. By ignoring the variation of efficiency over time, a rise in costs resulting from increased inefficiency will partly offset the effects of technical progress, leading to a mistaken perception that the rate of technical change is actually lower than it is in reality.

For the average port, given the decline in efficiency over the analyzed period, the model that ignores the variation in inefficiency over time will underestimate the actual value of technical change by 0,63 percentage points. That is, it will appear to be 55,3% lower than the real rate of technical change. This could lead to attention being focused on the improvement of productive technology instead of the elimination of inefficiency.

4. Conclusions.

While inefficiency means that production costs are higher than strictly necessary, this study has shown that the effect of inefficiency on marginal costs, on the degree of economies of scale, and on the rate of technical change is ambiguous, that is, not predictable. Assuming that the cost efficiency index depends on output levels and time, we obtain theoretical relationships that show how marginal costs, the degree of economies of scale, and the rate of technical change can become distorted when these relationships are ignored. The obtained theoretical relationships have a general character, i.e. they do not depend on the selected functional form.

With the main purpose of illustrating the application of these theoretical relationships and showing the importance of the potential errors, this paper sets out an empirical study of Spanish port authorities. If a researcher does not take into account that changes in output levels affect the cost efficiency index, then marginal costs will be overestimated and any pricing based on marginal costs will transfer inefficiency to the users of port services through prices. This situation could be generalized to all sectors with market power. Similarly, in the presence of inefficiency that depends on output levels, investment decisions aimed at modifying the productive scale could be misguided. Finally, the model that ignores how inefficiency varies over time will overestimate or underestimate the rate of technical change by confusing changes in efficiency with changes in technical change. This could lead to attention being focused on the improvement of productive technology instead of the elimination of inefficiency. In a preliminary version of this paper presented at the XVIII Pan-American Congress of Traffic, Transport and Logistics Engineering (PANAM 2014), we shown another empirical application for the Spanish stevedoring sector during the period 1990-1998. After contrasting the existence of a relation between inefficiency and levels of production and time, the magnitudes and the sense of the distortions in the marginal costs, the degree of economies of scale and the rate of technical change in Spanish stevedoring sector were calculated. These other results show the consistency of the theoretical model presented in this paper. This other empirical application to Spanish stevedoring sector using outdated data is available and will be sent to the interested reader if required.

In summary, it is necessary to estimate a cost model that recognizes that inefficiency depends on output levels and time in order to avoid errors in estimating marginal costs, the degree of economies of scale, and the rate of technical change. If this is not done, the result may be incorrect decisions on

pricing and on investment in productive capacity. In addition, the valuation of the effect of technical change could be wrong.

Acknowledgements

The authors are grateful for the constructive comments of the reviewers and the editor, as well as the help of Professor Lourdes Trujillo (University of Las Palmas de Gran Canaria) and the public entity *Puertos del Estado* in the compilation of the data used in this paper.

References

- Aigner, D.J., Lovell, C.A.K., & Schmidt, P. (1977). Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. *Journal of Econometrics*, 6(1), 21-37.
- Atkinson, S., & Cornwell, C. (1994). Parametric estimation of technical and allocative inefficiency with panel data. *International Economic Review*, 35, 231-244.
- Atkinson, C., & Halvorsen, R. (1984). Parametric efficiency test, economies of scale and input demand in U.S. electric power generation. *International Economic Review*, 25, 647-662.
- Battese, G.E., & Coelli, T.J. (1995). A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data. *Empirical Economics*, 20, 325-332.
- Bauer, P. W. (1990). Decomposing TFP growth in the presence of cost inefficiency, non constant returns of scale, and technological progress. *Journal of Productivity Analysis*, 1, 287-301.
- Díaz-Hernández, J.J., Martínez-Budría, E., & Jara-Díaz, S. (2008). Parametric estimation of inefficiency in cargo handling in Spanish ports. *Journal of Productivity Analysis*, 30, 223-232.
- Farrell, M.J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society, Serie A, General* 120, Part 3, 253-281.
- Jara-Díaz, S., Martínez-Budría, E., Cortés, C. and Basso L. (2002). A multioutput cost function for the services of Spanish ports' infrastructure. *Transportation*, 29, 419-437.
- Jara-Díaz, S., Martínez-Budría, E., & Díaz-Hernández, J.J. (2006). Multiple output in port cost function. *Port Economics Research in Transportation Economics*, 16, 67-84.
- Kumbhakar, S.C. (1997). Modelling allocative inefficiency in a translog cost function and cost share equations: an exact relationship. *Journal of Econometrics*, 76(1/2), 351-356.
- Kumbhakar, S.C., & Lovell, C.A.K. (2000). *Stochastic frontier analysis*. USA: Cambridge University Press.
- Lau, L.J., & Yotopoulos, P.A. (1971). A test for relative efficiency and application to Indian agriculture. *American Economic Review*, 61, 94-109.
- Meeusen, W., & Van den Broeck, J. (1977). Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed error. *International Economic Review*, 18(2), 435-444.
- Shephard, R.W. (1953). *Cost and production functions*. Princeton, NJ: Princeton University Press.

Shephard, R.W. (1970). *Theory of cost and production functions*. Princeton, NJ: Princeton University Press.

Toda, Y. (1976). Estimation of a cost function when cost is not a minimum: The case of soviet manufacturing industries, 1958-1971. *Review of Economics and Statistics*, 58, 259-268.

UNCTAD (1975). *Port pricing*. New York: United Nations.



Análisis de los factores de competitividad para la productividad sostenible de las PYMES en Trujillo (Perú)

BENITES GUTIÉRREZ, LUIS ALBERTO

Universidad Nacional de Trujillo (Perú)*

Correo electrónico: lbenitesg@gmail.com

RUFF ESCOBAR, CLAUDIO

Universidad Bernardo O'Higgins (Santiago de Chile)**

Correo electrónico: cruff@ubo.cl

RUIZ TOLEDO, MARCELO**

Correo electrónico: mrui@ubo.cl

MATHEU PÉREZ, ALEXIS**

Correo electrónico: alexis.matheu@ubo.cl

INCA ALAYO, MARTÍN*

Correo electrónico: minca@gmail.com

JUICA MARTÍNEZ, PAOLA**

Correo electrónico: paola.juica@ubo.cl

RESUMEN

Los niveles de competitividad de los países de Latinoamérica se encuentran en un proceso de desarrollo lento para alcanzar a empresas situadas en economías más modernas, por tener dificultades en algunos pilares fundamentales de competitividad como los niveles de innovación tecnológica en base a inversiones inteligentes de infraestructura, capital intelectual, que tengan un impacto importante en la productividad multifactorial. El objetivo de esta investigación fue analizar la situación competitiva de las Pequeñas y Medianas Empresas (PYMES) en la ciudad de Trujillo, evaluando los factores claves para la productividad que tendrán una asociación con la competitividad sostenible. Se realizó un estudio empírico aplicado a 152 empresarios en diversos sectores de la ciudad de Trujillo, recopilando información de tipo cualitativo y cuantitativo. Los resultados obtenidos fueron que el 70% de las empresas del sector calzado están preparados para responder a las cinco fuerzas competitivas de Porter, para el sector metal mecánica el 89% de las empresas, y el 70% de las empresas para textil son competitivas. Se identificó que la calidad, capital humano, finanzas, plan estratégico, comercialización y las alianzas estratégicas, tienen una relación positiva con la competitividad; sin embargo, al integrarse con las TICs no se aprecia la sinergia del negocio. Los hallazgos son de utilidad para mejorar el conocimiento en las decisiones estratégicas de los Gerentes de las PYMES para responder a la Globalización y al proceso intensivo de la digitalización.

Palabras clave: factores claves para la productividad, competitividad sostenible, decisiones estratégicas.

Clasificación JEL: C02; L67; M20.

MSC2010: 6207; 62D05.

Artículo recibido el 18 de agosto de 2018 y aceptado el 10 de mayo de 2019.

Analysis of competitiveness factors for the sustainable productivity of SMEs in Trujillo (Peru)

ABSTRACT

The levels of competitiveness of the countries of Latin America are in a process of slow development to reach those companies located in more modern economies, because they have difficulties in some fundamental pillars of competitiveness such as the levels of technological innovation based on intelligent infrastructure investments, intellectual capital, that have a major impact on multifactor productivity. The objective of this research was to analyze the competitive situation of Small and Medium Enterprises (SMEs) in the city of Trujillo, evaluating the key factors for productivity that will have an association with sustainable competitiveness. For this, the first step was to develop review of the fundamental literature for the hypotheses and the empirical study applied to 152 entrepreneurs in various sectors of the city of Trujillo, compiling the opinion of qualitative and quantitative type and statistical processing. The results obtained were that 70% of the companies in the footwear sector are prepared to respond to the five competitive forces of Porter, for the mechanical metal sector 89% of the companies, 70% of the textile companies are competitive. Through linear regressions, we identify that quality, human capital, finance, strategic plan, marketing and strategic alliances have a positive relationship with competitiveness, however when integrated with ICTs, the synergy of the business is not appreciated. The findings are useful to improve knowledge in the strategic decisions of SME Managers to respond to Globalization and the intensive process of digitalization.

Keywords: key factors for productivity, sustainable competitiveness, strategic decisions.

JEL classification: C02; L67; M20.

MSC2010: 6207; 62D05.



1. Introducción.

En un entorno global en el que actúa una economía moderna como son los países que integran la OCDE y en estos últimos años los países emergentes como son los denominados Grupo de los BRICS (Brasil, Rusia, India, China y Sudáfrica), sus ventajas competitivas se desarrollan en función al crecimiento de la productividad como condición fundamental para su desarrollo, comprenden que es necesario que también ocurra un incremento de las inversiones en capital físico, capital tecnológico y capital humano para el desarrollo de otro componente de la competitividad como es la productividad total de los factores. La ganancia de competitividad es mayor en aquellas decisiones de inversión que logren optimizar la asignación de los recursos y fundamentalmente en el desarrollo de los intangibles y el conocimiento, en la calidad de la gestión empresarial, considerando que el proceso de innovación en productos y procesos es necesario para la competitividad sostenible. La productividad en un país es clave para su crecimiento sostenible e inclusivo que debe integrar tres pilares fundamentales: fortalecer el capital humano, mejorar la infraestructura logística y propiciar un clima de negocios favorable para incentivar la inversión privada; estos tres pilares deben estar funcionando sobre una estabilidad macroeconómica (Rodríguez, 2017).

Sin embargo, bajo estos altos estándares de competitividad, la mayoría de las pequeñas y medias empresas (PYMES) quedan fuera de la participación de los mercados internacionales (Hessels & Parker, 2013). En la actualidad, el análisis de la problemática que afecta a las PYMES se basa en dos posturas: la primera a nivel macroeconómico donde se analizan todos los factores externos, relacionados con políticas económicas, influencias del entorno, las economías sociales, etc. que inciden el desarrollo de estas organizaciones y la segunda, pone su mirada en los procesos internos, de gestión y economía sectorial de las mismas PYMES (Palomo, 2005). En lo que respecta a su conformación, las PYMES requieren de un menor capital y su producción fluctúa según la demanda. Sin embargo, al analizar la naturaleza de este tipo de instituciones, se puede constatar que las PYMES, al tener una estructura simple de organización y al no contar con un gran número de recursos, se ven sometidas a muchas restricciones y limitaciones a la hora de buscar apoyo para la financiación de sus proyectos a través de créditos, lo que implica mayor vulnerabilidad al presentarse frente al competitivo mundo del mercado. Se suma a lo señalado el hecho de que las PYMES deben enfrentarse a problemas administrativos y fiscales, dificultades para cumplir los estándares de calidad y una deficiente comercialización de sus productos y servicios, lo que trae como consecuencia la reducción de su ciclo de vida (Palomo, 2005; Soto, 2014).

En el caso de Perú ha tenido una tendencia descendente su nivel de competitividad desde el año 2012 al 2018 según el último reporte de World Economic Forum situándose en el puesto 63 por debajo de sus principales socios estratégicos en la región como Chile y México, de los cuales los pilares fundamentales que están afectando la competitividad son la productividad laboral, calidad de instituciones públicas y privadas, capacidad de innovación, adopción de tecnologías de información y comunicaciones, financiación para las pequeña y mediana empresa y dinamismo en la capacidad de hacer negocios (World Economic Forum, 2018).

El área geográfica de nuestra investigación está localizada en el departamento de La Libertad, cuyo nivel de competitividad está en el puesto 9 de 24 departamentos del país, por no desarrollar adecuadamente los factores de instituciones, entorno económico, educación e infraestructura (Instituto Peruano de Economía, 2018). Ahora bien, para el análisis de competitividad de las empresas, se trabaja en la provincia de Trujillo, que pertenece al departamento de La Libertad, en la que la productividad empresarial alcanzó un indicador de 1.5, es decir que por cada \$47 de producción en un periodo determinado se utilizó como consumo \$31 (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2014)

El objetivo de nuestra investigación es analizar los factores de competitividad que influyen en la productividad sostenible de las pequeñas y medianas empresas localizadas en el sector económico de Trujillo. La pregunta fundamental en la investigación es: ¿cuáles son los factores competitivos que influyen en la productividad de las PYMES? Para analizar y discutir esta interrogante se realizó un estudio empírico con una muestra de 152 empresas situadas en Trujillo.

Esta investigación aporta un conocimiento relacionado a la gestión de las operaciones y competitividad empresarial, referente a qué factores o variables deben ser analizados para establecer una estrategia competitiva frente a una competencia global y a los cambios de nuevos modelos de negocios de la IV Revolución Industrial y con ello mejorar la probabilidad de vida de las PYMES. Para esta investigación se ha considerado en una primera etapa la revisión literaria de las variables independientes y su asociación positiva con el índice de competitividad global de las empresas, para luego establecer las hipótesis de investigación. En una segunda etapa de la investigación se realizó la evaluación estadística del cuestionario estructurado que permitió validar las hipótesis y extraer las conclusiones correspondientes.

2. Marco teórico e hipótesis.

2.1. Revisión literaria de las variables de la investigación, factores de competitividad.

En la actualidad, aún no existe consenso sobre qué es lo que se entiende por competitividad, relacionándola algunos con la competitividad de los productos y servicios; otros la vinculan de manera más integral con los procesos de marketing y gestión empresarial y hay quienes la determinan según la productividad de los recursos (Ahmedova, 2015). De esta manera, atendiendo a varias concepciones, se puede entender por competitividad la capacidad que tiene una institución de generar estrategias efectivas tendentes a mantener y aumentar su presencia en el mercado, acrecentando su productividad, su capacidad de negociación con otras organizaciones a nivel en un ambiente de competencia determinado por el mercado, las políticas gubernamentales, y las alianzas económicas regionales, nacionales e internacionales (Solleiro & Castañón, 2005).

Ante la variedad de propuestas de mercado, la subsistencia, la rentabilidad y la liquidez de toda empresa depende, en gran medida, de su fuerza competitiva, que se ha transformado en un aspecto relevante para elevar los niveles de las pequeñas y medianas empresas. Por esta razón, destacados organismos a nivel mundial, como la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) y el Banco Mundial, han señalado que es esencial para las naciones elaborar objetivos estratégicos en pro de la competitividad de sus PYMES (Listerri, Angelelli, Painter, Chrisney, Nieder, Mico & Wilson, 2002).

Por otra parte, Saavedra (2012) señala que los elementos fundamentales a considerar en el ámbito de competitividad empresarial son:

1. Indicadores externos
2. Tecnología
3. Mercadotecnia
4. Recursos humanos
5. Innovación
6. Capacidades directivas
7. Cultura
8. Calidad
9. Producción
10. Logística
11. Organización interna
12. Investigación y desarrollo
13. Compras
14. Interacción con proveedores y clientes.

Dentro de los factores externos que inciden en los niveles de competitividad, se consideran: las condiciones macroeconómicas, las políticas de incentivo, los impuestos acuerdos comerciales, la infraestructura, los sistemas de telecomunicaciones, el transporte, la energía y el sistema de protección ambiental. Además, en lo que se refiere el nivel industrial y empresarial, cabe nombrar tanto la calidad de los recursos de producción, como los costos destinados a la adquisición de materia prima, los

suministros, las fluctuaciones entre precio y demanda, la localización de los clientes, la satisfacción del consumidor, la incorporación de nuevos e innovadores productos al mercado, la consolidación de la marca en el mercado entre otros (Ahmedova, 2015).

La investigación de Saavedra (2012) concluye que la competitividad empresarial debería analizarse en dos perspectivas: interna, siguiendo el mapa de competitividad del BID, y externa, utilizando el enfoque de competitividad sistémico de la CEPAL.

Hipótesis 1: Existe una asociación positiva entre el capital humano y la competitividad.

En el siglo XXI los nuevos escenarios competitivos se basan en una nueva economía en la que la gestión del conocimiento es clave para la competitividad sostenible y los recursos intangibles de capital intelectual son fundamentales para generar ventajas competitivas sostenibles en el largo plazo y, por lo tanto, constituye una problemática que deben enfrentar a futuro las PYMES. Es necesario que se integren los tres componentes de los activos intangibles como son: capital intelectual, capital estructural y capital relacional para lograr un ciclo de vida más sostenible en las PYMES (Muda & Abdul, 2016).

El mayor grado de internacionalización en los negocios de la pequeña y mediana empresa permite lograr mejores resultados en la productividad a través de la inversión de capital humano, con respecto de aquellas empresas que tienen menor grado de internacionalización (Onkelinx, Manolova & Edelman, 2016).

La productividad global de las PYMES que constituyen la base para su competitividad no solo debe incluir factores económicos sino otros factores que fundamenten su desarrollo sostenible como son: el desarrollo ambiental, el desarrollo social que permita reducir la incidencia de problemas de salud y seguridad en las empresas, el desarrollo económico y fundamentalmente la calidad del producto (Hsu, Chang & Luo, 2017). La integración de estos ejes de desarrollo sostenible en las PYMES constituye una dificultad para lograr una rentabilidad sostenible que debe ser superada aplicando apropiadamente modelos de desempeño organizacional.

Las técnicas de fabricación como base para las estrategias competitivas de las PYMES que permitan aumentar su valor en la producción se explican por los siguientes factores: la innovación, la gestión orientada al cliente, la gestión de la productividad, la renovación de productos, la inversión en calidad y la flexibilidad laboral (Lagacé & Bourgault, 2003).

El capital de una organización no radica solo en sus productos o bienes económicos, sino, además, en un conjunto de valores y activos intangibles y fundamentales para la empresa, en donde el valor competitivo merece un análisis de todos sus elementos, y en el que se torna cada vez más fuerza la idea que conciencia sobre la importancia del desarrollo del capital humano. De esta manera, se acepta que una forma de generar valor en las instituciones está directamente relacionada con una gestión que trasciende lo material y financiero y que considera el valor humano y la inversión profesional como un elemento de alto impacto en la productividad de las empresas. El desarrollo de las prácticas formales en los recursos humanos, los programas de capacitación y prácticas motivacionales tiene un efecto positivo en el capital humano organizacional como fuente de ventaja competitiva sostenible (Blanco, De Quevedo, & Delgado, 2018).

En el marco de las PYMES, al contar con recursos financieros más limitados, el recurso humano puede marcar una notable diferencia a la hora de buscar incrementar la productividad (Benfratello & Razzolini, 2008).

En este contexto, dentro de las políticas de gestión de talento humano, se encuentra, en primera instancia, el entrenamiento, destinado a perfeccionar el desempeño presente de un trabajador en su área laboral; en segundo lugar, pensando en el desempeño futuro, está la formación de capacitación que incrementa alguna habilidad determinada del trabajador ligada a su labor específica y, por último, el desarrollo, pensando en una formación que procura mejorar el desempeño futuro en otras áreas de la

organización (Nadler & Nadler, 1989), así mismo las investigaciones de Falk y Figueira (2019) demostraron que la productividad laboral fortalece la relación entre las actividades de investigación y desarrollo y permite la internacionalización de las PYMES.

La gestión de recursos humanos tiene una influencia significativa en los indicadores de eficiencia y rentabilidad. Este efecto es más favorable en las empresas de menor tamaño al lograr mejor cercanía con la alta dirección y un buen clima laboral (Aragón & Sánchez-Martín, 2005). En un análisis de economía de género aplicado a las empresas, los investigadores Tsou y Yang (2019) demostraron que, en comparación con las empresas medianas y grandes, la proporción de trabajadoras altamente talentosas tienen un mejor desempeño en las pequeñas empresas de manufacturas chinas.

Hipótesis 2: Existe una asociación positiva entre las finanzas y la competitividad.

La teoría basada en recursos permite analizar que la gestión de costos en las PYMES permite desarrollar ventajas competitivas y desarrollar estrategias para incrementar las capacidades de emprendimiento (Amir, Md Auzair & Ameruddin, 2016).

Sipa, Gorzen-Mitka y Skibinski (2015) analizaron los principales determinantes de la competitividad de las pequeñas empresas desde la perspectiva polaca, y concluyeron que los más importantes son la imagen de la compañía, marca de producto, menor precio de producto y el enfoque de un grupo específico de clientes.

Pazos y Penabad (2007) analizaron la competitividad de la PYME agrupándolos en clúster empresariales y en su análisis empírico analizan que el tamaño, la financiación y la innovación son factores determinantes para la competitividad empresarial. Las empresas con acceso a recursos financieros de menor costo o con mayor flexibilidad en sus fuentes de financiación proporcionan una ventaja competitiva sólida y medible (Clarke, 1988)

La capacidad competitiva de la empresa en un mercado que compite en función del crecimiento y desarrollo puede mejorarse en el futuro teniendo en cuenta la capacidad de generar recursos para su autofinanciación en nuevas inversiones guiadas por una adecuada estrategia, y reduciendo los niveles de endeudamiento hacia estructuras financieras equilibradas (Molina y Hernández, 1999). Un mercado financiero con severas restricciones crediticias podría incrementar la probabilidad de un desempeño deficiente para las PYMES, así como una adecuada gestión en su entorno; por lo tanto, son importantes buenas políticas crediticias del sistema financiero (Tian & Lin, 2019).

Hipótesis 3: Existe una asociación positiva entre la tecnología e innovación sobre la competitividad.

Uno de los factores de la competitividad en la economía del conocimiento son las TICs con una base para la innovación y lograr una oferta altamente diferenciada y sostenible (Martin, Ciovic & Cristescu, 2013). El impacto de la implementación de TICs en las PYMES genera una mejora tanto en la comunicación externa con una eficiente conectividad de sus mercados de proveedores y clientes y una optimización interna de sus flujos de información; los efectos positivos de las TICs se esperan lograr en el desempeño en términos de productividad, rentabilidad y valoración empresarial (Tarute & Gatautis, 2014), los estudios de Yeng, Osman, Salahuddin, Abdullah, Lim y Sim (2016) demostraron que la implantación del comercio electrónico entre las PYMES permite una ventaja relativa y fundamentalmente una mejor relación con sus grupos de interés.

La competitividad sostenible de las PYMES se debe desarrollar en toda la cadena de suministro que va desde la cadena de valor de los proveedores hacia la cadena de valor de los clientes. Además, podemos afirmar que las estrategias operacionales tienen más impacto cuando se utilizan las TICs y así asegurar mejores resultados en la gestión del flujo de los materiales, reducción de inventario, reducción de costos, reducción de la incertidumbre, mejora de los recursos y aumento de la productividad (Colin, Galindo & Hernandez, 2015; Lofti, Mukhtar, Sahran & Zadeh, 2013). Sin embargo, debe tenerse en

cuenta que solo el factor de las TICs no es garantía para un alto desempeño en las organizaciones, y es necesario evaluar otros aspectos referido a la capacidad de gestión con los proveedores y clientes (Colin et al., 2015). El factor tiempo en la gestión de la cadena de suministro también es considerado clave para generar ventaja competitiva, los estudios empíricos de Zafer y Bora (2014) demostró que existe una relación positiva entre la aplicación de las TICs y el desempeño de la cadena de suministro basado en el tiempo y también en el desarrollo de los procesos. Es importante desarrollar una metodología sistemática con herramientas informáticas para modelar, analizar, medir, obtener la mejor productividad de la TI en las PYMES del sector manufactura que compiten en un mercado global (Durr, Braun, Westkamper, Bauernhansl, Haag, Heilala & Grossmann, 2013).

Con un sistema de vigilancia tecnológica o un método prospectivo que se constituye como una mirada al futuro tecnológico de las PYMES se puede lograr un proceso de innovación en el largo plazo que se integre como factor clave en la cadena de valor de las principales empresas de un sector específico. La razón positiva entre vigilancia tecnológica y métodos prospectivos permite desarrollar ventajas competitivas con base en la innovación (Ejdys, 2014).

En una muestra de 1201 PYMES en la industria española, los investigadores Aragon y Rubio (2005) concluyeron que la certificación de la calidad, la implantación de las nuevas tecnologías de la información y la cooperación entre empresas tienen una influencia relevante en su rentabilidad.

Las estrategias de innovación son fundamentales para la competitividad sostenible de las PYMES, pero están condicionadas a la demanda, la oportunidad tecnológica y las condiciones de apropiabilidad en el sector industrial en el que actúan (Arbussá, Bikfalvi & Valls, 2004). Las tecnologías inteligentes tienen una influencia significativa sobre la sostenibilidad económica y sobre la estrategia corporativa de las PYMES (Saunila, Nasiri, Ukko & Rantala, 2019).

La decisión de adquirir tecnología externa o desarrollar su propia tecnología también inside en su nivel competitivo, tal como demostraron Arbussá et al. (2004) en las pequeñas y medianas empresas industriales en Cataluña.

La innovación en productos y servicios tiene un efecto significativo en la rentabilidad y también en el uso de los recursos tecnológicos (Aragón & Rubio, 2005).

Hipótesis 4: Existe asociación positiva entre la calidad y la competitividad.

Ismail, Domil e Isa (2013) postulan en sus investigaciones que el nivel de conocimiento gerencial de las PYMES permite desarrollar mejores capacidades para lograr la calidad con los agentes económicos de la cadena de valor y con mayores posibilidades de ingresar a mercados internacionales, por lo tanto, incrementar su rentabilidad en el largo plazo.

Los niveles de calidad afectan a la estrategia competitiva de las empresas y da mayores posibilidades competitivas que sus competidores, otorgándoles mayor variedad de opciones estratégicas para lograr una mejor diferenciación y mejores costes en el mercado; sin embargo, una alta calidad no necesariamente implica un éxito competitivo (Belohlav, 1993). La gestión de la calidad total para el mejoramiento continuo en los procesos de fabricación de las PYMES está relacionada positivamente con la productividad total de la empresa según las investigaciones de Sahoo y Yadava (2018).

El estudio de caso desarrollado por Chung, Linderman y Schoroeder (2014) explica un modelo conceptual para desarrollar una estrategia dinámica basada en la capacidad de cómo lograr una ventaja competitiva en calidad de manera sostenible y que también puede tener implicancias en ventajas competitivas operativas para las empresas; esto incluye una meta de aprendizaje, detección de señales débiles y resiliencia a interrupciones de calidad.

3. Metodología.

3.1. Población.

El número total de PYMES a nivel nacional de acuerdo a los datos del Ministerio de la Producción (2017) en el año 2016 es de 1,728,777 empresas formales. En el Departamento de La Libertad el número de empresas registradas formalmente es de 89,800 empresas, el 5.2% del nivel nacional y para el sector manufactura las empresas formales son 7,409, esto representa el 8.25% del total de los sectores económicos, y con un aporte del 15.6% al Valor Bruto Agregado. El estrato empresarial en la economía formal a nivel nacional es de 95.1% para la Microempresa, 4.3% para la Pequeña Empresa, 0.2% para la Mediana Empresa y 0.5% para la Gran Empresa.

3.2. Muestra.

El tamaño de la muestra se determinó con un error muestral de 7.94%, considerando el presupuesto disponible para este estudio ($n = z^2 p q / e^2$, donde $z=1.96$, $p=q=0.5$, $e=0.0794$), dando como resultado un tamaño de muestra de 152 empresas con un nivel de confianza de 95%, expresado en z igual a 1.96. Ajustada a una población finita las $N=7409$ empresas localizadas en Trujillo, el error sería de 7.86% a partir de $n = N z^2 p q / ((N-1)e^2 + z^2 p q)$.

Considerando nuestra población base 7,409 empresas, de las cuales el 39% se dedica a la fabricación de calzado, el 13% a la fabricación de prendas de vestir, el 7% a la fabricación de productos de panadería, el 12% a la fabricación de productos metálicos, el 8% a actividades de impresión y el 9% a la fabricación de muebles. A partir de esta información por actividades específicas, se definió la muestra estratificada del estudio.

En cuanto al tamaño de las empresas, nuestro interés está en caracterizar a las empresas formales con un nivel de organización mínimo de empresas y por las facilidades de comunicación y disponibilidad de tiempo de sus administradores. En las microempresas de la región se consideró empresas con menos de 10 trabajadores, en las que existe mucha informalidad y su tiempo de vida es muy corto, por lo que en la muestra solo representan el 43.4% con un total de 66 empresas. Caso contrario sucedió con las pequeñas empresas (entre 10 y 50 trabajadores) y medianas (50 y 100 trabajadores) que representa el 40% con un total de 61 empresas y de 16% respectivamente, con un total de 25 empresas.

Tabla1. Distribución de la muestra por actividad económica.

Categoría	N° Empresas	%
Calzado	58	38.16
Textiles	20	13.16
Metal Mecánica	18	11.84
Muebles y Aserradero	14	9.21
Impresión y Edición	13	8.55
Panadería	10	6.58
Construcción y Obras de Ing. Civil	7	4.61
Restaurante	4	2.63
Venta y Elaboración de Alimentos y Bebidas	4	2.63
Consultores	2	1.32
Computadoras y Software	1	0.66
Educación	1	0.66
Total	152	100%

Fuente: Elaboración propia.

3.3. Descripción de los métodos estadísticos utilizados.

Las relaciones que se generan entre los variables serán explicitadas en el proceso descriptivo de la investigación, y validadas por los test estadísticos para determinar:

- i. La existencia o no de asociación entre la variable dependiente y las variables independientes. Para ello se utilizará el coeficiente estadístico Chi Cuadrado de Pearson, para variables categóricas (nominales u ordinales), que parte de la hipótesis de la no existencia de relaciones entre las variables, por lo que un valor de significación $p > 0,05$ confirmaría la hipótesis.
- ii. La fuerza de dicha asociación y dirección de ésta: solo se considerará el Coeficiente V de Cramer como parte del análisis cuando Chi-cuadrado de Pearson sea estadísticamente significativo. Es decir, cuando exista asociación entre la variable dependiente y la variable independiente. Usualmente, por lo demás, cuando Chi-cuadrado de Pearson es significativo, lo es también V de Cramer, y entregará la respuesta a la fuerza de la relación entre las variables, en categorías como poco (menor a 0.2), moderada (entre 0.2 y 0.3) o alta (mayor a 0.3).

El diseño general de la muestra se fundamenta en los principios del muestreo estratificado. Para ello, es necesario definir los parámetros de estratificación que serán considerados en función de los objetivos del estudio, de la información disponible, de la estructura de la población y de los recursos con los que se cuenta para la realización del trabajo de campo. Los criterios utilizados para la estratificación deben estar correlacionados con las variables objeto de estudio, fijando los estratos por sector y ventas anuales.

Dado que el cuestionario incluye una tipología de preguntas muy variada, tanto cuantitativas como cualitativas, se ha determinado el tamaño muestra tomando como criterio de calidad, el control sobre el error máximo a priori en la estimación de la proporción de respuesta a una pregunta dicotómica (frecuencia relativa de respuesta para un ítem de una cuestión con dos posibles contestaciones). En concreto, se fijó como objetivo inicial que el error máximo de estimación no superase los 5 puntos porcentuales con un nivel de confianza del 95% para el total de la muestra.

De esta forma se ha pretendido que el cuestionario final sea preciso y cubra las necesidades de información, y al mismo tiempo, se ha buscado minimizar los posibles problemas de interpretación y obtención de datos a la hora de lanzarlo de manera definitiva. La técnica de captación de información fue una encuesta dirigida, en la que el encuestador es quien, generalmente, toma las respuestas. Ésta tiene como ventaja una certeza de la representatividad de los encuestados.

3.4. Procesamiento estadístico.

Los datos de 152 empresas fueron verificados y validados a través de índice de confiabilidad con un indicador Alfa de Cronbach con un valor de 0.8205 para respuestas estandarizadas, considerando una heterogeneidad de las preguntas.

Las pruebas estadísticas de análisis bivariado son la prueba Chi-cuadrado de Pearson usando matrices de contingencia de la variable dependiente IC y alguna de los 29 factores para establecer una relación significativa, si $p < 0.05$. Cuando los valores de las matrices de contingencia son menores de 5, se utiliza la prueba exacta de Fisher.

Los datos fueron procesados usando los programas MiniTab versión 17 y SPSS versión 20 para la realización de diferentes pruebas estadísticas.

3.5. Definición de las variables de investigación.

3.5.1. Variable dependiente

Para nuestra investigación la variable dependiente está definida por el índice de competitividad (IC). Esta variable es calculada a partir de los resultados de las respuestas del cuestionario estructurado aplicado a los empresarios. Como se puede apreciar en la Tabla 2 organizamos los índices de competitividad en 7 factores (f1, f2 hasta f7), el hallazgo importante de nuestra investigación es que de las 5 fuerzas competitivas de Porter consideramos 2 adicionales como son la percepción del mercado laboral (f1) y las expectativas del mercado respecto al año anterior (f2). Por ejemplo, para una prueba aplicada a una PYME se obtuvo el siguiente resultado:

$$\sum_1^7 fi = 22$$

El máximo esperado de $\sum_1^7 fi = 33$

El SFC=22/33=0,67 por lo tanto su IC sería 2, tal como explicamos a continuación.

La variable dependiente se denomina Factor de Índice de Competitividad IC y es calculada por la siguiente ecuación:

$$IC = \begin{cases} 2 & \text{Si } SFC = \frac{\sum_1^7 fi}{33} > 0.6 \\ 1 & \text{Si } SFC = \frac{\sum_1^7 fi}{33} < 0.6 \end{cases} \dots \text{Ec.01}$$

donde:

IC: Índice de competitividad.

$\sum fi$: Sumatoria de cada uno de los 7 factores de competitividad obtenido por la PYME, el máximo esperado es de 33(denominador).

En la Tabla 2 podemos apreciar el rango de índice de competitividad cuya valoración se justifica en 0.6 basado en el estadístico de medición de intensidad de la relación de 2 variables conocido como V de Cramer, utilizado en la prueba de Chi cuadrado, donde se indica que 0.6 es una correlación relativamente intensa entre estas variables.

Tabla 2. Índice y factores de competitividad.

Variable de estudio	Factores de Competitividad	Rango
Índice competitivo de la PYME (IC) ≤0.6 no competitiva 1 2 >0.6 competitivo	f1: Percepción del Mercado Laboral	1-5
	f2: Expectativas del Mercado con respecto al año anterior	1-3
	f3: Fácil incursión de una nueva empresa	1-5
	f4: Existe competencia entre las empresas	1-5
	f5: Los clientes tienen más poder de negociación que las empresas	1-5
	f6: Los proveedores tienen más poder de negociación que las empresas	1-5
	f7: Existe facilidad para generar productos (bienes/servicios) sustitutos a los ofrecidos	1-5

Fuente: Elaboración propia.

Para los factores de competitividad su rango de valoración que va para los factores del 1 al 5 (f1, f2, f3, f4, f5, f6, f7) en consideración a la escala de Likert utilizada en cuestionarios estructurados aplicado a los empresarios en la que una respuesta se entiende en no competitivo y de 5 altamente competitivo, para el factor 2 de competitividad su escala fue de 1 a 3 en consideración a 3 posibles respuestas en los escenarios macroeconómicos del país (pesimista, moderado y optimista).

3.5.2. Variables independientes

Con la fundamentación teórica realizada en nuestro estudio para la definición de las hipótesis de investigación, pasamos a detallar en la Tabla 3 las variables independientes con sus indicadores. Las variables que pueden influir en la competitividad son divididas en cuatro bloques relacionados con: capital humano, finanzas, calidad y organización, la tecnología e innovación. Además, se consideraron las puntuaciones bajo el mismo razonamiento que el empleado en las variables dependientes.

Tabla 3. Variables independientes.

Variable de estudio	Indicadores medidos	Rango
Factores Capital Humano	F01: Ha existido Capacitación en los últimos años	0-1
	F02: Existe Funciones de puestos de trabajo	1-5
	F03: Existe Desarrollo de línea de carrera	1-5
	F04: Existe Captación, Selección de personal e Inducción	1-5
	F05: Existe Evaluación de desempeño personal	1-5
	F06: Existe Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo	1-5
	F07: Realiza capacitación para su personal según las funciones que realiza	1-5
Factores Finanzas	F08: Puede obtener datos en tiempo real de sus Estados de Ganancias y Pérdidas, Balance General y Caja	0-4
	F09:Cuál es el criterio más importante para solicitar financiamiento para su empresa	1-5
	F10: Finalidad solicita un financiamiento	1-3
	F11: Es fácil acceder a un financiamiento	1-5
Factores Calidad y Organización	F12: Existe Departamento de Administración	0-1
	F13: Existe Departamento de Recursos Humanos	0-1
	F14: Existe Departamento de Logística	0-1
	F15: Existe Departamento de Contabilidad	0-1
	F16: Existe Departamento de Calidad	0-1
	F17: Existe Departamento de Venta	0-1
	F18: Tiene Plan Estratégico	0-1
	F19: Alianzas estratégicas con empresas	0-1
	F20: Actividad con Alianza estratégicas	1-5
	F21: Cuenta la empresa con una certificación ISO 9000	1-3
	F22: Tipo de empresa se identifica	1-4
	F23: Convenios y/o alianzas con institucionalidad	0-1

Factores de tecnología de información	F24: Posee correo electrónico o corporativo	0-1
	F25: Posee página web	0-1
	F26: Posee Intranet	0-1
	F27: Posee banca electrónica	0-1
	F28: Posee pago de planilla electrónica	0-1
	F29: Posee compra y/o ventas por internet	0-1

Fuente: Elaboración propia.

3.5.3 Definición de un modelo entre los factores competitivos más significativos

En esta parte de nuestra metodología de investigación proponemos un modelo de regresión lineal con una base de 152 empresas encuestadas y utilizando el software Minitab para analizar el grado de impacto de los factores competitivos en el índice de competitividad.

3.6. Diseño y estructura de las encuestas.

El diseño de las encuestas se efectuó a partir de la revisión de trabajos empíricos, así como, del conocimiento previo de la realidad de las PYMES, tratando de incorporar las variables más relevantes para alcanzar los objetivos planteados. El cuestionario fue estructurado en 24 preguntas de acuerdo a las variables definidas en la Tabla 3.

En el primer bloque, se solicita de la empresa datos relativos a su antigüedad, la forma de constitución, el tamaño de la empresa, la experiencia y el nivel de estudios del gerente general o administrador.

En el segundo bloque, se enmarcan las variables relacionadas con la percepción, midiendo la confianza y expectativas del empresario en su ámbito de actuación, así como, la comparativa con el año anterior.

Para medir el entorno competitivo se utiliza el modelo de las cinco fuerzas competitivas de Porter (Thompson & Strickland, 1995). Este modelo es una herramienta de gestión que permite realizar el análisis externo o del sector industrial de la empresa. Concretamente considera la existencia de cinco fuerzas dentro de una industria: 1) la rivalidad entre competidores, 2) la amenaza de la entrada de nuevos competidores, 3) la amenaza del ingreso de productos sustitutivos, 4) el poder de negociación de los proveedores y 5) el poder de negociación de los consumidores. Clasificar las cinco fuerzas de esta forma permite lograr un mejor análisis del entorno de la empresa o de la industria a la que pertenece y, de ese modo, poder diseñar estrategias que permitan aprovechar las oportunidades y hacer frente a las amenazas. Se solicitan también datos sobre alianzas estratégicas con otras empresas del rubro, y también con los distintos departamentos o áreas con los que cuentan las PYMES.

El tercer bloque, solicita a las PYMES información sobre el capital humano: se desea medir de manera cuantitativa los eventos de capacitación en el último año a los que asistieron los colaboradores, la línea de carrera, la gestión de seguridad y salud en el trabajo, entre otros.

En el cuarto bloque del cuestionario se requiere al gerente de la empresa su opinión sobre la posición de su empresa respecto a la utilización de diferentes técnicas económico-financieras y sobre el uso de diferentes fuentes de financiación para la realización de inversiones.

En la quinta parte, se introducen cuestiones relativas a la tecnología, la innovación, y la calidad. En relación con la medición de la tecnología (que suele ser una de las bases fundamentales de la eficiencia y crecimiento de las empresas dado que reducir costes, diferenciarse y alcanzar el nivel de

calidad que exige el mercado son algunos de los principales objetivos que se esperan y que pueden alcanzarse a través de la misma) se distinguen las siguientes posiciones:

- a) Las exploradoras: la empresa realiza un desarrollo interno de la tecnología que utiliza con el fin de obtener mejores resultados que la competencia.
- b) Las analizadoras: la tecnología adquirida por la empresa o el uso que se hace de ella la posiciona por delante de la competencia.
- c) Las defensivas: la tecnología que utilizan es la misma que se utiliza en la mayoría de las empresas del sector y sólo realizan nuevas inversiones cuando comprueban que la competencia obtiene buenos resultados.
- d) Sin estrategia definida: la empresa considera que sus principales competidores tienen una tecnología más eficiente o moderna.

Finalmente, en el sexto bloque se analizan cuestiones respecto de las TICS, su existencia y uso, considerando el estrato empresarial donde se ubican.

3.7. Recolección de la de la información.

La ejecución de las encuestas se realizó con un trabajo de campo, para lo que se organizó un grupo de encuestadores debidamente capacitados y luego se desarrolló una planificación para las visitas a los gerentes o administradores de las empresas seleccionadas. La supervisión y validación de la ejecución de las encuestas se realizó con la Dirección de Investigación de la Universidad Nacional de Trujillo.

4. Resultados.

Tras haber terminado la ejecución del trabajo de campo de las encuestas a 152 gerentes y administradores, presentamos los principales hallazgos de nuestra investigación que permitan analizar los factores de competitividad que influyen en la productividad sostenible.

4.1. Características de la empresa.

Tamaño empresarial

Las características generales de las empresas trujillanas encuestadas se muestran en las tablas siguientes. Del total de encuestados, el género masculino representa un 57.89% y el femenino un 42.11%. La antigüedad media de las empresas es de 11.8 años y los rubros con mayor promedio de años de funcionamiento son la panadería y los restaurantes con 27 y 24,3 años respectivamente. El tipo de empresa predominante en las PYMES es de persona natural con negocio (53.3%) seguida muy de lejos por las Sociedades Anónimas Cerradas con un 20.4%, un 13.2% las Empresas individuales con Responsabilidad Limitada, las empresas que tributan bajo Régimen Único Simplificado con un 4.6%, seguidamente las Sociedades Anónimas Abiertas con un 4.6% y finalmente las Sociedades de Responsabilidad Limitada representando un 3.9%. Para el análisis de la variable tamaño que influye en la productividad empresarial, podemos apreciar según la Tabla 4, que para las empresas del Sector Calzado se tiene un 58.6% del total del sector en condiciones de pequeña y mediana empresa, para el sector Metal Mecánica 55.5%, Textil con el 25%, Muebles y Aserradero 92.9%, son empresas de Manufactura que con ese nivel de tamaño (pequeña y mediana), existe la posibilidad de mejorar su productividad de manera sostenible con inversiones.

Tabla 4. Variable tamaño de la empresa por rubro de la empresa.

Tipo de Empresa	Microempresa	Pequeña empresa	Mediana empresa
CALZADO	41.4%	51.7%	6.9%
COMPUTADORAS Y SOFTWARE	0.0%	0.0%	100.0%
CONSTRUCCIÓN Y OBRAS DE ING. CIVIL	14.3%	57.1%	28.6%
CONSULTORES	100.0%	0.0%	0.0%
EDUCACIÓN	0.0%	100.0%	0.0%
IMPRESIÓN Y EDICIÓN	38.5%	30.8%	30.8%
METAL MECÁNICA	44.4%	33.3%	22.2%
MUEBLES Y ASERRADERO	7.1%	42.9%	50.0%
PANADERÍA	60.0%	20.0%	20.0%
RESTAURANTE	50.0%	25.0%	25.0%
TEXTILES	75.0%	25.0%	0.0%
VENTA Y ELABORACIÓN DE ALIMENTOS Y BEBIDAS	50.0%	50.0%	0.0%
Total general	43.4%	40.1%	16.4%

Fuente: Procesamiento de encuestas en el software Minitab versión 17.

Capital Intelectual

Los niveles de formación y educación en los empresarios también constituyen un factor fundamental para la competitividad en la Tabla 5, podemos apreciar que las empresas del Sector Manufactura; Calzado solo el 6.9% de los Gerentes con formación superior completa, Metal Mecánica con el 11.1%, Textiles con el 10%, Muebles y Aserradero un poco mejor en formación con el 28.57% en Educación Superior completa para Gerencia y Plantilla Técnica.

Tabla 5. Variable grado de instrucción de gerentes por rubro de la empresa.

Tipo de Empresa	Secundaria primaria	Superior no universitaria incompleta	Superior universitaria incompleta	Superior universitaria completa	Postgrado incompleto	Postgrado completo
Calzado	67.24%	5.17%	5.17%	6.9%	12.07%	3.45%
Metal Mecánica	27.78%	0.0%	16.66%	11.1%	38.89%	5.56%
Textiles	60.0%	5.0%	15.0%	10.0%	10.0%	0.0%
Computadoras y Software	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%
Construcción y obras de Ing.	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%
Consultores	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	50.0%	50.0%
Educación	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
Impresión y Edición	15.38%	0.0%	0.0%	15.38%	69.24%	0.0%
Muebles y Aserradero	21.43%	7.14%	7.14%	28.57%	35.72%	0.0%
Panadería	40.0%	0.0%	0.0%	0.0%	60.0%	0.0%
Restaurante	25.0%	0.0%	0.0%	0.0%	75.0%	0.0%
Venta y elaboración de alimentos y bebidas	25.0%	0.0%	25.0%	0.0%	25.0%	25.0%

Fuente: Procesamiento de encuestas en el software Minitab versión 17.

4.2. Análisis del Nivel Competitivo de las PYMES por sectores económicos.

Para el análisis de la posición competitiva de la PYMES en función a su capacidad organizacional de responder a las cinco fuerzas de Porter y las expectativas del mercado aplicamos la metodología del Índice de Competitividad (IC), tal como lo presentamos en la definición de la variable dependiente a través de la Ecuación 01, las respuestas de los gerentes al cuestionario estructurado fueron del 100%.

Entre los resultados más importantes que se presentan en la Tabla 6 se puede apreciar que entre los sectores económicos que lograron un mayor porcentaje de empresas con un buen nivel de competitividad, es decir, con un índice IC igual 2, son sector calzado y textil con 70% de empresas con este índice, sector metal mecánica con el 89% de las empresas competitivas en ese nivel, sector computadoras y software con 100% de empresas competitivas, el sector construcción y obras de ing. civil también con 100% de empresas en este nivel, el sector impresión y edición con un 75% de empresas competitivas. Estos resultados demuestran que las empresas que obtienen el nivel más alto de competitividad, el IC igual a 2, estarán mejor preparadas con sus fortalezas para responder frente a las 5 fuerzas competitivas de M. Porter.

Tabla 6. Nivel de competitividad por sectores.

	SECTORES	Porcentaje de empresas con IC2	Porcentaje de empresas con IC1
1	Calzado	70.00%	30.00%
2	Metal mecánica	89.00%	11.00%
3	Textiles	70.00%	30.00%
4	Computadoras y software	100.00%	0.00%
5	Construcción y obras de ing. civil	100.00%	0.00%
6	Consultores	50.00%	50.00%
7	Educación	0.00%	100.00%
8	Impresión y edición	75.00%	25.00%
9	Muebles y aserradero	57.00%	43.00%
10	Panadería	10.00%	90.00%
11	Restaurante	50.00%	50.00%
12	Venta y elaboración de alimentos y bebidas	50.00%	50.00%

Fuente: Procesamiento de encuestas en el software Minitab versión 17.

4.3. Análisis de los factores de competitividad con Tablas de contingencia o análisis bivariado.

Como se describió en la sección del análisis metodológico, el examen y resultado de las relaciones entre las variables estudiadas, son de naturaleza descriptiva y no implican significación entre las relaciones que existan, o sea una correlación entre dos variables no enlaza necesariamente una relación causal con otras. Por tal motivo, es necesario destacar que las relaciones entre la variable percepción de competitividad y los bloques descritos como variables influyentes, serán probadas a través de las pruebas de significación estadística descritas anteriormente, para asegurar la existencia o no de asociación y la fuerza de dicha asociación, y así poder confirmar la significación entre las variables del estudio y la demostración de las cuatro hipótesis del estudio.

4.3.1. Análisis bivariados del Bloque Capital Humano

El análisis Chi Cuadrado de Pearson nos muestra la asociación entre las variables del bloque Capital Humano, que dan significación a las interpretaciones descriptivas que serán realizadas a continuación. En este primer bloque, existen tres variables significativas relacionadas con la percepción de competitividad de las PYMES analizadas, dado los niveles de significación inferiores a 0.05; además, la fuerza de dicha relación entre ellas entregadas por el test V de Cramer, señala que en la variable: “existe gestión de seguridad y salud en el trabajo” es alta y las otras dos son moderadas fuertes. Estos

resultados permiten aceptar la primera hipótesis planteada en la investigación, tal como se puede apreciar en la Tabla 7.

Tabla 7. Chi Cuadrado de Pearson del Bloque Capital Humano.

Bloque Capital Humano	Valor significación	Relacionada con la competitividad	Test Estadístico usado	Valores de la frecuencia	V de Cramer
Ha existido capacitación en los últimos años	0.351	No	Prueba exacta de Fisher	30.00%	
Existe Funciones de puestos de trabajo	0.014	Sí	Chi-cuadrado de Pearson	20.00%	0.287
Existe Desarrollo de línea de carrera	0.120	No	Chi-cuadrado de Pearson	10.00%	
Existe Captación. Selección de personal e inducción	0.036	Sí	Prueba exacta de Fisher	30.00%	0.260
Existe Evaluación de desempeño personal	0.287	No	Chi-cuadrado de Pearson	0.00%	
Existe Gestión de la Seguridad y Salud en el trabajo	0.040	Sí	Chi-cuadrado de Pearson	0.00%	0.321
Realiza capacitación para su personal según las funciones que realiza	0.267	No	Chi-cuadrado de Pearson	0.00%	

Fuente: Procesamiento de encuestas en el software Minitab versión 17.

En la Tabla 8 procedemos al análisis de complementario para el nivel de significación de la variable Capital Humano:

- a) Las PYMES donde existen respuestas positivas (neutral, casi siempre y siempre) a las variables significativas sobre el capital humano, se aumenta la percepción de competitividad de éstas.
- b) En la variable “si existen funciones de puestos de trabajos” las PYMES de mayor percepción de competitividad se obtiene un 26% en la respuesta casi siempre y siempre, frente a solo un 10% de las menos competitivas; en la variable: “existe capacitación, selección de personal e inducción” estos porcentajes son del 14% frente al 3% y en el caso de “existe gestión de la seguridad y salud en el trabajo” esta relación es de 48% frente al 17%.
- c) En las tres variables, las PYMES de percepción menos competitiva, presentan altos porcentajes en las respuestas nunca y casi nunca; porcentajes que también son, significativamente altos en todas las PYMES.

Tabla 8. Variables Significativas del Bloque Capital Humano.

Existe Funciones de puestos de trabajo	Percepción de Competitividad Positiva	Percepción de Competitividad Negativa	Total general
Nunca	26.55%	48.72%	32.24%
Casi Nunca	15.93%	25.64%	18.42%
Neutral	31.86%	15.38%	27.63%
Casi Siempre	12.39%	7.69%	11.18%
Siempre	13.27%	2.56%	10.53%

Existe Captación. Selección de personal e Inducción	Percepción de Competitividad Positiva	Percepción de Competitividad Negativa	Total general
Nunca	50.44%	76.92%	57.24%
Casi Nunca	15.04%	5.13%	12.50%
Neutral	20.35%	10.26%	17.76%
Casi Siempre	7.08%	7.69%	7.24%
Siempre	7.08%	0.00%	5.26%

Existe Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo	Percepción de Competitividad Positiva	Percepción de Competitividad Negativa	Total general
Nunca	22.12%	51.28%	29.61%
Casi Nunca	14.16%	12.82%	13.82%
Neutral	15.93%	17.95%	16.45%
Casi Siempre	17.70%	2.56%	13.82%
Siempre	30.09%	15.38%	26.32%

Fuente: Procesamiento de encuestas en el software Minitab versión 17.

4.3.2. Análisis bivariados del Bloque Finanzas

El análisis Chi Cuadrado de Pearson nos muestra la asociación entre las variables del Bloque Finanzas, que dan significación a las interpretaciones descriptivas que serán realizadas tal como se pueden apreciar en la Tabla 9.

Tabla 9. Chi Cuadrado de Pearson del Bloque Finanzas.

Bloque Finanzas	Valor Significación	Relacionada con la Competitividad	Test Estadístico Usado	Valores de la frecuencia	V de Cramer
Puede obtener datos en tiempo real de sus Estados de Ganancias y Pérdidas. Balance General y Caja	0.0070	Sí	Prueba exacta de Fisher	40.00%	0.304
Cuál es el criterio más importante para solicitar financiamiento para su empresa	0.283	No	Prueba exacta de Fisher	60.00%	
Finalidad solicita un financiamiento	0.584	No	Chi-cuadrado de Pearson	0.00%	
Es fácil acceder a un financiamiento	0.711	No	Prueba exacta de Fisher	66.70%	
Tipo de empresa se identifica	0.016	Sí	Chi-cuadrado de Pearson	12.50%	0.261
Convenios y/o alianzas con instituciones	0.341	No	Prueba exacta de Fisher	66.70%	

Fuente: Procesamiento de encuestas en el software Minitab versión 17.

En este bloque, existen dos variables significativas relacionadas con la percepción de competitividad de las PYMES analizadas; además, la fuerza de dicha relación entre ellas, en las variables “Puede obtener datos en tiempo real de sus Estados de Ganancias y Pérdidas, Balance General y Caja” y en el caso del “tipo de empresa que se identifica” es moderada fuerte. Con estos resultados permiten aceptar la segunda hipótesis de la investigación.

En la Tabla 10 se puede apreciar el análisis de la significación de la variable financiera:

- a) Existen diferencias significativas de un 16% entre los tipos de percepciones de competitividad en cuanto la obtención en tiempo real de los datos financieros; destaca que en el 62% de las PYMES de percepción poco competitiva la contabilidad es subcontratada.
- b) También destaca que las PYMES competitivas el 65% de sus dueños se identifica con empresas donde se desarrollan internamente las tecnologías/procesos que utilizan con el fin de obtener mejores resultados que la competencia; este porcentaje baja a un 49% en las menos competitivas. En estas últimas PYMES el 31% dice usar las mismas tecnologías que usan sus similares del sector.

Tabla 10. Variables Significativas del Bloque Finanzas.

Puede obtener datos en tiempo real de sus Estados de Ganancias y Pérdidas. Balance General y Caja	Percepción de Competitividad Positiva	Percepción de Competitividad Negativa	Total general
Sí	39.82 %	23.08 %	35.53 %
No	60.18 %	76.92 %	64.47 %
La contabilidad es realizada de manera manual	25.66 %	12.82 %	22.37 %
La contabilidad se trabaja en hojas de cálculo, pero necesita ser procesada	4.42 %	2.56 %	3.95 %
La contabilidad es subcontratada	28.32 %	61.54 %	36.84 %
No llevamos un control diario/mensual de esta información	1.77 %	0.00 %	1.32 %
Desarrollamos internamente la tecnología/procesos que utilizamos con el fin de obtener mejores resultados que la competencia	64.60 %	48.72 %	60.53 %
La tecnología/procesos adquirida por la empresa o el uso que se hace de ella nos posiciona por delante de la competencia.	16.81 %	7.69 %	14.47 %
La tecnología/procesos que utilizamos es la misma que se utiliza en la mayoría de empresas del sector y sólo realizamos nuevas inversiones cuando comprobamos que la competencia obtiene buenos resultados.	14.16 %	30.77 %	18.42 %
Nuestra competencia tiene una tecnología/procesos más eficiente o actual que la nuestra.	4.42 %	12.82 %	6.58 %

Fuente: Procesamiento de encuestas en el software Minitab versión 17.

4.3.3. Análisis bivariados del Bloque Calidad y Organización

El análisis Chi Cuadrado de Pearson nos muestra la asociación entre las variables del Bloque de Calidad y Organización, que dan significación a las interpretaciones descriptivas. Los resultados se pueden apreciar en la Tabla 11.

En este bloque existen cinco variables significativas relacionadas con la percepción de competitividad de las PYMES analizadas; además, la fuerza de dicha relación entre ellas, en las variables: “Tiene Plan Estratégico” y “Existe Departamento de Calidad” es alta y en el caso de “Existe Departamento de Ventas” es moderada y en “Alianzas estratégicas con empresas” es baja, mientras que

en el tema de la Certificación ISO 9000 (certificación de calidad) la relación es alta. Con estos resultados aceptamos la hipótesis: Existe una relación positiva entre la calidad y la competitividad.

Tabla 11. Chi Cuadrado de Pearson del Bloque Calidad.

Bloque Calidad	Valor Significación	Relacionada con la Competitividad	Test Estadístico Usado	Valores de la frecuencia	V de Cramer
Tiene Plan Estratégico	<.001	Sí	Chi-cuadrado de Pearson	0.00%	0.324
Alianzas estratégicas con empresas	0.047	Sí	Chi-cuadrado de Pearson	0.00%	0.150
Actividad con Alianza estratégicas	0.119	No	Prueba exacta de Fisher	40.00%	
Existe Departamento de Administración	0.860	No	Chi-cuadrado de Pearson	0.00%	
Existe Departamento de Recursos Humanos	0.640	No	Chi-cuadrado de Pearson	0.00%	
Existe Departamento de Logística	0.097	No	Chi-cuadrado de Pearson	0.00%	
Existe Departamento de Contabilidad	0.306	No	Chi-cuadrado de Pearson	0.00%	
Existe Departamento de Ventas	0.013	Sí	Chi-cuadrado de Pearson	0.00%	0.202
Existe Departamento de Calidad	0.019	Sí	Chi-cuadrado de Pearson	0.00%	0.302
Cuenta la empresa con una certificación ISO 9000	0.017	Sí	Chi-cuadrado de Pearson	12.50%	0.301

Fuente: Procesamiento de encuestas en el software Minitab versión 17.

En la Tabla 12 se pueden apreciar los resultados del análisis de significación de la variable en estudio:

- a) Destaca en este bloque el alto porcentaje (82%) de empresas de percepción no competitiva que no tienen plan estratégico, así como un mayor porcentaje de empresas competitivas que poseen departamento de ventas.
- b) Existe un alto porcentaje de PYMES que no poseen alianzas estratégicas con otras empresas, y esto puede ser el motivo de una significación de relación baja.
- c) Destaca la diferencia del 12% en la existencia de departamentos de calidad entre los dos tipos de percepciones de las PYMES.
- d) Las PYMES de mayor competitividad no le ofrecen mayor importancia a la certificación ISO 9000, ya que el 80% de éstas no tienen esta certificación y el 73% ni tienen planeado hacerlo.

Tabla 12. Variables Significativas del Bloque Calidad y Organización.

Tiene Plan Estratégico	Percepción de Competitividad Positiva	Percepción de Competitividad Negativa	Total General
No	45.13%	82.05%	54.61%
Sí	54.87%	17.95%	45.39%

Existe departamento venta	Percepción de Competitividad Positiva	Percepción de Competitividad Negativa	Total General
No	29.20%	51.28%	34.87%
Sí	70.80%	48.72%	65.13%

Alianzas estratégica con empresas	Percepción de Competitividad Positiva	Percepción de Competitividad Negativa	Total General
No	72.57%	87.18%	76.32%
Sí	27.43%	12.82%	23.68%

Existe departamento venta	Percepción de Competitividad Positiva	Percepción de Competitividad Negativa	Total General
No	44.25%	56.41%	47.37%
Sí	55.75%	43.59%	52.63%

Cuenta la empresa con una certificación ISO 9000	Percepción de Competitividad Positiva	Percepción de Competitividad Negativa	Total general
Sí	19.47%	35.90%	23.68%
No	80.53%	64.10%	76.32%
No, pero tenemos planeado hacerlo	72.57%	56.41%	68.42%
No, y no estamos interesados a la fecha	7.96%	7.69%	7.89%

Fuente: Procesamiento de encuestas en el software Minitab versión 17.

4.3.4 Análisis bivariados del Bloque TICS

El análisis Chi Cuadrado de Pearson nos muestra la asociación entre las variables del Bloque TICS. Los resultados de esta variable se pueden apreciar en la Tabla 13.

Tabla 13. Chi Cuadrado de Pearson del Bloque Tics.

BLOQUE TICS	Valor Significación	Relacionada con la Competitividad	Test Estadístico Usado	Valores de la frecuencia
Posee CORREO ELECTRÓNICO O CORPORATIVO	0.231	No	Chi-cuadrado de Pearson	0.00%
Posee PÁGINA WEB	0.900	No	Chi-cuadrado de Pearson	0.00%
Posee INTRANET	0.781	No	Prueba exacta de Fisher	25.00%
Posee BANCA ELECTRÓNICA	0.504	No	Chi-cuadrado de Pearson	0.00%
Posee PAGO DE PLANILLA ELECTRÓNICA	0.087	No	Chi-cuadrado de Pearson	0.00%
Posee COMPRA Y/O VENTAS POR INTERNET	0.138	No	Chi-cuadrado de Pearson	0.00%

Fuente: Procesamiento de encuestas en el software Minitab versión 17.

En este bloque no existen variables significativas relacionadas con la percepción de competitividad de las PYMES analizadas: no se confirma la tercera hipótesis de la investigación. La explicación es que las empresas al implementar las TICS deben reforzar con la inversión con el talento humano, para lograr un impacto significativo en la productividad total de los factores (Huang, Cai, Huang, Tian & Lei, 2019).

5. Discusión de resultados.

5.1. Tamaño empresarial y productividad.

En Industria de Manufactura en Trujillo, las empresas de calzado, metal mecánica y las de mueblería y aserraderos, con más del 50% de las PYMES que participan en estos sectores, tienen un tamaño empresarial en categoría de pequeña y mediana, con mayor capacidad de inversión para un desarrollo sostenible hacia la modernidad sobre la base de la innovación tecnológica, tal como en los estudios de Gomes, Kneipp, Kruglianskas, Barbieri da Rosa y Bichueti (2014) demuestran que las empresas de mayor tamaño pueden lograr mayores niveles de adopción en prácticas en gestión para la sostenibilidad y rentabilidad del negocio.

Según la Tabla 4, en otros sectores como el de Textil su situación competitiva a futuro es un poco más difícil, ya que un 75% del total de empresas están en categoría de microempresas.

5.2. Capital Humano y productividad sostenible.

La calidad de gestión empresarial basada en su formación profesional también constituye una limitación por cuanto solo el 6.9% de gerentes y administradores tienen estudios superiores completos del total en el sector de calzado, 11.1% en metal mecánica, 10% en sector textil y 28.57% en las PYMES de Mueblería y Aserraderos según la Tabla 5. Estas empresas con mejor capital intelectual tendrán más capacidades para lograr una productividad sostenible. El 67.24% de los gerentes y administradores de la PYMES del calzado solo tienen formación de primaria y secundaria, con niveles bajos de conocimientos en gestión y tecnologías: podemos afirmar que sus empresas tendrán pocas posibilidades de ingresar a las cadenas globales o la formación de Cluster con enfoques de gestionar adecuadamente sus intangibles, lo cual está en la misma línea de los investigadores Capó, Expósito y Masiá (2007), que destacan la importancia de la formación de Cluster que permita el intercambio de conocimiento entre las empresas para la creación de valor con innovación y mayor eficiencia, sobre la base de que la confianza y el espíritu de colaboración logra mejores ventajas competitivas en la red empresarial.

Es vital mantener un buen nivel de conocimiento para personas que trabajan en la organización porque esto influye directamente en la competitividad; el capital humano con una adecuada educación, formación en habilidades y competencias además genera un impacto positivo en la productividad y la innovación (Alvarez, Cilleruelo & Zamanillo, 2016; Backman, 2012; Macdonald, Assimakopoulos & Anderson, 2007). Las recomendaciones de Barone y Werfhorst (2011) destacan la importancia de hacer una distinción empírica entre la capacidad cognitiva general y la capacidad cognitiva específica del puesto de trabajo de acuerdo a la política educativa del país relacionado a su industria y mercado laboral. Nuestra primera hipótesis de la investigación coincide con los resultados de los investigadores Pérez, Arbelo y Arbelo (2018), que la asistencia del gobierno y la productividad laboral están relacionados positivamente con la eficiencia de las PYMES; adicionalmente incluye otras variables como son el tamaño empresarial y la orientación a la exportación.

La Hipótesis 1 de la investigación que relaciona de manera positiva el capital humano con la competitividad queda demostrada con estos resultados antes explicados y además coincide con los resultados de Lorenzo, Maza y Abella (2018), que revela que los recursos y las capacidades, junto con las estrategias empresariales definen mejor una ventaja competitiva por cada tipo de empresa.

5.3. Análisis de la Capacidad Competitiva de las PYMES.

El 70% de las PYMES que pertenecen al Sector Manufactura como Calzado, Textil y con el 89% del total las PYMES de Textil, Muebles y Aserraderos responderían favorablemente a las 5 fuerzas competitivas de M. Porter según la aplicación de la metodología presentada en la investigación con el índice de competitividad IC, medido con la Ecuación 1 (Tabla 6). Sin embargo, es importante incluir en este análisis, otros elementos como las estrategias genéricas que propone M. Porter y que considera que el liderazgo en costes y la diferenciación y segmentación son estrategias válidas y altamente competitivas. Asimismo, para asegurar un alto nivel de desempeño de las PYMES es fundamental implementar estrategias globales que aseguren la sostenibilidad de la productividad de sus servicios y productos innovadores y de alto valor agregado (Parnell, 2013).

El modelo de gestión que pueden adoptar los empresarios según la orientación estratégica tal como defensora o basadas su gestión en análisis prospectivo se considera también fundamental para el alto desempeño de las PYMES, es vital una adecuada relación entre la ventaja competitiva y la estrategia que pueda desarrollar la empresa (Aragón & Rubio, 2005; Svarova & Vrchota, 2014). El grado de internacionalización afecta positivamente al desempeño de la innovación de las PYMES para sus productos y procesos y lograr ventajas sostenibles en el tiempo y llegar con éxito a clientes globales (Genc, Dayan & Faruk, 2019).

5.4. Las TICS y la Innovación en la productividad sostenible.

La eficiencia de los recursos y la internacionalización de las empresas se puede lograr con la adopción de internet y de las TICs. El problema de la capacidad de financiación e inversión puede ser menos favorables en políticas gubernamentales que apoyan el desarrollo global de las PYMES (Sefer, Savrul & Aydin, 2014). Los niveles de competitividad a largo plazo tienen un nivel alto en incertidumbre por cuanto los gerentes de estas empresas basan su gestión en procesos manuales desconociendo la importancia de las TIC's para su competitividad: tal como se pudo apreciar en las respuestas de la Tabla 13, no se tiene una relación positiva. Esto significa que sus modelos de negocios están diseñados para trabajar en el siglo XX, sin mayores posibilidades de competitividad en una economía basada en el conocimiento en pleno desarrollo de la cuarta revolución industrial. Una fuerza competitiva adicional al modelo de Porter es la Globalización y los cambios tecnológicos que están afectando a las empresas manufactureras y obligando a cambiar los sistemas de fabricación tradicionales, es decir, una reingeniería a los sistemas de tecnología de fabricación avanzada para poder mantenerse en el mercado. Destacan los investigadores Ibrahim, Zakuan, Mohd y Taherdoost (2018); Nicholds, Mo y O'Rielly (2018). Para los investigadores Ibujés y Benavidez (2017) el éxito de la contribución de la tecnología a la productividad de las PYMES en la industria textil de Ecuador está en función a una exitosa integración de las variables producción, capital, mano de obra y tecnología.

En una nueva economía o en la cuarta revolución industrial, caracterizada por el mayor grado de digitalización de la cadena de valor de las empresas, para lograr la optimización de los flujos de información interno, y la mayor conectividad con sus mercados, el uso de las Tecnologías de la información y comunicación (TIC) es clave para la productividad sostenible en la las PYMES, una implementación con herramientas en software para modelar, analizar, medir y así mejorar la eficiencia de las operaciones de la PYMES (Zafer & Bora, 2014; Durr et al, 2013). En nuestra investigación empírica se observó que los empresarios de Trujillo tienen un alto déficit cognitivo en las técnicas antes señaladas, por lo que sus modelos de negocios quedarían con pocas posibilidades de lograr ventajas competitivas sostenibles.

5.5. La calidad y la productividad sostenible.

La calidad y el desarrollo de certificaciones ISO 9000 tienen una asociación positiva con la competitividad de las PYMES según nuestros resultados en la Tabla 11: los gerentes deberían integrar otros factores relacionados a las actividades de la cadena de valor y la integración con sus socios estratégicos. La calidad de los productos y servicios, así como una buena política de precios constituyen

los factores fundamentales que tendrían un impacto directo en la competitividad y el desarrollo empresarial en la PYMES; sin embargo, es importante considerar las acciones de realizar alianzas estratégicas sobre la base de una buena imagen; conocer el comportamiento de los clientes y de la competencia y la rentabilidad del sector en el mercado son en definitiva los elementos claves de la competitividad empresarial y con niveles de inversión que puede dificultar a las PYMES su viabilidad para aquellas de menor tamaño empresarial (Piatkowski, 2012). Nuestra hipótesis de la investigación se alinea con los resultados de los investigadores Singha, Kumar y Singh (2018), que con la implementación de la Gestión de la Calidad Total (TQM) mostraron el impacto positivo en el desempeño de la industria manufacturera en la India.

5.6. Las finanzas y la productividad sostenible.

El desarrollo competitivo del mercado financiero es fundamental para la oferta de nuevos instrumentos financieros para la financiación de corto y largo plazo que requieren las PYMES, en el riesgo de sus inversiones de capital para sus estrategias de innovación. En Perú, por existir barreras financieras para la innovación las PYMES prefieren desarrollar estrategias de innovación no tecnológicas, es decir, para invertir en personal para administrar sus redes sociales (Heredia, Geldes, Kunc & Flores, 2019). En la Tabla 10 se puede apreciar que los empresarios no utilizan el apalancamiento financiero para las innovaciones radicales, y solo el 6.7% de PYMES acceden al sistema financiero regulado (Ministerio de la Producción, 2017).

5.7. Análisis de los factores de competitividad con regresión lineal.

En este análisis se procede a aplicar la ecuación de regresión lineal para comprobar cuáles son los resultados que se pueden alcanzar en la productividad total de los 10 factores competitivos internos de las PYMES que resultaron estadísticamente significativos, y que ahora al combinarlos podrían arrojar que los 10 factores de competitividad (existe funciones de puestos de trabajo, existe captación, selección de personal e inducción, existe gestión de la seguridad y salud en el trabajo, puede obtener datos en el tiempo real de sus estados de ganancia y pérdidas, balance general y caja, tipo de empresa se identifica, tiene un plan estratégico, alianzas estratégicas con empresas, existe departamento de ventas, existe departamento de calidad, cuenta la empresa con una certificación ISO 9000) determinados en el análisis anterior son independientes entre sí.

Las unidades empresariales analizadas en la investigación son similares en términos de estrategias competitivas.

Usando el software Minitab seleccionamos la opción de regresión lineal y establecemos la variable dependiente y los predictores. El procesamiento de las 152 encuestas genera un modelo de regresión lineal para medir el impacto de los factores altamente significativos con el Factor de Índice de Competitividad IC. Nos da el siguiente modelo con un coeficiente de determinación de solo 20%, es decir, el modelo adoptado no es representativo estadísticamente como un modelo de predicción.

$$SFS = 0.6248 + 0.0158F02 - 0.00925F04 + 0.00924F06 - 0.0204F16 + 0.0277F17 - 0.00571F08 + 0.0214F18 + 0.0107F19 + 0.0153F21 - 0.0225F22$$

Este modelo, a opinión de los administradores encuestados, establece que contribuyen de manera positiva a la competitividad: la existencia de funciones de puestos de trabajo (F02), la gestión de la seguridad y salud en el trabajo (F06), el contar con departamento de ventas (F17), el contar con planes estratégicos (F18), hacer alianzas entre empresas (F19) y contar con certificación ISO 9000 (F21). También nos dice que contribuye de forma negativa a la competitividad los factores: captación y selección de personal (F04), la existencia del departamento de calidad (F16), la preparación de estados financieros a tiempo (F08) y la forma de uso de la tecnología en la empresa (F22).

La explicación es que al tener una deficiente integración de los factores de competitividad el resultado es un nivel de competitivo global sin generar sinergias al momento de interrelacionar cada

uno de los factores. Una razón puede ser no hacer los cambios organizacionales adecuados, tal como Ahmedova (2015) en su investigación concluye que la competitividad sostenible de las pequeñas y medianas empresas (PYME) para el caso de la economía en Bulgaria se desarrolla con la integración sistemática de cinco factores claves: desarrollo de actividades de innovación con el registro de marcas o patentes, mejores prácticas en la gestión del conocimiento con enfoque estratégico y uso de las TIC, actividades de internacionalización, y el quinto factor clave es la capacidad de inversión y financiación. Los cambios organizacionales serán vitales para lograr sinergias favorables al integrar los factores claves.

6. Conclusiones.

El objetivo central de la investigación fue analizar los factores que influyen en la productividad sostenible de las PYMES. Tras la revisión en profundidad de la literatura especializada y el trabajo empírico, las principales aportaciones son:

1. Los resultados de la investigación muestran que las empresas de los sectores de mayor importancia industrial en Trujillo como son; calzado, textil y metal mecánica en un 70% y 89% respectivamente y las empresas de muebles y aserraderos con un 57% del total de su sector, responderían de manera favorable a las cinco fuerzas competitivas bajo el enfoque de M. Porter; sin embargo no se puede afirmar que sea sostenible por cuanto en el uso de las TIC es deficiente en su nivel cognitivo, la competencia internacional estará mejor preparada para optimizar su productividad y desplazar a la empresa Trujillana, es decir, no están preparadas para responder a la sexta fuerza competitiva que es la digitalización.
2. Entre el 20 al 67% de los gerentes y administradores de las PYMES del sector manufactura solo tiene formación secundaria completa: con ese nivel de Capital Intelectual es difícil superar con estrategias de formación de Cluster competitivos para superar la séptima fuerza competitiva que es la Globalización.
3. Son 10 los factores que están más asociados la productividad y, por lo tanto, a su competitividad: puestos de trabajo, gestión en la seguridad ocupacional, comercialización, gestión y certificación en calidad, comercialización, selección y capacitación del personal, información en los estados de explotación, alianzas estratégicas, planeamiento estratégico, uso de tecnología convencional en sus procesos productivos. El problema es la integración para lograr la productividad total de los factores en la cadena de valor y desarrollar una sinergia en sus resultados.
4. Las empresas del sector manufactura entre un porcentaje del 7% al 75% del total en los negocios de calzado, metal mecánica, textil, muebles y aserraderos, mantienen un tamaño empresarial de microempresa, tamaño que condiciona el desarrollo de cambios para competir en los nuevos escenarios globales. La pequeña y mediana empresa que en un promedio global representan el 57.5% del total mismo sector tendrán mayores posibilidades de adaptar sus modelos de negocios en el medio plazo para competir basándose en la innovación en sus procesos y productos con la implementación de TICs, condición necesaria mínima para integrar su cadena productiva con las empresas de mayor tamaño y así obtener la sostenibilidad de su productividad.

Es importante considerar que los factores externos del entorno tendrán una influencia significativa en la competitividad sostenible; el grado de globalización en economías emergentes como el Perú incrementa el riesgo de fracaso de las PYMES y que, con las mejoras en el tamaño empresarial, la productividad y la innovación se pueden enfrentar con mayor probabilidad de éxito a la competencia global (Sandberg, Sui & Baum, 2019). Adicionalmente a los factores analizados en la investigación también es vital analizar el impacto económico por el cambio climático, que son variables que corresponden a fenómenos meteorológicos extremos y que afectarán de manera significativa a la

productividad de las empresas que están situadas en el Departamento de La Libertad (Perú), con alta probabilidad de riesgo por el cambio climático (Sheng & Xu, 2019).

En los estudios del Banco Interamericano de Desarrollo (2018) analizan los factores que condicionan el estancamiento de la productividad en Latinoamérica y en la que destacan las siguientes: el problema de crecimiento de la pequeña y mediana empresa y la asignación subóptima de los recursos de la producción, la informalidad y el autoempleo, el poco desarrollo del sector exportador no tradicional y, finalmente, el limitado desarrollo de su mercado financiero.

Los resultados de la investigación son relevantes porque en el Perú, las PYMES formales emplean el 59.9% de la Población Económicamente Activa (PEA) ocupada en el año 2016 (9,708,369 empleos en el sector) y aportan a la Economía Nacional el 28.9% del valor agregado; otra problema clave en el sector manufactura es la tendencia de la tasa de supervivencia de las empresas del sector manufactura, desde el año 2008 al 2016, la tasa ha tenido una tendencia decreciente de 96.8% (2008) a 28% (2016), es decir, que en 8 años las PYMES no han podido mantenerse en el mercado (Ministerio de la Producción, 2017). Además, porque el Gobierno ha estimado necesario desarrollar políticas de estado en materia de competitividad y productividad en 9 pilares: infraestructura, capital humano, innovación, financiamiento, mercado laboral, ambiente de negocios, comercio exterior, institucionalidad y medio ambiente (Ministerio de Economía y Finanzas, 2018).

El aporte en conocimiento de la investigación permitirá a los gerentes y administradores, analizar sus ventajas competitivas y los factores que influyen en su productividad sostenible, que las tecnologías deben integrarse adecuadamente con el capital intelectual para lograr una sinergia positiva en los rendimientos. Comprender que la Economía Colaborativa (Cluster), es la estrategia para competir frente a la sexta fuerza competitiva como es la Globalización, es la alternativa para superar la tendencia decreciente de supervivencia de mantenerse en el mercado.

La investigación presenta, entre otras, las siguientes limitaciones: no haber realizado con algoritmos matemáticos el cruce de tamaño por sectores. La ecuación de regresión como predictor de los factores de competitividad de mayor influencia solo tiene una probabilidad de aceptación del 20%.

Referencias

- Ahmedova, S. (2015). Factors for Increasing the Competitiveness of Small and Medium-Sized Enterprises (SMEs) in Bulgaria. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 195(1), 1104-1112.
- Alvarez, I., Cilleruelo, E., & Zamanillo, I. (2016). Is Formality in Knowledge Management Practices Related to the Size of Organizations? The Basquet Case. *Wiley Periodicals*, 26(1), 126-144.
- Amir, A., Md Auzair, S., & Ameruddin, R. (2016). Cost management, entrepreneurship and competitiveness of strategic priorities for small and medium enterprises. *Procedia- Social and Behavioral Sciences*, 219(1), 84-90.
- Aragón, A., & Rubio, A. (2005). Factores asociados con el éxito competitivo de las pyme industriales en España. *Universia Business Review*, 1(8), 38-51.
- Aragón, A., & Sanchez-Martin, G. (2005). Strategic Orientation, Management Characteristics, and Performance: A Study of Spanish SMEs. *Journal of Small Business Management*, 43(3), 287-308.
- Arbussá, A., Bikfalvi, A., & Valls, J. (2004). La I+D en las PYMES: Intensidad y estrategia. *Universia Business Review*, 2(1), 40-49.

- Backman, M. (2012). Human capital in firms and regions: Impact on firm productivity. *Papers in Regional Science*, 93(3), 557-575.
- Banco Interamericano de Desarrollo (2018). *Creciendo con Productividad. Una agenda para la Región Andina*. Washington D.C: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Barone, C., & Werfhorst, H. (2011). Education, cognitive skills and earnings in comparative perspective. *International Sociology*, 26(4), 483-502.
- Belohlav, J. (1993). Calidad estratégica y competitividad. *California Management Review*, 35(1), 7-11.
- Benfratello, L., & Razzolini, T. (2008). Firms' heterogeneity and internationalisation choices: only productivity matters? Evidence on italian manufacturing firms. *Development Working Paper*, 1(236), 1-29.
- Blanco, V., De Quevedo, E., & Delgado, J. (2018). Human resource practices and organizational human capital in the family firm: The effect of generational stage. *Journal of Business Research*, 84(1), 337-348.
- Capó, J., Expósito, M., & Masiá, E. (2007). La importancia de los clusters para la competitividad de las PYME en una economía global. *Revista eure*, 33(98), 119-133,
- Chung, S., Linderman, K., & Schoroeder, R. (2014). A comparative case study of sustaining quality as a competitive advantage. *Journal of Operations Management*, 32(7), 429-445.
- Clarke, C. (1988). Using Finance for Competitive Advantage. *Pergamon Press plc*, 21(2), 63-69.
- Colin, M., Galindo, R., & Hernandez, O. (2015). Information and Communication Technology as a Key Strategy for Efficient Supply chain Management in Manufacturing SMEs. *Procedia Computer Science*, 55(1), 833-842.
- Durr, P., Braun, A., Westkamper, E., Bauernhansl, T., Haag, M., Heilala, J., & Grossmann, F. (2013). Improving Manufacturing SME's Competitiveness through Systematic IT Efficiency Evaluation and Advancement. *Procedia CIRP*, 12(1), 408-413.
- Ejdys, J. (. (2014). Future oriented strategy for SMEs. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 156(1), 8-12.
- Falk, M., & Figueira, F. (2019). Complementarity of R&D and productivity in SME export behavior. *Journal of Business Research*, 96(2), 157-168.
- Genc, E., Dayan, M., & Faruk, O. (2019). The impact of SME internationalization on innovation: The mediating role of market and entrepreneurial orientation. *Industrial Marketing Management*, 82, 253-264.
- Gomes, C., Kneipp, J., Kruglianskas, J., Barbieri da Rosa, L., & Bichueti, R. (2014). Management for sustainability: An analysis of the key practices. *Ecological Indicators*, 52(2), 116-127.
- Heredia, J.A., Geldes, C., Kunc, M.H., & Flores, A. (2019). New approach to the innovation process in emerging economies: The manufacturing sector case in Chile and Peru. *Technovation*, 79(2), 35-55.

- Hessels, J., & Parker, S.C. (2013). Constraints, internationalization and growth: A cross-country analysis of European SMEs. *Journal of World Business*, 48(1), 137-148.
- Hsu, C., Chang, A., & Luo, W. (2017). Identifying key performance factors for sustainability development of SMEs - integrating QFD and fuzzy MADM methods. *Journal of Cleaner Production*, 161(2), 629-645.
- Huang, J., Cai, X., Huang, S., Tian, S., & Lei, H. (2019). Technological factors and total factor productivity in China: Evidence based on a panel threshold model. *China Economic Review*, 54(2), 271-285.
- Ibrahim, R., Zakuan, N., Mohd, N., & Taherdoost, H. (2018). Understanding of business performance from the perspective of manufacturing strategies: fit manufacturing and overall equipment effectiveness. *Procedia Manufacturing*, 22(1), 998-1006.
- Ibujés, J. M., & Benavidez, M. (2017). Contribución de la tecnología a la productividad de las pymes de la industria textil en Ecuador. *Escuela Politécnica Nacional*, 41(115), 140-150.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (2014). *INEI*. Lima. Recuperado de http://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1139/libro.pdf
- Instituto Peruano de Economía (2018). *Índice de Competitividad Regional*. Lima: Instituto Peruano de Economía.
- Ismail, M., Domil, A., & Isa, A. (2013). Managerial Competence, Relationship Quality and Competitive Advantage among SME Exporters. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 115(1), 138-146.
- Lagacé, D., & Bourgault, M. (2003). Linking manufacturing improvement programs to the competitive priorities of Canadian SMEs. *Technovation*, 23(8), 705-715.
- Listerri, J., Angelelli, P., Painter, F., Chrisney, M., Nieder, F., Mico, A., & Wilson, S. (2002). *Guía Operativa para Programas de Competitividad para la Pequeña y Mediana Empresa*. Informe de trabajo. Washington: BID.
- Lofti, Z., Mukhtar, M., Sahran, S., & Zadeh, A. (2013). Information Sharing in Supply Chain Management. *Procedia Technology*, 11(1), 298-304.
- Lorenzo, J. R., Maza, M.T., & Abella, S. (2018). The competitive advantage in business, capabilities and strategy. What general performance factors are found in the Spanish wine industry? *Wine Economics and Policy*, 7(2), 1-2.
- Macdonald, S., Assimakopoulos, D., & Anderson, P. (2007). Education and Training for Innovation in SMEs. *International Small Business Journal*, 25(1), 77-95.
- Martin, F., Ciovica, L., & Cristescu, M. (2013). Implication of Human Capital in the Development of SMEs through the ICT Adoption. *Procedia Economics and Finance*, 6(1), 748-753.
- Ministerio de Economía y Finanzas (2018). *Política Nacional de Competitividad y Productividad*. Lima, Normas Legal, Diario Oficial el Peruano.

- Ministerio de la Producción (2017). *Las MIPYME en cifras 2016*. Lima: Oficina de Estudios Económicos del Ministerio de la Producción.
- Molina, M., & Hernández, U. (1999) Función financiera y estrategia competitiva de la empresa. *Investigaciones Europea*, 5(2), 55-68.
- Muda, S., & Abdul, M. (2016). Human Capital in SMEs Life Cycle Perspective. *Procedia Economics and Finance*, 35(2), 683-689.
- Nadler, L., & Nadler, Z. (1989). *Developing Human Resources*. Texas, Estados Unidos: Jossey-Bass.
- Nicholds, B. A., Mo, J.P., & O’Rielly, L. (2018). An integrated performance driven manufacturing management strategy based on overall system effectiveness. *Computers in Industry*, 97(2), 146-156.
- Onkelinx, J., Manolova, T., & Edelman, L. (2016). The human factor: Investments in employee human capital, productivity, and SME internationalization. *Journal of International Management*, 22(4), 351-364.
- Palomo, M.Á. (2005). Los procesos de gestión y la problemática de las PYMES. *Ingenierías*, 8(28), 25-31.
- Parnell, J. (2013). Uncertainty, Generic Strategy, Strategic Clarity, and Performance of Retail SMEs in Peru, Argentina, and the United States. *Journal of Small Business Management*, 51(2), 215-234.
- Pazos, D., & Penabad, M. (2007). La innovación como factor clave en la competitividad empresarial: un estudio empírico en PYMES. *Revista Galega de Economía*, 16(2), 2-52.
- Pérez, P., Arbelo, M., & Arbelo, A. (2018). Profit efficiency and its determinants in small and medium-sized enterprises in Spain. *BRQ Business Research Quarterly*, 21(4), 238-250.
- Piatkowski, M. (2012). Factors Strengthening the Competitive Position of SME Sector Enterprises. An Example for Poland. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 58(1), 269-278.
- Rodriguez, A. (2017). *Escenarios contextuales en la Región Latinoamérica*, Grupo Banco Mundial. 28 Encuentro Empresarial del Norte. Trujillo, Perú.
- Saavedra, M. (2012). Una propuesta para la determinación de la competitividad en la pyme latinoamericana. *Pensamiento & Gestión*, 1(33), 93-124.
- Sahoo, S., & Yadava, S. (2018). Total Quality Management in Indian Manufacturing SMEs. *Procedia Manufacturing*, 21(2), 541-548.
- Sandberg, S., Sui, S., & Baum, M. (2019). Effects of prior market experiences and firm-specific resources on developed economy SMEs' export exit from emerging markets: Complementary or compensatory? *Journal of Business Research*, 98(2), 489-502.
- Saunila, M., Nasiri, M., Ukko, J., & Rantala, T. (2019). Smart technologies and corporate sustainability: The mediation effect of corporate sustainability strategy. *Computers in Industry*, 108(1), 178-185.

- Sefer, S., Savrul, M., & Aydin, O. (2014). Structure of Small and Medium-Sized Enterprises in Turkey and Global Competitiveness Strategies. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 150, 212-221.
- Sheng, Y., & Xu, X. (2019). The productivity impact of climate change: Evidence from Australia's Millennium drought. *Economic Modelling*, 76(1), 182-191.
- Singha, V., Kumar, A., & Singh, T. (2018). Impact of TQM on organisational performance: The case of Indian manufacturing and service industry. *Operations Research Perspectives*, 5(1), 199-217.
- Sipa, M., Gorzen-Mitka, I., & Skibinski, A. (2015). Determinants of Competitiveness of Small Enterprises: Polish Perspective. *Procedia Economics and Finance*, 27(1), 445-453.
- Solleiro, J., & Castañón, R. (2005). Competitiveness and innovation systems: The Challenges for Mexico's insertion in the global context. *Technovation*, 25(1), 1059-1070.
- Soto, A.L.R. (2014). El financiamiento elemento clave para el desarrollo de las PyMEs rurales en la región de la sierra norte del estado de Oaxaca, México. *Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa*, 1(2), 1-29.
- Svarova, M., & Vrchota, J. (2014). Influence of Competitive Advantage on Formulation Business Strategy. *Procedia Economics and Finance*, 12(1), 687-694.
- Tarute, A., & Gatautis, R. (2014). ICT Impact on SMEs Performance. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 110(2), 1218-1225.
- Thompson, A., & Strickland, A. (1995). *Dirección y Administración Estratégicas*. Imprime Inmagrag S.L., 74-76.
- Tian, P., & Lin, B. (2019). Impact of financing constraints on firm's environmental performance: Evidence from China with survey data. *Journal of Cleaner Production*, 217(4), 432-439.
- Tsou, M.-W., & Yang, C.-H. (2019). Does gender structure affect firm productivity? Evidence from China. *China Economic Review*, 55(12), 19-36.
- World Economic Forum (2018). *The Global Competitiveness Report 2018*. Geneva World Economic Forum.
- Yeng, K., Osman, A., Salahuddin, S., Abdullah, S., Lim, Y., & Sim, C. (2016). Relative Advantage and Competitive Pressure towards Implementation of E-commerce: Overview of Small and Medium Enterprises (SMEs). *Procedia Economics and Finance*, 35(1), 434-443.
- Zafer, A., & Bora, M. (2014). The effects of process development and information technology on time-based supply chain performance. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 150(4), 744-753.



¿Ocurrió efecto contagio en los mercados de acciones de América Latina durante la crisis financiera global?

DE JESÚS GUTIÉRREZ, RAÚL

Facultad de Economía

Universidad Autónoma del Estado de México

Correo electrónico: rjg2005mx@yahoo.com.mx

RESUMEN

Este trabajo prueba la existencia de contagio financiero entre los mercados de acciones de la región de América Latina y el mercado de acciones de Estados Unidos basado en el análisis del comportamiento de las correlaciones en periodos de estabilidad y crisis. El estudio emplea un modelo GARCH de correlaciones condicionales dinámicas multivariado para estimar las correlaciones cambiantes en el tiempo, y utiliza la prueba estadística-t bajo un procedimiento bootstrap para analizar los posibles canales de efectos de contagio financiero en los mercados de acciones emergentes. Los resultados muestran que las correlaciones estimadas se incrementaron en el periodo de la turbulencia financiera, como consecuencia de la presencia de cambios estructurales fuertes. Asimismo, el estudio proporciona evidencia de que los mercados de acciones de Brasil, Chile, Colombia, México y Perú son fuertemente contagiados durante la crisis financiera global. Sin embargo, el mercado de acciones de Argentina muestra evidencia de interdependencia con respecto al mercado de acciones de Estados Unidos. Los hallazgos tienen importantes implicaciones para los inversionistas y diseñadores de la política económica que buscan apropiados mecanismos para evitar los efectos negativos del contagio financiero en los mercados de acciones emergentes.

Palabras clave: mercados de acciones emergentes, contagio financiero, crisis financiera global, modelos MGARCH-CCD.

Clasificación JEL: C5; C22; G14; G15.

MSC2010: 62F40; 62M10; 91B54; 91G70.

Did the contagion effect occur on the Latin America stock markets during the global financial crisis?

ABSTRACT

This paper tests the existence of financial contagion between US and Latin America stock markets based on the analysis of pattern of the correlation coefficients during crisis and stable periods. The study applies a dynamic conditional correlation multivariate GARCH model to estimate time-varying correlations and adopts the t-statistics test under a bootstrap procedure to examine the potential channels of financial contagion effects on emerging stock markets. The empirical results confirm that the estimated correlations has increased significantly in the period of financial turmoil as result of the presence of strong structural changes. Moreover, the study provides evidence that Brazil, Chile, Colombia Mexico and Peru stock markets are significantly affected by the contagion effects from the global financial crisis. However, Argentina stock market exhibits strong evidence of interdependence with the USA stock market. The findings have important implications for investors and policy makers, which seek preventive mechanisms to avoid negative effects of the financial contagion in emerging stock markets.

Keywords: emerging stock markets, contagion, global financial crisis, DCC-MGARCH models.

JEL classification: C5; C22; G14; G15.

MSC2010: 62F40; 62M10; 91B54; 91G70.



1. Introducción.

El nuevo milenio ha sido testigo de varias crisis económicas y financieras, que han provocado importantes desequilibrios y efectos devastadores en gobiernos, bancos centrales y mercados financieros de países desarrollados y emergentes. En este contexto, la crisis financiera global, iniciada con el estallido de la burbuja inmobiliaria y la quiebra del banco Lehman Brothers, ha sido considerada el peor desastre financiero desde la Gran Depresión de 1929. La magnitud de la crisis generó incertidumbre entre instituciones financieras e inversionistas y deterioró la imagen de las autoridades regulatorias financieras, lo que incrementó inmediatamente el nivel de la volatilidad en los mercados financieros de Estados Unidos, América Latina, Europa y Asia. En consecuencia, la capitalización de los mercados de acciones se desplomó en forma paralela por la falta de liquidez y el pánico financiero. La mayoría de las monedas de la región de América Latina se depreciaron frente al dólar estadounidense y al euro, lo que generó catastróficas pérdidas en los balances de las empresas debido a operaciones cambiarias y de coberturas de riesgos, particularmente en Brasil, Chile, México y Perú.

Asimismo, la restricción y el encarecimiento del crédito se agudizó en el sector bancario. Este hecho se vio reflejado en el desempeño de numerosas empresas, que requieren de financiación interna y externa para emprender nuevos proyectos de inversión y planificar oportunamente sus gastos e ingresos. De esta manera, los efectos negativos de la crisis y su rápida transmisión hacia otros sistemas financieros internacionales, originó un efecto de contagio a nivel global sin una justificación fundamental económica. En la literatura financiera reciente, la discusión sobre el fenómeno de contagio continúa llamando la atención de los académicos, inversionistas institucionales, diseñadores de la política económica y reguladores. Aunque no existe un consenso sobre una definición correcta en la literatura; sin embargo, los diferentes conceptos utilizados difieren con la naturaleza específica de los estudios.

En este tenor, diferentes técnicas cuantitativas han sido adoptadas para el análisis del fenómeno de contagio que van desde modelos de cointegración lineal y no-lineal, modelos de correlaciones dinámicas hasta aproximaciones de onda corta (*wavelets*) (Baur, 2003; Chiang, Jeon & Li, 2007; Corsetti, Pericoli & Sbracia, 2005; Gallegati, 2012). De acuerdo con Forbes y Rigobon (2002), el contagio se define como el incremento de las correlaciones entre mercados financieros en periodos de crisis o extrema volatilidad. En contraste, otros autores definen al contagio como la transmisión de choques internos y externos entre mercados. Este mecanismo de propagación es generado por importantes variaciones en indicadores macroeconómicos claves, así como por el comportamiento de los inversionistas en los mercados financieros emergentes durante periodos de crisis.

Sin embargo, la propagación de choques de un mercado a otro es difícil de explicar como consecuencia de la ardua tarea para encontrar excelentes indicadores que coadyuven en la evaluación del impacto de los fundamentos macroeconómicos. En consecuencia, una forma más sencilla de estudiar este fenómeno es a través del análisis de la evolución de las correlaciones entre dos mercados financieros durante periodos de estabilidad (pre-crisis) y turbulencia financiera (crisis). De acuerdo con el trabajo de Celik (2012), si dos mercados financieros se encuentran ligeramente correlacionados durante un periodo estable y la presencia de un choque en un mercado incrementa las correlaciones considerablemente, este hecho es evidencia de contagio entre mercados financieros. Por otra parte, cuando dos mercados financieros comúnmente están altamente correlacionados y después de un choque continúan con la misma tendencia, este fenómeno se conoce en la literatura como interdependencia, que se deriva de los estrechos vínculos reales entre dos economías.

El estudio de la naturaleza del contagio en episodios de alta volatilidad en los mercados financieros internacionales tiene importantes implicaciones en la economía global y en las finanzas. Particularmente en las áreas relacionadas con la diversificación internacional y eficiente asignación de capital, la formulación de la política monetaria, regulación financiera, política fiscal, valoración de activos financieros, integración de los mercados financieros, administración del riesgo y diseño de estrategias de cobertura. Por ello, el objetivo del trabajo es probar la existencia de contagio financiero entre seis mercados de acciones de América Latina y el mercado de acciones de Estados Unidos en el

periodo del 2 de enero de 2000 al 31 de diciembre de 2009. La pregunta que se pretende responder es la siguiente: ¿Los mercados de acciones de Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México, Perú evitaron el efecto devastador de la crisis financiera global?

El estudio contribuye a la literatura sobre contagio financiero en varios aspectos. En primer lugar, el trabajo estudia el tema del efecto contagio en un grupo de mercados de acciones de la región de América Latina: Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México y Perú. En este sentido, es importante destacar que el estudio utiliza los precios diarios de los índices de las bolsas de valores a diferencia de Arouri, Lahiani y Nguyen (2013), quienes usan datos mensuales de los índices de *Morgan Stanley Capital International* (MSCI, por sus siglas en inglés). El análisis también se extiende para incluir a los mercados de acciones de Colombia y Perú, países que no habían sido considerados en la literatura previa y reciente. En segundo lugar, el estudio aplica un modelo GARCH de correlaciones condicionales dinámicas multivariado (MGARCH-CCD) para analizar las relaciones de dependencia entre el mercado de acciones de Estados Unidos y los mercados de acciones de Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México y Perú en el contexto de la crisis financiera global. La estructura GARCH multivariada permite estimar las correlaciones condicionales dinámicas (CCD) fuera de la muestra en periodos de estabilidad y crisis financiera. El uso de las CCD fuera de la muestra es importante para el análisis de posibles canales de efectos de contagio financiero, puesto que captura el efecto del día de la semana y otros eventos. Un hecho bien documentado es que los inversionistas en los mercados de acciones reaccionan de forma instantánea a la llegada de nueva información, debido a que afecta las varianzas y el patrón de las CCD en diferentes niveles a diferencia de las CCD dentro de la muestra utilizadas por Arouri et al. (2013). Este hecho permitirá capturar el fenómeno de la heterocedasticidad condicional y evitar correlaciones sesgadas como resultado de las variaciones en los periodos de baja y alta volatilidad. En este marco, Forbes y Rigobon (2002) corrigen el sesgo de las correlaciones como una alternativa para medir el contagio financiero. Sin embargo, la evidencia empírica revela que el contagio pocas veces ocurre en los periodos de crisis financiera.

De esta manera, la naturaleza cambiante en el tiempo de las CCD similar al de un proceso no estacionario, proporciona más información para explicar el contagio financiero que las características de las fluctuaciones de las series financieras, que comúnmente son utilizadas en el análisis de cointegración y modelo de vectores de corrección de error. Aunque es importante mencionar que el modelo MGARCH-CCD no captura totalmente la no-linealidad y los diferentes niveles de asimetría observados en las series financieras como el método de cópulas. Aunque el análisis de la estructura de dependencia es aún estático, por lo que también requiere de la filtración de los rendimientos a través de modelos GARCH para explicar apropiadamente el fenómeno de contagio en el contexto de no-linealidad-condicional.

En términos de validación y confiabilidad, el estudio también contribuye a la existencia de contagio financiero, al adoptar el estadístico t bajo un procedimiento de replicación bootstrap de las CCD fuera de la muestra para determinar el valor- p de la prueba de la diferencia en las medias. La última contribución del estudio consiste en la exploración de la naturaleza cambiante en el tiempo de las relaciones entre la volatilidad condicional y las correlaciones condicionales a través de un análisis de regresión por cuantiles. Este análisis es importante porque si la tendencia de las correlaciones y volatilidad presentan el mismo comportamiento, propiciará que el impacto del riesgo sea más severo en el largo plazo que en el corto plazo, particularmente durante periodos de extrema volatilidad. De hecho, este análisis proporciona nueva evidencia robusta de que el contagio financiero se transmitió desde el mercado de acciones de Estados Unidos hacia los 6 mercados de acciones de América Latina durante la intensificación de la crisis financiera global.

2. Revisión de la literatura.

Una gran cantidad de autores han estudiado el efecto de contagio en diferentes contextos de crisis financieras y mercados financieros de diversos países. En un estudio sobre países emergentes, Mathur, Gleason y Singh (2002) proporcionan evidencia de efectos de contagio de la crisis del Peso Mexicano

de 1994, que fueron transmitidos de manera muy eficaz del mercado de acciones mexicano hacia el mercado de acciones chileno. Utilizando las correlaciones ajustadas por heterocedasticidad para diferentes países de Europa, Serwa y Bohl (2005) determinan inestabilidad en las relaciones de dependencia después de la crisis. Además, los mercados de acciones de Europa central y oriental no son más vulnerables al efecto de contagio de la crisis financiera asiática de 1997 que los mercados de acciones de Europa occidental. Rodríguez (2007) modela la relación de dependencia a través de cópulas dinámicas para 5 y 4 mercados de acciones de las regiones de Asia y América Latina. Los hallazgos revelan evidencia de contagio debido a que las correlaciones cambian durante los periodos de las crisis asiática de 1997 y mexicana de 1994. Asimismo, los estudios de Cho y Parhizgari (2008), Khan y Park (2009) sustentan la presencia de contagio en los mercados de acciones de Corea, Hong Kong, Taiwán y Singapur, y su efecto se extiende más tarde hacia Malasia, Tailandia, Indonesia y Filipinas.

Horta, Mendes y Vieira (2009) utilizan la teoría de cópulas para probar la existencia de contagio de la crisis inmobiliaria de EEUU hacia los mercados de acciones de Europa en el periodo 2005-2008. No obstante, los resultados confirman la presencia de efectos de contagio para los países de Canadá, Francia, Italia, Reino Unido, excepto Alemania. Naoui, Liouane y Brahim (2010) encuentran fuerte evidencia de contagio durante la crisis financiera global entre el mercado de acciones de EEUU y mercados de acciones desarrollados y emergentes, estimando un modelo GARCH multivariado de correlaciones condicionales dinámicas. De la misma manera, Syllignakis y Kouretas (2011) analizan la estructura de correlación de los rendimientos de 7 mercados de acciones de Europa central y oriental en el periodo 1997-2009. Los resultados revelan que los mercados de acciones emergentes están expuestos a choques externos con cambio de régimen en las correlaciones condicionales. Inci, Li y McCarthy (2011) aplican el análisis de correlación local para estudiar el contagio en índices de acciones desarrollados. Sus hallazgos confirman la presencia de contagio del S&P500 hacia el DAX de Alemania, FTSE 100 de Londres, Nikkei 225 de Japón y Hang Seng de Hong Kong en el periodo del 3 de enero de 1985 al 8 de noviembre de 2008.

Por su parte, Bouaziz, Selmi y Boujelbene (2012) adoptan un modelo GARCH con cambio de régimen de Markov, y demuestran la presencia del efecto contagio del índice S&P500 sobre los índices de acciones CAC 40 de Francia, DAX de Alemania, MIB de Italia y FTSE 100 de Reino Unido durante la crisis financiera global. En un estudio que utiliza aproximaciones de ondas corta para los países del bloque G7, Brasil y Hong Kong, Gallegati (2012) proporciona evidencia concluyente de que todos los mercados de acciones analizados han sido afectados por la crisis subprime de EEUU, particularmente Brasil y Japón. Horvath y Poldaufy (2012) estudian el fenómeno de contagio a través de los modelos GARCH VECH y BEKK, y encuentran evidencia de que la crisis financiera global representó un choque común para los mercados de acciones de Alemania, Australia, Brasil, Canadá, China, Hong Kong, Japón, Rusia, Sudáfrica, Reino Unido y EEUU debido a que las correlaciones se incrementaron ligeramente. Asimismo, Peng y Ng (2012) estudian la relación de dependencia entre 5 índices de acciones internacionales y sus correspondientes índices de volatilidad con una aproximación de cópula dinámica. Los hallazgos indican la existencia de contagio financiero y asimetría en el coeficiente de dependencia de la cola. Aunque algunas veces el contagio no puede ser detectado de manera clara por los movimientos de los índices de acciones, sino por la dependencia entre los índices de volatilidad.

Otro estudio más reciente que ha probado los efectos de contagio en los índices de acciones de China, Hong Kong y Taiwán con correlaciones dinámicas en periodos de estabilidad y durante la crisis financiera de Asia incluye a Wang y Nguyen (2013). En un estudio para los índices globales MSCI mensuales de 4 países de América Latina y el índice global de Estados Unidos, Arouri et al. (2013) encuentran fuerte evidencia de que los mercados de acciones de Argentina, Brasil, Chile y México no fueron contagiados durante la crisis mexicana de 1994, la crisis asiática de 1997-1998 y la crisis financiera global de 2008-2009. Otro trabajo que indaga los efectos de contagio de los mercados de acciones de los países PIIGS (países de la Unión Europea integrados por Portugal, Italia, Irlanda, Grecia y España con problemas de déficit y balanza de pagos.), EEUU, Japón y Reino Unido sobre los mercados de acciones de los países BRICS (asociación económica-comercial formada por las cinco economías emergentes más importantes del mundo entre ellos Brasil, Rusia, la India, China y Sudáfrica) incluye a Ahmad et al. (2013). Los resultados señalan que Brasil, China, la India, Rusia y Sudáfrica

fueron fuertemente afectados por el contagio de la crisis de la zona euro, mientras que los países de Indonesia y Corea del Sur sólo sufrieron interdependencia. Asimismo, Guesmi, Kaabia y Kazi (2013) revelan que las medias de las correlaciones condicionales dinámicas en el periodo estable presentan patrones diferentes a las del periodo de crisis, lo que implica la existencia de efecto contagio en los mercados de acciones de la OCDE, excepto para Alemania, Italia y Reino Unido. A través de un modelo de factor latente, Dungey y Gajurel (2014) proporcionan fuerte evidencia de efectos de contagio procedente de EEUU hacia mercados de acciones desarrollados y emergentes durante la crisis financiera global.

Utilizando modelos de cópulas con parámetros cambiantes en el tiempo, Abbara y Zevallos (2014) estudian el fenómeno de contagio e interdependencia entre los mercados de acciones de EEUU, América Latina (Argentina, Brasil, México), Asia (Japón y Singapur), Europa (Alemania y Reino Unido) en el periodo del 6 de septiembre al 19 de abril de 2013. Los resultados del análisis bivariado revelan evidencia de contagio entre los mercados de acciones en la crisis asiática-rusa y la crisis subprime-financiera global. En estudios más recientes, Hemche et al. (2016) analizan la hipótesis de contagio para 10 mercados de acciones desarrollados y emergentes con respecto al mercado de acciones de EEUU en el contexto de la crisis subprime a través de un modelo MGARCH-CCD. Los hallazgos empíricos confirman que la hipótesis de contagio es imposible rechazarla para Francia, Italia, Reino Unido y México al 1% y para Argentina al 10%, mientras que para los mercados de acciones de China, Japón, Egipto, Túnez y Marruecos existen vestigios de interdependencia. De la misma manera, Mollaha et al. (2016) encuentran evidencia de contagio en los mercados de acciones desarrollados y emergentes durante la crisis financiera global y la crisis europea, y demuestran que el contagio se propaga de EEUU hacia los mercados de acciones internacionales durante ambos eventos de crisis (en este estudio se utilizaron los índices globales MSCI en dólares estadounidenses de 55 mercados de acciones). Por su parte, Boubaker et al. (2016) proporcionan evidencia de efecto contagio entre el mercado de acciones de EEUU y mercados de acciones desarrollados y emergentes a través de un análisis en los periodos antes y posteriormente a la crisis financiera global, pero utilizando técnicas de cointegración y pruebas de causalidad de Granger.

3. Datos y Metodología econométrica.

3.1. Descripción de los datos.

Para el estudio de efecto contagio durante la crisis financiera global se utilizan los datos de los precios diarios de cierre del 2 de enero de 2000 al 31 de diciembre de 2009, para los mercados de acciones de 6 países de América Latina y el mercado de acciones de EEUU. El conjunto de datos incluye el Índice de la Bolsa de Valores de Sao Paulo de Brasil (Bovespa), Índice del Mercado de Valores de Buenos Aires (Merval), Índice de Precios Selectivos de Acciones de Chile (IPSA), Índice General de la Bolsa de Valores de Colombia (IGBC), Índice de Precios y Cotizaciones de la Bolsa Mexicana de Valores (IPC), Índice General de la Bolsa de Valores de Lima (IGBVL), Índice S&P500 de Estados Unidos. La fuente de la información es la base de datos de Bloomberg.

Para la estandarización de las series de los precios, el estudio utiliza el método de interpolación de Lagrange para estimar los datos no disponibles cuando los mercados permanecen cerrados debido a los días festivos u otros eventos especiales. De acuerdo con el horario del meridiano de Greenwich, el sistema de negociación de los diferentes mercados de acciones se encuentra ligeramente no sincronizado: 14:30-21:00 (Nueva York), 14:00-20:00 (Argentina), 14:00-21:00 (Brasil), 13:30-21:00 (Chile), 14:30-21:00 (Colombia), 14:30-21:00 (México) y 14:00-21:00 (Perú). Por ello, la serie financiera del S&P 500 es desfasada un periodo para relajar los problemas de la diferencia de horarios entre el mercado de acciones de Estados Unidos y los 6 mercados de acciones de América Latina. De esta manera, el estudio no considera el uso de la media móvil sobre los rendimientos de dos días para evitar los serios problemas de autocorrelación documentados por Chiang et al. (2007). Para el propósito de estimación, la muestra total se divide en dos muestras que corresponden a los periodos del 2 de enero de 2000 al 30 de

diciembre de 2005 para la estimación de los parámetros del modelo MGARCH-CCD y 2 de enero de 2006 al 31 de marzo de 2009 para las correlaciones fuera de la muestra.

3.2. Especificación del modelo econométrico.

La literatura ha proporcionado evidencia de que la dinámica de las correlaciones de los rendimientos financieros no es constante a través del tiempo, esto es, su tendencia desciende en mercados alcista e incrementa en mercados bajista (Ang & Bekaert, 1999; Longin & Solnik, 2001). Asimismo, las correlaciones se incrementan con el grado de integración de los mercados de acciones internacionales (Longin & Solnik, 1995). Este trabajo emplea el modelo GARCH de correlación condicional dinámico multivariado (MGARCH-CCD) propuesto por Engle (2002), y estima las correlaciones condicionales dinámicas (CCD) entre los mercados de acciones de América Latina y Estados Unidos.

Con respecto a otras alternativas, el modelo MGARCH-CCD tiene la principal ventaja de que permite capturar posibles cambios de régimen en las CCD a través del tiempo, esto es, respuesta de reacción a las malas noticias, innovaciones y crisis financieras. Además, el modelo relaja la carga computacional relacionada con la debilidad de la dimensión cuando el número de variables se incrementan durante la implementación numérica; incluso permite variables explicativas adicionales en la ecuación de la media para explicar el efecto de un factor global. Otra ventaja es que el uso de los residuos estandarizados para la estimación de las CCD resuelve el problema de la heterocedasticidad. De esta manera, el efecto ocasionado por los choques en la volatilidad es mitigado por el procedimiento de estimación del mismo modelo.

El proceso de estimación de las CCD a través del modelo MGARCH-CCD se desarrolla en dos etapas. De esta manera, las ecuaciones de la media condicional para los mercados de acciones son definidas como:

$$r_{i,t} = \phi_0 + \phi_1 r_{i,t-1} + \phi_2 r_{i,t-1}^{EE.UU.} + \varepsilon_t, \quad \varepsilon_{i,t} | \Omega_{t-1} \rightarrow N(0, H_t) \quad (1)$$

donde $r_{i,t} = (r_{1,t}^{Argentina}, r_{2,t}^{Brasil}, r_{3,t}^{Chile}, r_{4,t}^{Colombia}, r_{5,t}^{Perú}, r_{6,t}^{EE.UU.})'$ es el vector de rendimientos de los mercados de acciones internacionales en el tiempo t . La autocorrelación es corregida a través de un modelo AR(1), es decir, $r_{i,t-1}$. Los rendimientos desfasados un periodo para el mercado de acciones de EE.UU., $r_{i,t-1}^{EE.UU.}$ son utilizados para capturar el factor global y las diferencias de horarios de operación en los respectivos mercados. Este último sólo afecta a la media condicional de los mercados de acciones emergentes porque coadyuva a confirmar su impacto sobre los mercados de acciones de América Latina. H_t es la matriz de varianzas-covarianzas condicionales, $\varepsilon_{i,t} = (\varepsilon_{1,t}^{Argentina}, \varepsilon_{2,t}^{Brasil}, \varepsilon_{3,t}^{Chile}, \varepsilon_{4,t}^{Colombia}, \varepsilon_{5,t}^{México}, \varepsilon_{6,t}^{EE.UU.})'$ es el vector del término de error estocástico o ruido blanco. El ajuste de las ecuaciones de la media bajo los modelos ARMA(2,2) y AR(2) fueron también considerados en el análisis, pero la estimación por máxima verosimilitud fue más estable a través del modelo AR (1).

En la primera fase se lleva a cabo la estimación de los parámetros de los modelos GARCH estándar, seguido inmediatamente de las CCD en la segunda fase.

$$H_t = D_t R_t D_t \quad (2)$$

donde R_t representa la matriz simétrica de correlaciones dinámicas de dimensión 6×6 , $D_t = \text{diag}(\sqrt{h_{1,t}}, \sqrt{h_{2,t}}, \sqrt{h_{3,t}}, \sqrt{h_{4,t}}, \sqrt{h_{5,t}}, \sqrt{h_{6,t}})$ es la matriz diagonal de las desviaciones estándar

condicionales, que se deriva de la estimación de los modelos GARCH estándar para los rendimientos accionarios con $\sqrt{h_{i,t}}$ para $i = 1, 2, 3, 4, 5, 6$.

$$h_{i,t} = \omega_i + \sum_{q=1}^{q_i} \alpha_{iq} \varepsilon_{i,t-q}^2 + \sum_{p=1}^{p_i} \beta_{ip} h_{i,t-p} \quad (3)$$

donde ω_i es una constante, α_i y β_i son los coeficientes ARCH y GARCH, respectivamente.

La matriz de correlaciones condicionales se obtiene de los residuos estandarizados, que son obtenidos de la estimación GARCH. De esta manera, la matriz R_t se puede descomponer en:

$$R_t = Q_t^{*-1} Q_t Q_t^{*-1} \quad (4)$$

$$Q_t^{*-1} = \text{diag} \left(\frac{1}{\sqrt{q_{11,t}}}, \frac{1}{\sqrt{q_{22,t}}}, \frac{1}{\sqrt{q_{33,t}}}, \frac{1}{\sqrt{q_{44,t}}}, \frac{1}{\sqrt{q_{55,t}}}, \frac{1}{\sqrt{q_{66,t}}} \right) \quad (5)$$

donde $Q_t = |q_{ij,t}|$ es una matriz simétrica positiva definida de dimensión 6×6 de los residuos estandarizados, $\xi_{i,t} = \frac{\varepsilon_{i,t}}{\sqrt{h_{i,t}}}$, que se puede expresar como:

$$Q_t = (1 - \theta_1 - \theta_2) \bar{Q} + \theta_1 \xi_{i,t-1} \xi'_{i,t-1} + \theta_2 Q_{t-1} \quad (6)$$

$\bar{Q} = E[\xi_{i,t} \xi'_{i,t}]$ es la matriz de correlaciones no condicionadas de los residuos estandarizados, $\xi_{i,t}$. θ_1 y θ_2 son parámetros escalares que recogen los efectos de choques previos y las CCD desfasadas sobre las actuales, por lo que deben ser positivos y $\theta_1 + \theta_2 < 1$.

Las CCD en el tiempo t se pueden expresar de la siguiente manera:

$$\rho_{ij,t} = \frac{q_{ij,t}}{\sqrt{q_{ii,t} q_{jj,t}}} = \frac{(1 - \theta_1 - \theta_2) q_{ij} + \theta_1 \xi_{i,t-1} \xi'_{i,t-1} + \theta_2 q_{ij,t-1}}{\left[(1 - \theta_1 - \theta_2) q_{ii} + \theta_1 \xi_{i,t-1} \xi'_{i,t-1} + \theta_2 q_{ii,t-1} \right]^{1/2} \left[(1 - \theta_1 - \theta_2) q_{jj} + \theta_1 \xi_{j,t-1} \xi'_{j,t-1} + \theta_2 q_{jj,t-1} \right]^{1/2}} \quad (7)$$

donde q_{ij} es el elemento de la i -ésima fila y j -ésima columna de la matriz Q_t .

Finalmente, el proceso de estimación de los parámetros y correlaciones condicionales del modelo MGARCH-CCD se lleva cabo mediante el método de cuasi-máxima verosimilitud. Por lo que, bajo el supuesto de normalidad para las innovaciones de los rendimientos accionarios, la función logarítmica de verosimilitud conjunta se puede expresar de la siguiente manera:

$$L(\theta) = -\frac{1}{2} \sum_{t=1}^T \left[4 \log(2\pi) + \log |D_t|^2 + \varepsilon_t' D_t^{-1} \varepsilon_t \right] + \left(\log |R_t| + \xi_t' R_t^{-1} \xi_t - \xi_t' \xi_t \right) \quad (8)$$

donde T es el número de observaciones y θ representa el vector de parámetros a estimar.

3.3. Prueba estadística de contagio o interdependencia.

En esta sección se describe la prueba estadística t que permite probar la hipótesis nula de la ausencia de contagio financiero en los mercados de acciones de Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México y Perú durante la crisis financiera global. Sin embargo, la presencia de heterocedasticidad en la volatilidad de mercado puede ocasionar distorsiones en los coeficientes de las correlaciones y proporcionar resultados sesgados para la comprobación del efecto contagio (Forbes & Rigobon, 2002). Por lo que el objetivo del análisis es comparar las CCD fuera de la muestra en los periodos de estabilidad y crisis financiera a fin de capturar la heterocedasticidad y mejorar la evidencia de contagio o simple interdependencia.

Este estudio utiliza la prueba t para probar la consistencia de las correlaciones fuera de la muestra en los periodos de estabilidad y crisis financiera y, de esta manera, identificar la presencia de simple interdependencia o efecto contagio. Para ello es necesario contrastar las siguientes hipótesis nula y alternativa:

$$H_0 : \mu_{\rho}^{\text{crisis}} = \mu_{\rho}^{\text{estable}}, \quad H_a = \mu_{\rho}^{\text{crisis}} \neq \mu_{\rho}^{\text{estable}} \quad (9)$$

donde $\mu_{\rho}^{\text{crisis}}$ y $\mu_{\rho}^{\text{estable}}$ representan las medias poblacionales de las CCD fuera de la muestra durante los periodos de crisis y relativa estabilidad, respectivamente. Asumiendo que el tamaño de las muestras para los diferentes periodos de análisis está definido por n^{crisis} y n^{estable} , las varianzas poblacionales σ_{crisis}^2 y $\sigma_{\text{estable}}^2$ son diferentes y desconocidas.

Ahora si definimos a las medias de las CCD estimadas fuera de la muestra por el modelo MGARCH-DCC como $\bar{\rho}_{ij}^{\text{crisis}}$ y $\bar{\rho}_{ij}^{\text{estable}}$ con varianzas s_{crisis}^2 y s_{estable}^2 , y bajo la hipótesis nula de simple interdependencia por la ausencia de cambios estructurales en las CCD durante el periodo de crisis o inestabilidad financiera.

El estadístico t se puede expresar de la siguiente manera:

$$t = \frac{(\bar{\rho}_{ij}^{\text{crisis}} - \bar{\rho}_{ij}^{\text{estable}}) - (\mu_{\rho}^{\text{crisis}} - \mu_{\rho}^{\text{estable}})}{\sqrt{\frac{s_{\text{crisis}}^2}{n^{\text{crisis}}} + \frac{s_{\text{estable}}^2}{n^{\text{estable}}}}} \quad (10)$$

Y las varianzas se pueden expresar a través de las siguientes ecuaciones:

$$s_{\text{crisis}}^2 = \frac{1}{n^{\text{crisis}}} \sum_{i=1}^{n^{\text{crisis}}} (\rho_{ij}^{\text{crisis}} - \bar{\rho}_{ij}^{\text{crisis}})^2 \quad \text{y} \quad s_{\text{estable}}^2 = \frac{1}{n^{\text{estable}}} \sum_{i=1}^{n^{\text{estable}}} (\rho_{ij}^{\text{estable}} - \bar{\rho}_{ij}^{\text{estable}})^2$$

El estadístico t sigue una distribución t -student bajo la hipótesis nula con ν grados de libertad, que se pueden determinar de la siguiente manera:

$$\nu = \frac{\left(\frac{s_{\text{crisis}}^2}{n^{\text{crisis}}} + \frac{s_{\text{estable}}^2}{n^{\text{estable}}} \right)^2}{\left(\frac{s_{\text{crisis}}^2}{n^{\text{crisis}}} \right)^2 / \frac{n^{\text{crisis}}}{n^{\text{crisis}} - 1} + \left(\frac{s_{\text{estable}}^2}{n^{\text{estable}}} \right)^2 / \frac{n^{\text{estable}}}{n^{\text{estable}} - 1}} \quad (11)$$

Para obtener resultados robustos del efecto contagio entre los mercados de acciones, el estudio lleva a cabo un análisis bootstrap estacionario para estimar el valor de la probabilidad del estadístico t (para una explicación técnica más detallada del método bootstrap, véase Politis & Romano (1994)).

Este procedimiento consiste en la generación de muestras bootstrap $(\rho_{b,1}^*, \dots, \rho_{b,n}^*)$ con $b = 1, \dots, B$ para las correlaciones fuera de la muestra de los periodos de estabilidad y crisis. Para encontrar la distribución del estadístico bajo la hipótesis nula, el estadístico $t_{b,n}^*$ es calculado para cada una de las muestras bootstrap y es comparado con el estadístico t . El valor de B debe ser muy grande para obtener resultados confiables y que no afecten a las muestras actuales.

De esta manera, el valor de la probabilidad bootstrap está definido por

$$\text{valor-}p = B^{-1} \sum_{b=1}^B 1_{\{t_{b,n}^* > t\}} \quad (12)$$

Para el nivel de significación α , la hipótesis nula de simple interdependencia se rechaza cuando el valor- p bootstrap es menor a α . Para determinar la significancia estadística se generan 10,000 muestras bootstrap a partir de las muestras originales de las CCD estimadas de los diferentes periodos de estabilidad y crisis financiera.

4. Evidencia empírica.

4.1. Análisis de las estadísticas básicas.

El estudio de los efectos de la crisis financiera global sobre los 6 mercados de acciones de América Latina, se lleva a cabo primero con el análisis de las estadísticas descriptivas antes y durante la crisis. Para ello, las series de los índices son transformados a rendimientos continuos a través de la diferencia entre el logaritmo del precio de cierre actual y el anterior, es decir, $R_t = \log P_t - \log P_{t-1}$.

En la Tabla 1 se puede observar que la media es positiva para los rendimientos de los 6 mercados de acciones de América Latina y negativa para Estados Unidos en ambos periodos de análisis. Asimismo, la media de los rendimientos tiende a incrementarse en el periodo 2006-2009, excepto para los mercados de acciones de Argentina y Colombia. La desviación estándar presenta valores altos en ambos periodos de análisis, incluso se pueden observar importantes cambios en el periodo 2006-2009, lo que es una evidencia de volatilidad incondicional más pronunciada e inestable para los mercados de acciones, excepto para Argentina. Esto obedece a que en este periodo ocurrieron la crisis subprime y la crisis financiera global. Los resultados del coeficiente sesgo son mixtos en ambos periodos, esto es, positivo para el periodo 2000-2005 y negativo para el periodo 2006-2009 en los mercados de acciones de Argentina, Colombia y Estados Unidos, mientras que lo contrario ocurre para México.

Asimismo, los resultados muestran evidencia de que los rendimientos presentan exceso de curtosis, en particular para el periodo 2006-2009. El supuesto de normalidad es rechazado a un nivel de 5% para todos los mercados de acciones de acuerdo con la prueba Jarque-Bera. Además, los resultados de la prueba estadística de Ljung-Box, $Q^2(20)$ indican la presencia de heterocedasticidad en los rendimientos de los mercados de acciones en ambos periodos. Este fenómeno común de las series financieras se observa mejor en la Figura 1.

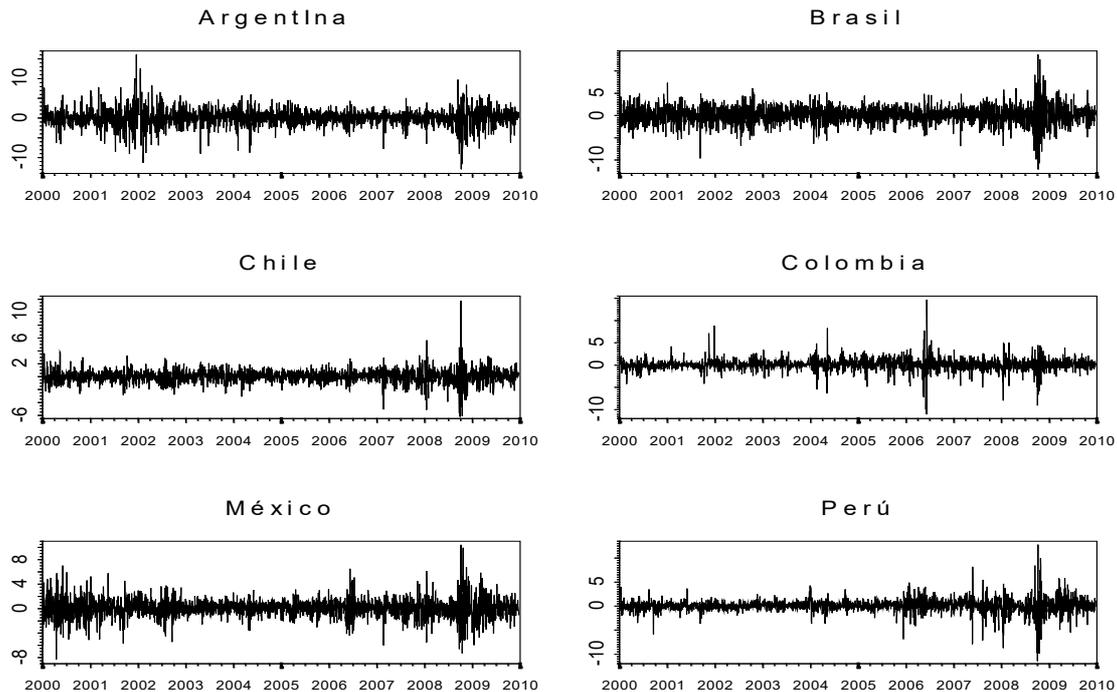
Tabla 1. Estadísticas básicas de los rendimientos de los mercados de acciones.

Mercado	Media	Máximo	Mínimo	Desv. Est.	Sesgo	Curtosis	J-B	Q ² (20)
Panel A. Periodo 2000-2005								
Argentina	0.0707	16.1245	-11.2956	2.3520	0.2446	7.4612	1084(0)	300(0)
Brasil	0.0327	7.3363	-9.6295	1.8771	-0.2557	4.0413	72(0)	100(0)
Chile	0.0359	3.8192	-3.0915	0.8871	0.1186	4.0776	66(0)	238(0)
Colombia	0.1038	8.8951	-6.3738	1.0841	0.6201	12.8808	5346(0)	135(0)
México	0.0463	7.0265	-8.2674	1.4238	-0.0699	6.2332	564(0)	273(0)
Perú	0.0552	4.2878	-5.8872	0.8386	-0.1045	7.7890	1238(0)	173(0)
Estados Unidos	-0.0149	5.3578	-6.0057	1.2372	0.1766	4.8130	184(0)	553(0)
Panel A. Periodo 2006-2009								
Argentina	0.0414	9.7543	-12.9541	1.9136	-0.8467	8.6164	1856(0)	1217(0)
Brasil	0.0758	13.6845	-12.1883	2.0538	-0.0463	8.7175	1764(0)	1843(0)
Chile	0.0537	11.7825	-6.2154	1.1514	0.2218	14.7456	7453(0)	648(0)
Colombia	0.0759	14.6945	-11.0521	1.6044	-0.4562	14.9713	7778(0)	1144(0)
México	0.0703	10.4486	-7.2667	1.5816	0.1583	7.6869	1187(0)	1017(0)
Perú	0.1028	12.8245	-11.4461	1.8514	-0.3578	10.2983	2821(0)	4249(0)
Estados Unidos	-0.0064	10.9617	-9.4752	1.4842	-0.2012	13.6922	6172(0)	2164(0)

Nota: La tabla reporta las estadísticas básicas de los rendimientos de los mercados de acciones. Los valores entre paréntesis indican las probabilidades de las pruebas de Jarque-Bera y Autocorrelación.

Fuente: Elaboración propia con información de la base de datos de Bloomberg.

Figura 1. Dinámica de los rendimientos de los mercados de acciones de América Latina.



Fuente: Elaboración propia con datos de Bloomberg.

4.2. Análisis de cointegración.

El objetivo de esta sección es indagar en las relaciones de cointegración entre los mercados de acciones de Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México y Perú con el mercado de acciones de EEUU en los periodos de relativa calma (2000-2005) y crisis (2006-2012), utilizando la aproximación de cointegración de Johansen (1988). Antes de llevar a cabo el análisis de la relación de equilibrio de largo plazo, primero se determina el orden de integración de todas las variables a través de las pruebas de raíz unitaria de Dickey-Fuller aumentada (DFA) y Phillips-Perron (PP).

Los resultados de las pruebas de raíz unitaria de DFA y PP son mostrados en la Tabla 2. Para los niveles, el valor del estadístico de las pruebas indica que las series son integradas de orden 1, es decir, $I(1)$, lo que implica que todos los índices de los mercados de acciones analizados son no estacionarios en ambos periodos de tranquilidad y crisis. Sin embargo, la presencia de raíces unitarias es rechazada en las primeras diferencias de los índices de los mercados de acciones a un nivel de significancia de 1%, esto es, las series de los rendimientos son estacionarias. En consecuencia, la confirmación de raíces unitarias apoya la presencia de relaciones de cointegración entre el mercado de acciones de EEUU y los 6 mercados de acciones de América Latina considerados.

Tabla 2. Resultados de las pruebas de raíz unitaria.

	Argentina	Brasil	Chile	Colombia	México	Perú	EEUU
Panel A: Prueba de Raíz Unitaria (2000-2004)							
Niveles							
Dicker-Fuller	-1.5425	-1.0986	-1.5179	-1.5837	-1.4981	-2.4681	-1.0845
Phillips-Perron	0.1772	-0.5053	-0.0478	-0.0166	-0.1877	-1.7180	-1.7421
Primeras Diferencias							
Dicker-Fuller	-14.7356*	-15.1373*	-13.9591*	-13.5204*	-13.8127*	-13.3221*	-15.5722*
Phillips-Perron	-31.4201*	-34.4206*	-32.4118*	-28.9607*	-29.1632*	-28.2872*	-36.3561*
Panel B: Prueba de Raíz Unitaria (2005-2009)							
Niveles							
Dicker-Fuller	-1.6173	-1.7223	-1.6439	-2.0471	-1.1125	-2.3833	-1.5262
Phillips-Perron	-1.5026	-1.2154	-1.5350	-1.3135	-1.6326	-2.5392	-1.2077
Primeras Diferencias							
Dicker-Fuller	-15.4234*	-15.8835*	-14.7824*	-14.8652*	-13.4988*	-15.9051*	-15.7213*
Phillips-Perron	-31.9756*	-36.5137*	-34.5164*	-30.7347*	-29.7973*	-29.8334*	-41.0598*

Nota: El término * denota significancia a un nivel de 5%.

Fuente: Elaboración propia con información de la base de datos de Bloomberg.

Asimismo, en la Tabla 3 se reportan los resultados de la prueba de cointegración entre el mercado de acciones de EEUU y cada uno de los mercados de acciones de América Latina analizados. Para evitar estimaciones sesgadas y la presencia de autocorrelación en los residuos, el número de retardos óptimo en la estructura VAR fue determinado de acuerdo al criterio de Hanna-Quinn (HQC). Otras alternativas fueron consideradas para la selección del orden de retardos. Sin embargo, en el análisis se decidió utilizar el HQC sobre los criterios de información de Akaike (AIC) y Schwarz (BIC), debido al hecho de que la tendencia del AIC tiende a sobreestimar el número de retardos y reduce el poder de la prueba. Por su parte, la tendencia del BIC suele subestimar el orden de retardos como consecuencia de la posible pérdida de información importante en la estimación. En términos de confiabilidad, estudios con simulaciones han demostrado que el desempeño del HQC es superior en muestras grandes en comparación a otros criterios (Liev, 2004). Para el periodo de relativa calma, el número de retardos óptimo seleccionado por el HQC equivale a 1 para todos los mercados de acciones. Para el periodo de crisis, el orden de retardos es igual a 3 para todos los mercados de acciones, excepto para Colombia y Perú que equivale a 2 retardos.

De acuerdo con los resultados de las pruebas de la traza y máximo valor propio, la evidencia empírica muestra la existencia de al menos dos vectores de cointegración entre el mercado de acciones de EEUU y los 6 mercados de acciones emergentes de América Latina en los niveles de significación de 1% y 5% en ambos periodos de calma y crisis. Los hallazgos obtenidos son consistentes con la evidencia de Boubaker et al. (2016), puesto que la presencia del mismo número de relaciones de cointegración en los dos periodos analizados, indica la existencia de fuertes vínculos entre el mercado de EEUU y los mercados de acciones de Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México y Perú. Basado en teorías no relacionadas con crisis, esto significa que los mecanismos de transmisión durante crisis no son significativamente diferentes de los canales de transmisión que ocurren antes de un choque. Por lo que las relaciones de mercado cruzado permanecen sin cambio después de un evento extremo (Forbes

& Rigobon, 2001). Este hallazgo confirma que el contagio financiero se propagó a los 6 mercados de acciones de la región de América Latina en la medida que la crisis subprime se fue agudizando.

Tabla 3. Resultados de la prueba de cointegración de Johansen.

Mercados	Valores Propios		Estadístico de la Traza		Estadístico del Máximo	
	2000-2004	2005-2009	2000-2004	2005-2009	2000-2004	2005-2009
Argentina						
r=0	0.3620	0.2405	1085*	584*	580*	355*
r=1	0.3236	0.1627	504*	229*	504*	229*
Brasil						
r=0	0.3647	0.2417	1081*	665*	585*	357*
r=1	0.3188	0.2126	495*	308*	495*	308*
Chile						
r=0	0.3688	0.2193	1015*	565*	594*	319*
r=1	0.2787	0.1735	421*	245*	421*	245*
Colombia						
r=0	0.3642	0.2743	968*	708*	584*	414*
r=1	0.2576	0.2039	384*	294*	384*	294*
México						
r=0	0.3622	0.2293	1098*	645*	580*	335*
r=1	0.3303	0.2132	517*	309*	517*	309*
Perú						
r=0	0.3629	0.2790	955*	789*	582*	422*
r=1	0.2511	0.2474	373*	367*	373*	367*

Nota: los valores críticos se tomaron de Osterwald-Lenum (1992). El término * indica que la hipótesis nula es rechazada a un nivel de significancia de 5%.

Fuente: Elaboración propia con información de la base de datos de Bloomberg.

4.3. Estimación de los parámetros.

En la Tabla 4 se muestran los resultados dentro de la muestra del modelo MGARCH-CCD entre el mercado de acciones de EEUU y los mercados de acciones de América Latina para el periodo 2000-2006, así como las pruebas de diagnóstico. El término constante de la ecuación de la media condicional, ϕ_0 es estadísticamente significativo en los niveles de 1% y 5% para todos los índices bursátiles. El coeficiente del modelo autorregresivo de primer orden, ϕ_1 es positivo y significativo en los niveles convencionales para los mercados de acciones de América Latina, excepto Brasil. En el caso de EEUU, el coeficiente es negativo y significativo al nivel de 1%. Los hallazgos indican la presencia de un efecto de retroalimentación en el mercado de acciones de EEUU, mientras que en los mercados de acciones de América Latina existe fuerte evidencia de persistencia en los rendimientos financieros por las fricciones de precios o ajustes parciales. Los rendimientos de EEUU tienen un efecto desfasado positivo significativo sobre los rendimientos de acciones de Chile, Colombia, México y Perú, lo que confirma el papel dominante del mercado de acciones desarrollado como factor de perturbación internacional sobre los mercados de acciones de la región de América Latina. Estos hallazgos se encuentran en línea con los resultados del grueso de la literatura sobre integración financiera con el mercado de EEUU.

De acuerdo con la estimación de la ecuación de la varianza, los resultados revelan que los coeficientes de los términos ARCH y GARCH son altamente significativos y con valores positivos para todos los índices de acciones, lo que justifica lo apropiado de la especificación GARCH (1,1) y confirma que la dinámica de la volatilidad cambia con el tiempo. Además, los valores de los coeficientes GARCH son más grandes que los coeficientes ARCH, lo que indica que los mercados de acciones de América Latina pueden ajustarse por sí mismos a las condiciones de mercado. Esto significa que los choques exógenos tienen un impacto más pequeño en la volatilidad condicional que el alcanzado por el ajuste automático (para una explicación más detallada, véase Huang et al. (2000)). Otro hallazgo importante

es que la suma de los coeficientes ARCH y GARCH es menor a 1. Este resultado señala la presencia de un alto grado de persistencia en la volatilidad de los rendimientos de los 7 mercados de acciones, lo que conlleva a satisfacer la condición de convergencia y varianza positiva en el proceso GARCH.

Tabla 4. Resultados del modelo MGARCH-CCD para el periodo 2000-2006.

	Ecuación de la media condicional			Ecuación de la varianza condicional			$\alpha + \beta$	$Q(p)$	$Q^2(p)$
	ϕ_0	ϕ_1	ϕ_2	ω	α	β			
Estados Unidos	0.0360** (0.0164)		-0.0529* (0.0193)	0.0090* (0.0036)	0.0653* (0.0080)	0.9287* (0.0085)	0.9940	19.2302 [0.2252]	12.8027 [0.6352]
Argentina	0.1058** (0.0442)	0.0658** (0.2646)	-0.0013 (0.0445)	0.0734* (0.0234)	0.0813* (0.0112)	0.9048* (0.0124)	0.9861	27.0453 [0.1024]	16.6575 [0.4213]
Brasil	0.1169* (0.0414)	0.0217 (0.0254)	0.0043 (0.0454)	0.1030** (0.0412)	0.0532* (0.0119)	0.9147* (0.0216)	0.9679	22.9743 [0.1203]	13.7831 [0.3443]
Chile	0.0578* (0.0182)	0.2008* (0.0247)	0.0364** (0.0185)	0.0302* (0.0087)	0.0931* (0.0161)	0.8619* (0.0238)	0.9550	28.3212 [0.1612]	11.6312 [0.2983]
Colombia	0.0714* (0.0186)	0.2241* (0.0209)	0.0609* (0.0142)	0.1481* (0.0236)	0.2141* (0.0230)	0.6979* (0.0313)	0.9120	25.1235 [0.1376]	18.8630 [0.2564]
México	0.1098* (0.0268)	0.0733* (0.0251)	0.0532*** (0.0311)	0.0182* (0.0059)	0.0481* (0.0087)	0.9400* (0.0105)	0.9881	20.2365 [0.1387]	9.2314 [0.3235]
Perú	0.0633* (0.0184)	0.1934* (0.0274)	0.0940* (0.0159)	0.0805* (0.0186)	0.1931* (0.0304)	0.7090* (0.0181)	0.9021	27.2134 [0.0923]	22.2153 [0.1956]
Ecuación de las correlaciones condicionales dinámicas multivariadas									
θ_1	0.0233* (0.0099)								
θ_2	0.7198* (0.0197)								

Fuente: Elaboración propia con información de la base de datos de Bloomberg.

Los últimos dos renglones muestran las estimaciones de los parámetros θ_1 y θ_2 de las CCD de la ecuación (7). Ambos parámetros estimados son estadísticamente significativos al 1%, lo que implica co-movimientos cambiantes en el tiempo entre los mercados de acciones de América Latina y el mercado de acciones de EEUU. Además, la magnitud del parámetro θ_2 confirma que las CCD muestran un alto grado de persistencia. Finalmente, los términos $Q(20)$ y $Q^2(20)$ representan los estadísticos de las pruebas de Ljung-Box para los residuales estandarizados simples y cuadrados. Los resultados indican que no existe evidencia significativa de correlación serial y heterocedasticidad en los residuales estandarizados simples y cuadrados hasta términos de orden 20. Estos resultados confirman que la especificación del modelo MGARCH-CCD es apropiada para capturar las características comunes de los rendimientos de los mercados de acciones, en particular de las economías emergentes.

4.4. Dinámica de las correlaciones condicionales dinámicas.

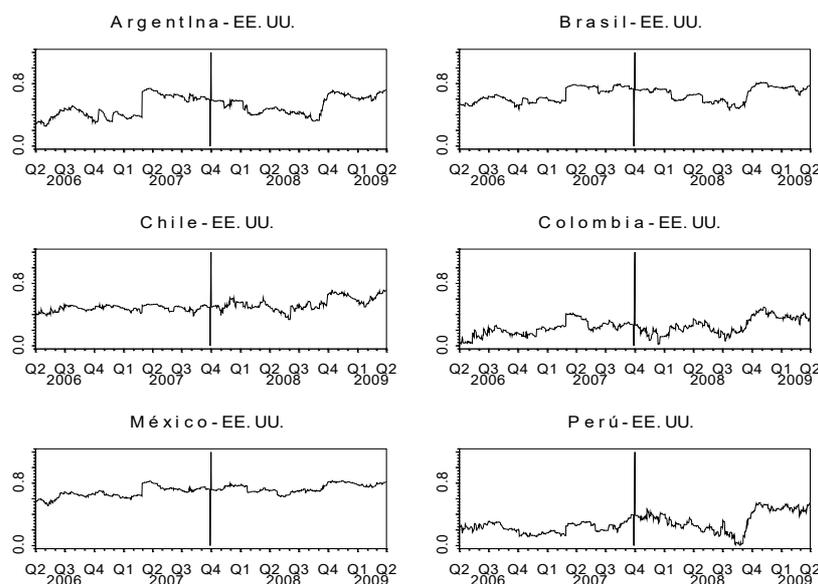
En esta sección se analiza la evolución de las CCD fuera de la muestra entre el mercado de acciones de EEUU y los 6 mercados de acciones de América Latina durante el periodo 2006-2009. El tamaño de la muestra total equivale a 776 observaciones, que se divide en dos submuestras.

La Figura 2 describe el comportamiento dinámico de los coeficientes de correlación entre el mercado de acciones de EEUU y los 6 mercados de acciones de América Latina en dos periodos. El primero corresponde al periodo estable que comprende del 3 de abril 2006 al 29 de septiembre de 2007 y el segundo al periodo de crisis financiera del 1 de octubre de 2007 al 31 de marzo de 2009. Los periodos de estabilidad y crisis fueron seleccionados de acuerdo a los eventos que agudizaron la crisis subprime y crisis financiera global. Algunas fechas claves son el mes de junio de 2007 cuando los primeros productos estructurados con hipotecas subprime o basura comienzan a derrumbarse en el banco Bear Stearns, lo que generó escasez de crédito y desconfianza en bancos como Merrill Lynch,

JPMorgan Chase, Citigroup y Goldman Sachs el 17 de septiembre del mismo año. Estos problemas propiciaron el inicio de la crisis financiera con la absorción del banco Bear Stearns, y que se agravó con la caída de Lehman Brothers y la compra de Merrill Lynch por parte de Bank of America el 17 de septiembre de 2008.

La Figura 2 revela que los 6 mercados de acciones de América Latina presentan un alto grado de correlación con respecto al mercado de EEUU, excepto para los países de Colombia y Chile. En el análisis de la estructura de las CCD se puede observar un comportamiento similar al de un proceso no estacionario para cada par de series a través del tiempo; es decir, regímenes de volatilidad baja y alta para las CCD, ocasionado por el alto grado de persistencia. De ahí, la importancia de tomar en cuenta el factor global alimentado por el efecto de los rendimientos del mercado de acciones de EEUU hacia los rendimientos de los mercados de acciones emergentes. La tendencia de las CCD se mantiene oscilando ligeramente durante el periodo del 3 de abril de 2006 al 27 de febrero de 2007, en particular para los mercados de acciones de Chile y Brasil. Sin embargo, las CCD comienzan a experimentar alta volatilidad a partir del 28 de febrero del mismo año, al incrementarse 99.76% para Perú, 89.38% para Argentina y 61.94% para Colombia. Este incremento en las CCD aunque breve, particularmente se deriva después del anuncio de banco HSBC, uno de los principales participantes en el sector inmobiliario de EEUU, de que mayores pérdidas se esperaban en las carteras de deuda hipotecaria.

Figura 2. Comportamiento de las correlaciones condicionales dinámicas en 2006-2009.



Fuente: Elaboración propia con información de la base de datos de Bloomberg.

Sin embargo, esta tendencia alcista fue interrumpida rápidamente cuando las CCD experimentaron una caída dramática y prolongada durante el periodo del 17 de abril de 2007 y 4 de septiembre de 2008, en particular Perú, Colombia, Argentina y Brasil cuando su grado de correlación disminuyó de 0.3006 a 0.0326, 0.3494 a 0.1741, 0.6977 a 0.3273 y 0.7805 a 0.5202, respectivamente. Otro importante hallazgo es que durante este mismo periodo los mercados de acciones de México y Chile se han mantenido altamente correlacionados, a pesar de que sus correlaciones disminuyeron ligeramente de 0.7748 a 0.7002 y 0.5291 a 0.4795 en el mismo orden. No obstante, el efecto contagio es más visible durante la agravación de la crisis financiera global que durante la crisis subprime. Esto obedece a que el efecto en las CCD fue más drástico y prolongado, que inicia el 24 de septiembre de 2008 y termina hasta el 31 de marzo de 2009, lo que reduce la inversión de portafolio con instrumentos financieros tanto de los mercados de EEUU como de los mercados de acciones emergentes debido a que se reducen los beneficios de la diversificación. De esta manera, los hallazgos indican que las CCD cambian a través del tiempo, pero con diferente magnitud en cada mercado de acciones. Más

específicamente, las CCD son más altas para los mercados de acciones de Argentina, Brasil, Chile y México, pero menos volátiles que en los mercados de acciones de Colombia y Perú.

4.5. Resultados de la prueba de contagio.

En esta sección se prueba la existencia de contagio financiero a través del estadístico t . Esta prueba estadística rechaza o acepta la hipótesis nula de que los coeficientes de las CCD no presentan un comportamiento diferente en periodos de estabilidad y crisis financieras. En este estudio se replican las CCD para ambos periodos de estabilidad y crisis usando 10,000 repeticiones bootstrap estacionarias para determinar el valor- p bootstrap.

En la Tabla 5 se muestran el promedio y varianza de las correlaciones estimadas fuera de la muestra, el estadístico t promedio de las 10,000 réplicas bootstrap y el valor- p de la prueba de efecto contagio financiero entre los 6 mercados de acciones de América Latina y el mercado de EEUU. Los resultados muestran que las CCD son significativamente positivas y evidentemente más altas durante el periodo de crisis en comparación a las del periodo estable. De acuerdo con el incremento en términos porcentuales, los mercados de acciones de Perú, Colombia, Chile y México parecen ser los más influenciados por los efectos de contagio de la crisis financiera global, al registrar cambios del 45.41%, 22.72%, 13.26% y 9.72% respectivamente. Este hallazgo es alimentado por el incremento de la varianza en el periodo de crisis, aunque en el caso de México la varianza no se mueve en la misma dirección del coeficiente de correlación promedio. Este hecho puede ser justificado por la fuerte relación económica y comercial sostenida entre ambos países desde 1994.

Tabla 5. Coeficientes de correlaciones dinámicas y prueba de contagio financiero.

Mercado	Correlación				Estadístico- t $H_0 : \mu_p^{crisis} = \mu_p^{estable}$	Valor- p
	Media		Varianza			
	Estable	Crisis	Estable	Crisis		
Argentina	0.4913*	0.5307*	0.0195	0.0119	4.3697	0.5177
Brasil	0.6481*	0.6700*	0.0082	0.0083	8.3574*	0.0231
Chile	0.4797*	0.5433*	0.0013	0.0066	14.0704*	0.0341
Colombia	0.2174*	0.2668*	0.0080	0.0115	6.9586*	0.0185
México	0.6747*	0.7403*	0.0045	0.0026	14.7405*	0.0289
Perú	0.2277*	0.3311*	0.0039	0.0194	13.3443*	0.0142

Fuente: Elaboración propia con información de la base de datos de Bloomberg.

Los resultados del estadístico t comprueban si las CCD entre cualquier mercado de acciones de América Latina y el mercado de EEUU son consistentes en periodos de crisis y estabilidad. Cuando las CCD son significativas y la hipótesis nula es rechazada por el valor- p bootstrap, el cual debe ser menor al nivel de significación de 5%; este hecho evidencia la existencia de contagio financiero. Sin embargo, cuando las CCD son significativas y la hipótesis nula no es rechazada por el alto valor- p bootstrap alcanzado, implica la existencia de una relación de interdependencia. En este sentido, los resultados del valor- p bootstrap revelan que las CCD estimadas fuera de la muestra presentan un comportamiento significativamente diferente en los periodos de estabilidad y crisis financiera, lo que implica fuerte evidencia de la existencia de contagio financiero de la crisis financiera global sobre la mayoría de los mercados de acciones. Por lo que la dependencia de los mercados de acciones de América Latina tiende a incrementarse durante los periodos de turbulencia financiera y, como consecuencia, los coeficientes de correlación son más grandes con respecto al valor promedio.

Por otra parte, los hallazgos son relevantes para los reguladores porque les proporciona información para crear sólidos mecanismos que permitan controlar el tipo de cambio ante la posibilidad de fugas de capital de los mercados de acciones de América Latina hacia otros mercados de acciones del mundo, principalmente durante periodos de crisis financieras o turbulencia financiera. Asimismo, estos resultados contradicen los hallazgos empíricos del trabajo de Arouri et al. (2013), quienes no

apoyan estadísticamente la evidencia de contagio financiero entre el mercado de acciones de EEUU y los mercados de acciones de Argentina, Brasil, Chile y México. Aunque el efecto de contagio financiero para Argentina desaparece durante la crisis financiera global, este hallazgo significa la fuerte presencia del fenómeno de interdependencia, y que los inversionistas institucionales y administradores de portafolios pudieron haber obtenido beneficios de la diversificación internacional debido a la inclusión de títulos de capital de estos mercados de acciones en sus portafolios de inversión.

4.6. Relación entre la volatilidad condicional y correlaciones condicionales.

En esta sección se lleva a cabo un análisis del impacto de la volatilidad condicional para explicar las características cambiantes en el tiempo de las correlaciones condicionales estimadas fuera de la muestra en periodos de crisis y estabilidad. En este tema, la literatura ha proporcionado evidencia de que la estructura de dependencia de los mercados de acciones internacionales tiende a comportarse más inestable cuando el grado de riesgo es más alto (Connoly, Strivers & Sun, 2007; Aydemir, 2008; Ca, Yeutien & Li, 2009).

Para ello, el análisis de la regresión por cuantiles es utilizado, aunque este ejercicio se puede realizar con una simple regresión lineal. El modelo de regresión por mínimos cuadrados es una técnica efectiva porque la variable dependiente es definida como una función lineal de una o varias variables independientes, que está sujeta a un término de error aleatorio y su estimador depende de la relación promedio entre la variable dependiente y las variables independientes para ciertos niveles específicos. Sin embargo, la técnica comienza a perder efectividad cuando se intenta ir más allá del valor medio o hacia las observaciones extremas a fin de estudiar las relaciones a través de las colas inferior y superior de la distribución. De acuerdo con el trabajo de Koenker y Bassett (1978), la regresión por cuantiles estima la función cuantil condicional de la variable dependiente con base en las variables independientes para diferentes cuantiles de la distribución de la variable dependiente.

En términos generales, el modelo de regresión por cuantiles para las correlaciones entre los mercados de acciones se puede expresar de la siguiente manera:

$$Q_{\rho_i}(\tau|\Omega_t) = \alpha(\tau) + \beta(\tau)h_{i,t}^{1/2} + \gamma(\tau)h_{j,t}^{1/2} \quad (13)$$

donde ρ_i es la variable dependiente que corresponde a las correlaciones entre los mercados de acciones de EEUU y América Latina, es decir, $\rho_{ij,t}$ tal que i =Estados Unidos y j =Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México y Perú, Ω_t es el conjunto de información disponible en el tiempo t , $h_{i,t}^{1/2}$ representa la volatilidad condicional del mercado de acciones de EEUU y $h_{j,t}^{1/2}$ la volatilidad condicional para cada uno de los mercados de acciones de la región de América Latina. Por su parte, $\alpha(\tau)$, $\beta(\tau)$ y $\gamma(\tau)$ son los parámetros a estimar en los diferentes cuantiles de la distribución. Para un análisis más profundo de los estimadores $\beta(\tau)$ y $\gamma(\tau)$, valores positivos y significativos indican que los coeficientes de correlación condicional sufren incrementos con la dinámica de la volatilidad de los mercados de acciones de EEUU y los países emergentes latinoamericanos, mientras que los coeficientes negativos y significativos provocan un efecto negativo en las correlaciones condicionales.

Para un cuantil fijo τ , el vector de parámetros $[\alpha(\tau), \beta(\tau), \gamma(\tau)]$ se puede estimar al minimizar la suma ponderada de los errores absolutos de la siguiente manera:

$$[\alpha(\tau), \beta(\tau), \gamma(\tau)] = \arg \min_{\alpha(\tau), \beta(\tau), \gamma(\tau)} E[\phi_\tau(\rho_i - \alpha(\tau) - \beta(\tau)h_{i,t} - \gamma(\tau)h_{t,j})] \quad (14)$$

donde $\phi_\tau(z)$ es definida como la función de pérdidas, que establece diferentes pesos sobre los residuos positivos y negativos. Los métodos de programación lineal son aplicados para obtener soluciones óptimas del problema de minimización. En el caso de soluciones interiores bajo algunas condiciones de regularidad, el cuantil con base en el estimador del vector de parámetros $[\alpha(\tau), \beta(\tau), \gamma(\tau)]$ es asintóticamente normal. Sin embargo, la estimación directa de la matriz de varianza-covarianza asintótica no siempre cumple ciertas características satisfactorias. En consecuencia, el método bootstrap es sugerido en la literatura para la inferencia estadística de los parámetros de la regresión por cuantiles.

En la Tabla 6 se reportan los resultados de la regresión por cuantiles para cada una de las variables explicativas. Para obtener un análisis robusto se utilizaron 13 cuantiles: 0.01, 0.05, 0.10, 0.25, 0.40, 0.50, 0.60, 0.75, 0.90, 0.95, 0.975, 0.99, 0.999, así como 5000 replicaciones bootstrap para cada una de las estimaciones. La mayoría de los parámetros $\alpha(\tau)$ son positivos y significativos excepto en el mercado de acciones de Perú para el cuantil 0.01. En el caso de los parámetros $\beta(\tau)$ y $\gamma(\tau)$ se pueden observar resultados mixtos, por ejemplo, para los mercados de acciones de Chile, Colombia y Perú existe evidencia de un efecto significativo de la volatilidad del mercado de acciones de EEUU en el incremento de las correlaciones condicionales durante el periodo de análisis en todos los cuantiles, asociados con coeficientes R^2 relativamente altos entre 0.1165 y 0.5554. En tanto que el efecto de la volatilidad de los mercados de América Latina es significativamente positivo para las correlaciones condicionales entre EEUU y Chile para los cuantiles del 0.05 al 0.75 y 0.99 al 0.999 y mixto para los casos de Colombia y Perú, aunque débil debido al hecho de que el parámetro estimado carece de significancia en 5 de los 13 cuantiles.

Para el caso de Argentina, las correlaciones condicionales se incrementan significativamente con la volatilidad del mercado de acciones de EEUU en los cuantiles del 0.01 al 0.60 y disminuyen en los cuantiles del 0.90 al 0.999 con un poder explicativo de regresión entre 0.1655-0.2538 y 0.0569-0.0763, respectivamente. Asimismo, la relación entre las correlaciones condicionales y la volatilidad del mercado de acciones de Argentina se mantiene significativamente positiva para cuantiles entre 0.75-0.999, aunque con coeficientes R^2 relativamente pequeños, es decir, entre 0.0569 y 0.0763. Para Brasil, las correlaciones condicionales exhiben una relación positiva significativa con la volatilidad del mercado de acciones de EEUU para los cuantiles entre 0.10-0.75 y una relación negativa significativa para los cuantiles entre 0.90-0.975 con coeficientes R^2 que oscilan entre 0.0839 y 0.2322. Mientras que la relación entre las correlaciones condicionales y volatilidad del mercado de acciones de Brasil es significativamente positiva, excepto en los cuantiles del 0.40 al 0.75.

En el caso de México, los resultados revelan una relación positiva y significativa con la volatilidad del mercado de acciones de EEUU para cuantiles menores o iguales a 0.90 con un poder explicativo de regresión entre 0.2108 y 0.3361, mientras que en los cuantiles mayores o iguales a 0.95 el efecto es no significativo. En contraste, las correlaciones condicionales tienden a disminuir significativamente con la volatilidad del mercado de acciones de México para los cuantiles 0.40 y 0.50, seguido por una relación positiva en los cuantiles del 0.75 al 0.975. De acuerdo con la magnitud y significancia de los parámetros $\beta(\tau)$ y $\gamma(\tau)$, la intensidad de la volatilidad del mercado de acciones de EEUU tiene mayor impacto positivo en la dinámica de las correlaciones condicionales que el efecto de la volatilidad de los mercados de acciones emergentes con la excepción de Argentina y Brasil, particularmente cuando la volatilidad del mercado de acciones desarrollado se encuentra por arriba del promedio. Estos hallazgos proporcionan fuerte evidencia de que el contagio financiero fue transmitido del mercado de acciones de EEUU hacia los mercados de acciones de América Latina durante la crisis financiera global.

Tabla 6. Estimación de la regresión por cuantiles.

τ	0.01	0.05	0.10	0.25	0.40	0.50	0.60	0.75	0.90	0.95	0.975	0.99	0.999
Estados Unidos	Argentina												
$\alpha(\tau)$	0.2269	0.2564	0.2597	0.3291	0.3549	0.3893	0.4332	0.5320	0.5912	0.5958	0.6300	0.6350	0.6298
$\beta(\tau)$	0.1139	0.1070	0.0869	0.0843	0.0797	0.0675	0.0752	0.0001*	-0.0402	-0.0517	-0.0355	-0.0367	-0.0375
$\gamma(\tau)$	-0.0299*	-0.0216*	0.0040*	-0.0061*	-0.0037*	0.0018*	-0.0119*	0.0384	0.0721	0.0887	0.0717	0.0728	0.0729
R^2	0.2538	0.2119	0.2408	0.2438	0.2395	0.2269	0.1655	0.0981	0.0712	0.0675	0.0569	0.0763	0.0712
	Brasil												
$\alpha(\tau)$	0.3303	0.4004	0.4589	0.5053	0.5585	0.5843	0.6003	0.6907	0.7376	0.7476	0.7495	0.7588	0.7616
$\beta(\tau)$	-0.0545	-0.0096*	0.0432	0.0500	0.0611	0.0591	0.0575	0.0176	-0.0118	-0.0137	-0.0154	-0.0104*	-0.0082*
$\gamma(\tau)$	0.1171	0.0731	0.0249	0.0124	-0.0044*	-0.0069*	-0.0078*	0.0068*	0.0234	0.0234	0.0256	0.0194	0.0207
R^2	0.0782	0.1020	0.1655	0.2056	0.2322	0.2313	0.1752	0.1081	0.0839	0.1278	0.1571	0.1538	0.1521
	Chile												
$\alpha(\tau)$	0.2875	0.3548	0.3689	0.402	0.4276	0.4363	0.4467	0.4571	0.4754	0.4766	0.4641	0.4654	0.4622
$\beta(\tau)$	0.0739	0.0527	0.0564	0.0532	0.0471	0.0449	0.0427	0.0429	0.0793	0.0874	0.0804	0.0817	0.0784
$\gamma(\tau)$	0.0081*	0.0206	0.0149	0.0101	0.0134	0.0164	0.0175	0.0244	-0.0109*	-0.0117*	0.0216*	0.0227	0.0359
R^2	0.1847	0.2328	0.2735	0.2852	0.3219	0.3478	0.3784	0.4585	0.5554	0.5496	0.5373	0.5519	0.5474
	Colombia												
$\alpha(\tau)$	-0.0523	-0.0151	0.0217	0.1062	0.1409	0.1751	0.1974	0.2242	0.2725	0.3332	0.3505	0.3791	0.3976
$\beta(\tau)$	0.0865	0.0926	0.0877	0.078	0.0732	0.0709	0.0684	0.0649	0.0605	0.0208	0.0215	0.0257	0.0277
$\gamma(\tau)$	0.0129	0.0035*	0.0019*	-0.0072	-0.0093	-0.0129	-0.0158	-0.017	-0.0198	0.0223*	0.0182	0.0031*	-0.0055*
R^2	0.1165	0.2382	0.1981	0.2421	0.2682	0.2922	0.3285	0.3669	0.2556	0.1866	0.2243	0.2632	0.2751
	México												
$\alpha(\tau)$	0.4967	0.5433	0.5774	0.6195	0.6397	0.6533	0.6679	0.6716	0.7132	0.7467	0.7723	0.8043	0.8133
$\beta(\tau)$	0.0655	0.0628	0.0542	0.0481	0.0512	0.0497	0.0431	0.0218	0.0068	-0.0059*	-0.0070*	-0.0048*	-0.0070*
$\gamma(\tau)$	0.0026*	-0.0048*	-0.0016*	-0.0015*	-0.0093	-0.0114	-0.0071*	0.0254	0.0301	0.0362	0.0287	0.0138*	0.0142*
R^2	0.2767	0.2759	0.2824	0.3267	0.336	0.3201	0.3078	0.2969	0.2108	0.1143	0.0803	0.0503	0.0583
	Perú												
$\alpha(\tau)$	0.0609*	0.0621	0.0725	0.1137	0.1453	0.1643	0.1953	0.2202	0.2475	0.2881	0.2896	0.2828	0.2569
$\beta(\tau)$	0.1313	0.0963	0.0837	0.0834	0.0896	0.0952	0.0995	0.1112	0.1174	0.1048	0.1097	0.1128	0.0982
$\gamma(\tau)$	-0.1135	-0.0258*	0.0071	0.0054	-0.0021*	-0.0076	-0.0144	-0.0207	-0.0128*	-0.0069*	-0.0077	-0.0005*	0.0516
R^2	0.0851	0.0578	0.1628	0.2866	0.3307	0.3454	0.371	0.4229	0.4208	0.4062	0.3931	0.3671	0.3119

Nota: El término * indica no significancia al nivel de 5%.

Fuente: Elaboración propia con información de la base de datos de Bloomberg.

5. Conclusiones.

Este trabajo analiza el comportamiento de las correlaciones condicionales dinámicas en diferentes periodos de estabilidad y crisis financiera para probar la existencia de efecto contagio entre el mercado de acciones de EEUU y los mercados de acciones de Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México y Perú. Los resultados revelan que las correlaciones condicionales dinámicas tienden a incrementarse notablemente en el periodo de crisis, pero con diferente magnitud para cada mercado de acciones. Este hallazgo proporciona nueva evidencia de que los mercados de acciones de Brasil, Chile, Colombia, México y Perú fueron más vulnerables al contagio financiero como consecuencia del comportamiento de los inversionistas institucionales en periodos de alta volatilidad. Por lo que la presencia de contagio financiero en la región ha limitado las oportunidades de la diversificación internacional y la obtención de rendimientos superiores para los inversionistas institucionales en el corto plazo. Esto se atribuye a la mayor presencia de riesgo sistemático en los portafolios formados por activos financieros de estos mercados de acciones durante la crisis financiera global. Aunque la evidencia de interdependencia aún existe en la región entre los mercados de acciones de EEUU y Argentina. Los inversionistas deben considerar las condiciones y características de los mercados bursátiles al momento de invertir en títulos de capital.

Los hallazgos del estudio tienen importantes implicaciones económicas y financieras para las autoridades gubernamentales, inversionistas y administradores de riesgos. En este sentido, los diseñadores de la política monetaria deben aprovechar la información generada para instrumentar apropiados mecanismos que garanticen la liquidez en los mercados de acciones emergentes y que

coadyuven a inmunizar el impacto de los choques externos en sistemas financieros frágiles. Los inversionistas contarán con mejor conocimiento del riesgo sistémico y beneficios de la diversificación para la eficiente asignación de capital en mercados altamente volátiles. Los hallazgos proporcionan información relevante a los administradores de riesgo para el diseño de óptimas estrategias de cobertura que contribuyan a reducir los efectos negativos del contagio financiero en las inversiones de portafolio. Finalmente, el análisis deja abierta una agenda de trabajo para capturar los diferentes niveles de asimetría en el modelo MGARCH-CCD y mejorar la evidencia del contagio financiero.

Referencias

- Abbara, O., & Zevallos, M. (2014). Assessing stock market dependence and contagion. *Quantitative Finance*, 14 (9), 1627-1647.
- Ahmad, W., Sehgal, S., & Bhanumurthy, N.R. (2013). Eurozone crisis and BRIICKS stock markets: Contagion or market interdependence? *Economic Modelling*, 33, 209-225.
- Ang, A., & Bekaert, G. (1999). *International asset allocation with time-varying correlations*. NBER Working Paper No. 7056.
- Arouri, M. E., Lahiani, A., & Nguyen, D. (2013). Equity market comovements and financial contagion: a study Latin America y United States. *Bankers, Markets & Investors*, 125 (September-October), 17-29.
- Aydemir, A.C. (2008). Risk sharing and counter-cyclical variation in market correlations. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 32(10), 3084-3112.
- Baur, D.G. (2003). *What is co-movement?* EUR Working Paper No. 20759 EN.
- Bouaziz, M.C., Selmi, N., & Boujelbene, Y. (2012). Contagion effect of the Subprime financial crisis: Evidence of DCC multivariate GARCH models. *European Journal of Economics, Finance and Administrative Sciences*, 44(1), 66-76.
- Boubaker, S., Jouinic, J., & Lahianid, A. (2016). Financial contagion between the US and selected developedand emerging countries: The case of the subprime crisis. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 61(August), 14-28.
- Cai, Y., Yeutien, R., & Li, D. (2009). Explaining international stock correlations with CPI fluctuations and market volatility. *Journal of Banking and Finance*, 33(11), 2026-2035.
- Celik, S. (2012). The more contagion effect on emerging markets: The evidence of DCC-GARCH model. *Economic Modelling*, 29(5), 1946-1959.
- Chiang, T.C., Jeon, B.N., & Li, H. (2007). Dynamic correlation analysis of financial contagion: Evidence from Asian markets. *Journal of International Money and Finance*, 26(7) 1206-1228.
- Cho, J.H., & Parhizgari, A.M. (2008). East Asian financial contagion under DCC-GARCH. *The International Journal of Banking and Finance*, 6(1), 17-30.
- Connolly, R.A., Strivers, C., & Sun, L. (2007). Commonality in the time-variation of stock-stock and stock-bond return comovements. *Journal of Financial Markets*, 10(2), 192-218.
- Corsetti, G., Pericoli, M., & Sbracia, M. (2005). Some contagion, some Interdependence: More pitfalls in tests of financial contagion. *Journal of International Money and Finance*, 24(8), 1177-1199.

- Dungey, M., & Gajurel, D. (2014). Equity market contagion during the global financial crisis: Evidence from the world's eighth largest economies. *Economic Systems*, 38(2), 161-177.
- Engle, R.F. (2002). Dynamic conditional correlation: a simple class of multivariate generalized autoregressive conditional heteroskedasticity models. *Journal of Business and Economics Statistics*, 20(3), 339-350.
- Forbes, K., & Rigobon, R. (2001). Contagion in Latin America: Definitions, measurement, and policy implications. *Economia*, 1(2), 1-46.
- Forbes, K., & Rigobon, R. (2002). No contagion, only interdependence: measuring stock market comovement. *Journal of Finance*, 57(5), 2223-2262.
- Gallegati, M. (2012). A wavelet-based approach to test for financial market contagion. *Computational Statistics & Data Analysis*, 56(11), 3491-3497.
- Guesmi, K., Kaabia, O., & Kazi, I. (2013). Does shift contagion exist between OECD stock markets during the financial crisis? *The Journal of Applied Business Research*, 29(2), 469-484.
- Hemche, O., Jawadi, F., Maliki, S.B., & Cheffou, A.I. (2016). On the study of contagion in the context of the subprime crisis: A dynamic conditional correlation-multivariate GARCH approach. *Economic Modelling*, 29 (January), 252-259.
- Horta, P., Mendes, C., & Vieira, I. (2009). Contagion effects of the subprime crisis in the European NYSE Euronext markets. *Portuguese Economic Journal*, 9(2), 115-140.
- Horvath, R., & Poldaufy, P. (2012). International stock market comovements: What happened during the financial crisis? *Global Economy Journal*, 12(1), 1-19.
- Huang, B.N., Yang, C.W., & Hu, J.W. (2000). Causality and cointegration of stock markets among the United States, Japan and the South China growth triangle. *International Review of Financial Analysis*, 9(3), 281-297.
- Inci, A.C., Li, H.C. y McCarthy, J. (2011). Financial contagion: A local correlation analysis. *Research in International Business and Finance*, 25(1), 11-25.
- Johansen, S. (1988). Statistical analysis of co-integration vectors. *Journal of Economics Dynamics and Control*, 12(2-3), 231-254.
- Khan, S., & Park, K.W. (2009). Contagion in the stock markets: The Asian financial crisis revisited. *Journal of Asian Economics*, 20(5), 561-569.
- Koenker, R., & Bassett, G. (1978). Regression quantiles. *Econometrica*, 46(1), 33-50.
- Liew, V.K. (2004). Which lag length selection criteria should we employ? *Economics Bulletin*, 3(33), 1-9.
- Longin, F., & Solnik, B. (1995). Is correlation in international equity returns constant: 1960-1990? *Journal of International Money and Finance*, 14(1), 3-26.
- Longin, F., & Solnik, B. (2001). Extreme correlation of international equity markets. *Journal of Finance*, 56(2), 649-676.

- Mathur, I., Gleason, K. C., & Singh, M. (2002). Contagion effects from the 1994 Mexican Peso crisis: Evidence from Chilean stocks. *The Financial Review*, 17(1), 17-34.
- Mollaha, S., Quoreshib, A.M.M., & Zafirov, G. (2016). Equity market contagion during global financial and Eurozonecrises: Evidence from a dynamic correlation analysis. *Journal of International Financial Markets, Institutions & Money*, 41(March), 151-167.
- Naoui, K., Liouane, N., & Brahim, S. (2010). A dynamic conditional correlation analysis of financial contagion: the case of the subprime credit crisis. *International Journal of Economics and Finance*, 2(3), 85-96.
- Osterwald-Lenum, M. (1992). A note with quantiles of the asymptotic distribution of the maximum likelihood cointegration rank test statistics. *Oxford Bulletin Economics and Statistics*, 54(3), 461-72.
- Peng, Y., & Ng, W.L. (2012). Analysing financial contagion and asymmetric market dependence with volatility indices via copulas. *Annals of Finance*, 8(1), 49-74.
- Politis, D.N., & Romano, J.P. (1994). The stationary bootstrap. *Journal of the American Statistical Association*, 89(428), 1303-1313.
- Rodriguez, J.C. (2007). Measuring financial contagion: A copula approach. *Journal of Empirical Finance*, 14(3), 401-423.
- Serwa, D., & Bohl, M.T. (2005). Financial contagion vulnerability and resistance: A comparison of European stock markets. *Economics Systems*, 29(3), 344-362.
- Syllignakis, M.N., & Kouretas, G.P. (2011). Dynamic correlation analysis of financial contagion. Evidence from the Central and Eastern European markets. *International Review of Economics and Finance*, 20(4), 717-732.
- Wang, K.M., & Nguyen, T.B. (2013). Did China avoid the Asian Flu? The contagion effect test with dynamic correlation coefficients. *Quantitative Finance*, 13(3) 471-481.



Capacidades de innovación en las organizaciones de salud. Propuesta de un modelo mediante ecuaciones estructurales

HERNÁN LÓPEZ, ÓSCAR

Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas

Universidad del Tolima (Colombia)

Correo electrónico: ohlopezm@gmail.com

VILLEGAS A., GLADIS CECILIA

Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas

Universidad de Medellín (Colombia)

Correo electrónico: gcvillegas@udem.edu.co

RESUMEN

El presente trabajo pretende encontrar los determinantes de las capacidades de innovación en las organizaciones dedicadas al cuidado de la salud. En primer lugar, se elaboró el modelo estructural y de medida que diera cuenta de las relaciones entre las variables latentes y las manifiestas. Como segundo aspecto se identificó el modelo. Posteriormente se procedió a calcular los índices de ajuste y mediante algunas técnicas de métodos multivariados; se analizaron las áreas del mismo que no se ajustaban adecuadamente para intervenirlas y así conseguir un óptimo ajuste. También se plantearon algunas hipótesis que nos permitieran probar las relaciones de causalidad positiva entre las Capacidades de Innovación y las variables. Respecto a la muestra, se logró tener un total de 283 observaciones extraídas de la red de hospitales de alta complejidad en Colombia durante los años 2016 y 2017. Se obtuvo un modelo con un ajuste significativo y que diera cuenta de los detonantes de las Capacidades de Innovación en las organizaciones de salud. Finalmente se demostró la incidencia positiva que tiene la gestión del conocimiento, del talento humano, las capacidades directivas, la cultura organizacional y algunos factores asociados a la organización de salud sobre dichas capacidades.

Palabras clave: capacidades, capacidades de innovación, gestión del conocimiento, cultura organizacional, organizaciones de salud, talento humano, SEM.

Clasificación JEL: I10; M10; O30.

MSC2010: 62F03; 62H15; 62H25; 62J10; 92C50.

Innovation capabilities in health organizations. Proposal of a model through structural equation models

ABSTRACT

In the present work, we try to find the determinants of innovation capabilities in the health care organizations. Firstly, the structural and measurement model was elaborated to account the relations between the latent variables and the manifest ones. Secondly, the model was identified; subsequent to this, we proceeded to calculate the adjustment indexes and using some techniques of multivariate methods. Then, we analyzed the areas of the model that did not fit properly to intervene them and thus achieve an optimal adjustment. We proposed some hypothesis that allowed us to prove positive causal relationships between the Innovation Capabilities and the variables. We had 283 observations extracted from the network of high complexity hospitals in Colombia during the years 2016 and 2017. A model with a significant adjustment that would account for the triggers of Innovation Capabilities in health care organizations was obtained. Finally, the positive impact of knowledge management, human resource management, management capabilities, organizational culture, and some factors associated with the health care Organizations on Innovation Capabilities was demonstrated.

Keywords: capabilities, innovation capabilities, knowledge management, organizational culture, health care organizations, HRM, SEM.

JEL classification: I10; M10; O30.

MSC2010: 62F03; 62H15; 62H25; 62J10; 92C50.



1. Introducción.

Actualmente las organizaciones en salud están fuertemente influenciadas por el llamamiento que se hace desde la sociedad para que, por un lado, sean más competitivas, mientras se genera valor para sus pacientes. Es así como, por ejemplo, un foro sobre imperativos en la innovación en salud liderado por la Escuela de Harvard, declara que es necesario reducir costos mientras se incrementa la calidad; además resaltan la importancia de trasladar las capacidades generadas en la creación de nuevos productos a la mejora de procesos. De igual manera es de vital importancia cambiar el paradigma del éxito basado en el volumen de sus operaciones, por unos resultados basados en la generación de valor para sus usuarios que: redunde en vidas salvadas, mejore la salud en los pacientes, prolongue los años de vida saludables (Chin et al., 2012).

En igual sentido resaltan algunas tendencias que moldean y constriñen las acciones de las organizaciones dedicadas al cuidado de la salud. Por ejemplo, la liberación de los mercados ha permitido ofertar servicios de salud a unos costos menores; a su vez también ha generado enormes oportunidades a las instituciones que brindan servicios especializados a unos costos muy competitivos. También se presenta un fenómeno asociado con dichas tendencias y gracias a las TICs que permiten reducir constantemente la brecha en lo que a asimetrías de información en la relación médico paciente se refiere. También es notorio un cambio de la gestión de salud: donde antes se centraba en el hospital y hoy se centra en el paciente. Se imponen nuevos modelos de gestión en salud que empoderan a los pacientes para que se comprometan con su autocuidado. Todo lo anteriormente planteado presiona fuertemente a las organizaciones de salud para que brinden respuestas a los retos y desafíos que hoy les presenta la sociedad. Precisamente para darle respuesta a los desafíos previamente mencionados, surgen las Capacidades de Innovación, en adelante IC (por sus siglas en inglés). La esencia de las IC parte de una solución de problemas y evolucionan en el tiempo a través de un proceso de aprendizaje colectivo y representan una forma superior y distintiva de combinar, asignar recursos que permitan generar nuevos productos, servicios y modelos de negocios que generen valor para los pacientes.

Dada la lógica anteriormente expuesta, surge una problemática a la que se desea dar respuesta que se hace plausible mediante la siguiente cuestión: ¿Es posible plantear y estimar un modelo que dé cuenta de los diversos detonantes y brinden respuestas a las múltiples relaciones que inciden sobre dichas IC?

2. Marco Teórico.

La forma más expedita de lograr la anhelada ventaja competitiva es a través de la generación de las Capacidades de Innovación por parte de las organizaciones. Para Lawson y Samson (2001) dichas capacidades pueden definirse como cierta habilidad de la empresa para continuamente transformar ideas y conocimiento en nuevos productos, procesos y sistemas para el beneficio de la misma. La importancia de las IC, está centrada en la generación de valor en un entorno de alta competencia, el cambio acelerado de la tecnología y continuos cambios en los gustos y preferencia de los consumidores que han llevado a las empresas a encontrar ventajas competitivas que le permiten crecer en el mercado (Lawson & Samson, 2001; Pen, Scroeder & Shah , 2008; Black & Synam ,1997). Por tanto, hoy en día las CI se consideran como un mecanismo importante para ser más competitivos y para sobrevivir en el mundo de los negocios globales (Salaman & Storey, 2002). La innovación brinda a las firmas varias ventajas estratégicas, tales como: la disminución de costos, la diferenciación a través de desarrollo de nuevos productos y servicios y el aumento de la calidad; de no haber innovación, entonces no se puede hablar de crecimiento y competitividad (Yesil et al., 2013; Salaman & Storey, 2002).

De la revisión de literatura acerca de los modelos asociados con las IC se puede concluir que están asociados con una gran diversidad de factores internos y externos. En una primera fase de la presente investigación se encontraron la diversidad de factores que guardan alguna relación con las CI (Villegas, Montes & López, 2016). En una investigación posterior se encontraron nueve modelos para el sector salud, como se puede apreciar en la Tabla 1. Vale la pena aclarar que el encuadre conceptual

se da gracias a la riqueza teórica brindada por dicha corriente y al conjunto de determinantes asociados para generar IC.

Tabla 1. Modelos de Innovación en organizaciones de salud.

Autor(es)	Determinantes de las IC	Principales contribuciones del modelo
(Kaluzny, 1974)	Tecnología, estructura organizacional, habilidades, actitud de los colaboradores frente a la innovación, nivel de educación, capacidades directivas, valores, baja formalización, descentralización en la toma de decisiones, estilos de liderazgo, estructura de los canales de comunicación, tamaño de la organización, recursos disponibles y grado de colaboración con otras organizaciones de salud.	El autor propone un modelo basado en lo siguiente: 1) Tanto para el médico como el adoptante de la innovación, se presentan tres conjuntos de variables: variables sociodemográficas y de personalidad del médico, su estatus sociométrico y características de su práctica médica; 2) Las variables asociadas con la innovación organizacional, son clasificadas como: características de los individuos dentro de la organización, la estructura y procesos de control organizacional, y 3) el contexto o ambiente en el que se mueve la entidad.
(Kimberly & Evanisko, 1981)	Liderazgo, seguridad en el cargo, trayectoria del individuo, nivel educativo, naturaleza de la participación de los líderes en la organización, receptividad a la innovación, centralización, especialización, tamaño, diferenciación funcional, integración externa, competencia, tamaño de la ciudad y del hospital.	El modelo propuesto tiene tres focos sobre los que se centra la innovación: características individuales, del ambiente y el organizacional, que son determinantes en el mismo.
(Plsek, 2003)	Ideas innovadoras, liderazgo, contexto receptivo para el cambio, conocimiento, habilidades y tecnología.	El modelo conceptualiza tres elementos interrelacionados, como el proceso de generación, implementación y adopción generalizada de ideas de innovación, a través de sus procesos, estructuras y patrones. Dichos elementos están embebidos en un sistema societal más amplio, político e industrial, influenciados por el conocimiento y la naturaleza de las fuerzas de influencia.
(Fleuren et al., 2004)	Rotación de personal, conocimiento del personal, habilidades y apoyo percibido de colegas, estrategia, tamaño, estructura, procesos participativos, relación con otros departamentos u organizaciones, grado de capacidad del personal en la organización o departamento que implementa la innovación, número de usuarios potenciales ser alcanzado.	Propusieron cuatro tipos de determinantes: Contextual, organizacional, características de la persona y características de la estrategia de innovación. También afirman que los determinantes juegan un papel importante en la estrategia y en cada fase de la difusión de la innovación. Relacionaron un conjunto de determinantes que pueden obstaculizar el proceso de innovación.
(Djellal, 2005)	Habilidad, aprendizaje, competencias (competencias relacionales intraorganizacionales e interorganizacionales), tecnología.	El modelo propuesto es un servicio constituyente denominado concentrador o HUB (por su significado en inglés), lo cual es una combinación de servicios básicos y periféricos. El modelo se ve como una función de producción $H = g(m)$, en la que el H denota el producto "salud" y m la "atención médica".
(Parnaby & Towill, 2008)	Aprendizaje, tecnología, trabajo en equipo, equipo de proceso (enfermeras, médicos, recepcionista), recursos, cultura, liderazgo, motivación, comunicación.	Propone un modelo en cuatro fases: realización, investigación, exploración y evolución. La salida es la entrega de un sistema de innovación en un proceso de mejora continua gracias al autoaprendizaje.
	Tecnología de la información, necesidades de los pacientes, cultura	Los autores proponen un modelo conceptual centrado en el paciente y sirviendo a seis propósitos

(Omachunu & Einspruch, 2010)	organizacional, colaboración y trabajo en equipo, liderazgo y manejo de los costos.	distintos (tratamiento, diagnóstico, prevención, educación, investigación y divulgación). Al servir a estos propósitos, la organización de salud debe gestionar eficazmente la calidad, los costos, la seguridad, la eficiencia y los resultados.
(Iestyn, 2011)	Estructura, niveles de recursos, cultura organizacional, diferenciación y especialización, empoderamiento, conformación de redes, toma de riesgos, incentivos y recompensa, clima organizacional, capacidad de absorción, liderazgo, recursos (financieros y humanos); las actitudes y experiencias de los grupos profesionales, canales actuales y niveles de intercambio de información, gestión del conocimiento, mejores prácticas, sistemas de información y herramientas para la toma de decisiones, desarrollo de habilidades, la creación de sentido, la narración de historias y la infraestructura.	El autor propone un modelo multideterminante y multicapa con tres niveles: contextual, interno e interorganizacional con estrecha relación entre ellos. En los factores internos, existen tres elementos básicos: cultura organizacional, estructura y niveles de recursos. El autor resalta el papel del desarrollo de incentivos para apoyar la adopción de nuevas ideas y servicios además de la gestión del conocimiento. Todo lo anterior es importante para fortalecer las capacidades.
(Jacobs et al., 2014)	Tamaño de la organización estructura, madurez de la misma, papel de la implementación de políticas y prácticas de la organización (IPP), estrategia, recompensas, percepción del clima, edad de la organización de salud, años de experiencia, especialidad, capacitación y habilidades.	Los autores proponen tres grupos como determinantes de la innovación: a) relacionados con la organización, b) con los médicos y c) relacionados con la implementación de políticas y prácticas.

Fuente: Adaptado de (López, Villegas & Rodríguez, 2017).

3. Metodología.

3.1. Muestra.

Para el cálculo de la muestra usamos la metodología propuesta por Marsh et al. (1998), que mediante simulación de Monte Carlo encontró la ecuación 1 que permite el cálculo de una muestra en el análisis SEM:

$$\text{Ecuación 1: } N_1 \geq 50r^2 - 450r + 1100, \text{ con } r = \frac{\sum_1^C \xi_i}{C}$$

donde: N_1 = muestra mínima

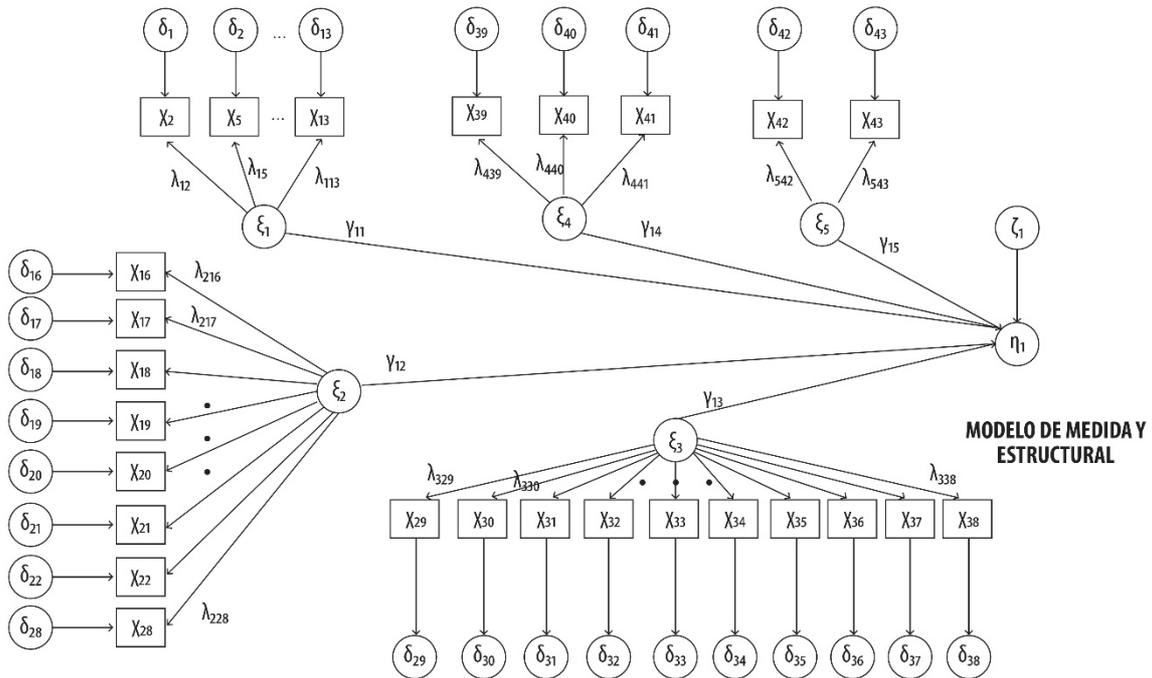
ξ_i = número de variables manifiestas X_i por cada constructo y

C = número de variables latentes empleados en el modelo

Con i variando desde 1 hasta C

Basándonos en la información del modelo planteado en la Figura 1 y reemplazando con la información suministrada por el mismo, se pudo obtener el tamaño muestral, tal y como se puede apreciar en la Tabla 2.

Figura 1. Modelo de medición y estructural de los predictores de las Capacidades de Innovación en las Organizaciones de Salud.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Tamaño muestral.

Característica	Valor
Variables latentes	6
Promedio de las variables manifiestas	(15+ 7 + 9 + 3 + 2)/6
Tamaño mínimo de la muestra: $N_1 \geq$	200

Fuente: Elaboración propia.

La metodología sugerida por Marsh et al. (1998) indica una muestra mínima de 200. Al respecto Hoelter (1983) ratifica dicho hallazgo. Sin embargo, se pudo obtener una muestra bastante representativa de 283 observaciones, las mismas se obtuvieron de la red de hospitales de alta complejidad en Colombia entre los años 2016 y 2017. Dicha muestra incluyó a médicos (27.9%), auxiliares (22.6%), personal de enfermería (25.8%) y administrativos (23.7%); siempre respetando que las muestras fuesen homogéneas y aleatorias para cada hospital con edades desde los 20 hasta los 70 años, con media de 35 años. Respecto al nivel de estudio, el 1.1% tiene doctorado, el 25.4% especialización, el 6.7% maestría, el 42.8% pregrado y sin título académico el 1.4%.

3.2. Instrumento.

Según revisión sistemática de literatura (Villegas, Montes & López, 2016) y reuniendo los trabajos expuestos en la Tabla 1, donde se llegó en total a 539 trabajos analizados, no se pudo evidenciar la existencia de trabajos en la dirección de la presente investigación, y mucho menos con un instrumento que analice los predictores de las IC en las organizaciones dedicadas a la salud de las personas. Quizás el trabajo que más se acerca es el propuesto por Fierro, Cantú, Martínez y López (2016). Por todo lo anterior fue necesario la elaboración de un instrumento totalmente nuevo. Finalmente, los encuestados calificaron con escala métrica de uno a cinco acerca de la gestión de la empresa de salud en lo relativo a cada uno de los predictores de las capacidades de innovación, de manera que calificaban con 1 en el caso de que no se haya realizado ninguna actividad tendente a mejorar la característica indagada y el

máximo con un valor de 5, para representar que se han obtenido resultados positivos frente al aspecto que se preguntó.

3.3. Técnica aplicada.

El Modelamiento con Ecuaciones Estructurales (SEM) es una herramienta estadística de análisis multivariante que tiene un gran poder explicativo; además se resalta su poder de análisis de relaciones múltiples de dependencia cruzada, y el poder incorporar variables latentes. SEM prueba modelos teóricos utilizando el método científico de pruebas de hipótesis para avanzar en nuestra comprensión de las complejas relaciones entre constructos.

Modelo Estructural y Modelo de Medida. El primero tiene la función obtener los pesos de las relaciones para comparar las relaciones causales, así como también la influencia directa e indirectas entre las variables. Por el contrario, el segundo, muestra la incidencia de cada una de las variables manifiestas sobre las observables. En la Figura 1 se pueden observar ambos modelos. Ahora para su modelación y mejor entendimiento es necesario plantear las siguientes ecuaciones matriciales:

1) **Modelo de medición:** $X = \Lambda_x \xi + \delta$ con

$X_{(q \times 1)}$ = variables manifiestas (35)

$\Lambda_{x(q \times s)}$ = cargas asociadas a las variables manifiestas (35X5)

$\xi_{(s \times 1)}$ = vector de latentes (5)

$\delta_{(q \times 1)}$ = errores de medición de las latentes (35)

2) **Modelo estructural:** $\eta = \Gamma \xi + Z$ con

η_{rx1} = Matriz con las cargas de los Factores dependientes (1).

Γ_{rxs} = Matriz con los efectos directos de ξ sobre η (5)

ξ_{sx1} = Contiene una matriz con los factores independientes (5)

3.4. Hipótesis de trabajo.

Para la presente propuesta se toman las hipótesis de tercer grado, como primera instancia por la multiplicidad de variables asociadas a la CI y como segunda, este tipo de hipótesis establecen relaciones entre variables complejas, que están constituidas a su vez por sistemas de variables.

Tabla 3. Hipótesis de trabajo.

Hipótesis Nula	Parámetro	Hipótesis Alternativa	Parámetro
H10	$\gamma_{11}=0$	H1a	$\gamma_{11} \neq 0$
H20	$\gamma_{12}=0$	H2a	$\gamma_{12} \neq 0$
H30	$\gamma_{13}=0$	H3a	$\gamma_{13} \neq 0$
H40	$\gamma_{14}=0$	H4a	$\gamma_{14} \neq 0$
H50	$\gamma_{15}=0$	H5a	$\gamma_{15} \neq 0$

Fuente: Elaboración propia.

El propósito de las mismas es probar la incidencia que tiene cada una de las variables latentes frente a las IC como se puede apreciar en la Tabla 4.

Tabla 4. Variables latentes y manifiestas asociadas a las Capacidades de Innovación.

Variables Manifiestas	Variables latentes	Definición
$X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8, X_9, X_{10}, X_{11}, X_{12}, X_{13}, X_{14}$ y X_{15}	ξ_1 = Gestión del Conocimiento (GC)	Total de acciones destinadas a almacenar crear, y reutilizar los conocimientos que permitan el manejo de las CI. (Börjesson & Elmquist, 2011; Nonaka & Takeuchi, 1995; Cohen & Levinthal, 1990).
$X_{16}, X_{17}, X_{18}, X_{19}, X_{20}, X_{21}$ y X_{25}	ξ_2 = Capacidades Directivas (CD)	Habilidad de la empresa para gestionar los recursos disponibles en la misma con el propósito de conseguir los resultados planeados (Schreyögg & Kliesch-Eberl, 2007; Bravo-Ibarra & Herrera, 2009).
$X_{29}, X_{30}, X_{31}, X_{33}, X_{34}, X_{35}, X_{36}, X_{37}$ y X_{38}	ξ_3 = Administración del Recurso Humano (GTH)	Es una actividad estratégica diseñada con el propósito de obtener, formar, motivar, retribuir y desarrollar a los miembros de la organización para que de manera mancomunada se logren las metas organizacionales. (Martínez-Roman, Gamero & Tamayo, 2011).
X_{39}, X_{40} y X_{41}	ξ_4 = Factores asociados a la Organización dedicada al cuidado de la salud (FAIPS)	Son fortalezas destinadas a aprovechar las oportunidades de su entorno y a la posibilidad de abordar trabajos colaborativos con otras organizaciones de salud (Iestyn, 2011; Jacobs et al., 2014).
X_{42} y X_{43}	ξ_5 = Aspectos relacionados con la cultura (FC)	Son elementos de la cultura organizacional tales como los principios y valores que permite impulsar la innovación (Naranjo, Jimenez & Sanz-Valle, 2015).

Fuente: Elaboración propia.

3.4. Evaluación del modelo.

Para lograr el objetivo planteado, en lo relativo a la estimación de los parámetros del modelo será necesario seguir los siguientes procedimientos: 1) Especificar el modelo, 2) Identificar el modelo, 3) Estimar el modelo y 4) Reespecificación del modelo de tal manera que se optimicen sus índices de ajuste y probar finalmente las hipótesis de trabajo.

4. Resultados.

4.1. Especificación del modelo.

Se elaboró partiendo de un trabajo previo, donde se realizó una revisión sistemática de literatura acerca de los predictores de la capacidad de innovación (Villegas, Montes & López, 2016), y gracias a un trabajo posterior donde se propuso una ampliación de los mismos aplicados solo y exclusivamente a las organizaciones de salud (ver tabla 1). Dicha especificación se puede apreciar en la Figura 1.

4.2. Identificación del modelo.

La modelización elaborada mediante SEM se representa mediante un gráfico orientado donde se observan las relaciones entre las variables manifiestas y una serie de parámetros o pesos de cada una de las aristas. Según Vasquez (2013) dicha relación puede ser expresada por la siguiente ecuación: $M = \{G, \theta_G\}$, donde: G = gráfico orientado, θ_G = parámetros y M = Modelo de Ecuaciones Estructurales. El modelador construye G y desea obtener θ_G a partir de la muestra, además de los índices que indiquen si G se ajusta.

Existe una regla para identificar el modelo, que corresponde a la condición de orden bajo la que el número de parámetros libres a ser estimados deben ser menores que los distintos valores en la matriz

S, que se calcula mediante la siguiente fórmula: $p(p + 1)/2$, donde p son las variables manifiestas. Sumado a esto y basado en los grados de libertad (gl), se sabe ciertamente cuál es la identificación del modelo. Entonces $gl = [p(p + 1)/2 - \text{número de parámetros a estimar}]$. Cabe anotar que el modelo está identificado si todos los parámetros lo están, es decir, si existe una solución única para cada uno de los parámetros estimados. Por todo lo anterior y de acuerdo a la Figura 1 y la Tabla 5 se pueden observar los resultados para la identificación del modelo, gracias al cálculo de los grados de libertad del mismo.

Tabla 5. Cálculo de la identificación del modelo.

Indicador para el cálculo	Valor
Variables observables	35
Varianzas de las variables observables	35
Varianza de las variables latentes	5
Número de paths o senderos	35
Número de correlaciones	0
Errores de las covarianzas	0
Grados de libertad ($gl = p(p + 1)/2 - \text{número de parámetros a estimar}$)	589

Fuente: Elaboración propia.

4.3. Estimación del modelo.

Basados en el modelo planteado en la Figura 1 y después de haber introducido el código en el programa estadístico R versión 3.4.0 y especialmente con la ayuda de la librería lavaan, se pudo obtener la estimación del mismo utilizando el método de Máxima Verosimilitud o ML (Maximum Likelihood), que es muy robusto en el cálculo de los parámetros cuando las variables observables son continuas como es el caso objeto de estudio (Tabla 6).

Tabla 6. Índices de ajuste del modelo.

Índice	Valor	Intervalo de Confianza	p-value
SRMR	0.080	0.076 hasta 0.085 con un 90%	Significativa $p=0.000 < 0.005$
Cmin ($X^2 = 1864/gl=660$)	2.9	NA	NA
CFI	0.867	NA	NA
TLI	0.859	NA	NA

Fuente: Elaboración propia.

4.4. Respecificación del modelo y estimación de parámetros para la comprobación de hipótesis.

Aquí se buscó la modificación del mismo planteado en la Figura 1 con el propósito de encontrar uno más parsimonioso, es decir, que se ajuste con un menor número de parámetros o sea con menos número de relaciones causales, ya sea suprimiendo variables o modificando las relaciones existentes entre los constructos o los predictores. Dicha modificación se hizo utilizando nuevamente R por medio de los índices de modificación y especialmente el análisis de los residuos para los reactivos. Con respecto a la bondad de ajuste del modelo, es necesario aclarar que el mismo se refiere a la exactitud de los supuestos del modelo especificado para determinar si el modelo es correcto y sirve como aproximación al fenómeno real, precisando así su poder de predicción. Los índices del modelo reespecificado se pueden observar en la Tabla 7. El modelo final junto con sus parámetros estimados, se pueden apreciar en la Figura 2 y Tabla 8 respectivamente.

Tabla 7. Índices de bondad de ajuste del modelo reespecificado.

Tipo	Indicador	Valor
Ajuste Absoluto	X ²	740.979
	Df	294
	RMSEA al 90% de confianza	0.073
Medidas incrementales de ajuste o Comparativos	CFI	0.924
	TLI	0.916
Ajuste de Parsimonia	Cmin	2.52

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8. Valores estimados de los parámetros del modelo reespecificado.

Parámetro	Estimado	Std-error	Critical Ratio	Parámetro	Estimado	Std-error	Critical Ratio
$\xi_1 = \sim \eta_1$	1.584	0.151	10.496				
λ_{12}	0.529	0.047	11.237	λ_{110}	0.359	0.035	10.370
λ_{15}	0.429	0.039	10.986	λ_{111}	0.347	0.034	10.246
λ_{16}	0.657	0.058	11.421	λ_{112}	0.298	0.030	10.017
λ_{17}	0.458	0.042	10.813	λ_{113}	0.437	0.040	10.799
λ_{19}	0.455	0.042	10.945				
$\xi_2 = \sim \eta_1$	1.987	0.221	9.011				
λ_{216}	0.414	0.040	10.433	λ_{220}	0.323	0.034	9.381
λ_{218}	0.467	0.048	9.700	λ_{225}	0.450	0.044	10.214
λ_{219}	0.504	0.047	10.647				
$\xi_3 = \sim \eta_1$	1.847	0.174	10.630				
λ_{330}	0.350	0.033	10.478	λ_{336}	0.377	0.035	10.033
λ_{331}	0.375	0.035	10.693	λ_{337}	0.181	0.000	9.019
λ_{333}	0.529	0.047	11.147	λ_{338}	0.235	0.024	9.893
λ_{335}	0.290	0.028	10.382				
$\xi_4 = \sim \eta_1$	1.600	0.164	9.733				
λ_{439}	0.478	0.049	9.843	λ_{441}	0.174	0.032	5.427
λ_{440}	0.508	0.051	10.023				
$\xi_5 = \sim \eta_1$	2.395	0.305	7.854				
λ_{542}	0.148	0.027	8.312	λ_{543}	0.148	0.027	5.496

Fuente: Elaboración propia.

5. Análisis.

Respecto a la identificación del modelo, se encontró que estaba sobreidentificado, como se pudo observar en el cálculo de los grados de libertad (Tabla 5). Se obtuvo un valor mayor que cero, lo que concuerda con lo propuesto por Shumaker y Lumax (2010), quienes afirman que existen tres niveles para identificarlos, y que ello depende de la cantidad de información de la matriz *S* de varianzas-covarianzas necesarias para estimar únicamente los parámetros del modelo. Un modelo es *no identificado* si uno o más parámetros no pueden ser únicamente determinados porque no hay suficiente información en la matriz *S*. El modelo es *solo identificado* si todos los parámetros son únicamente determinados debido a la existencia de la información necesaria en la matriz *S*. Es *sobre estimado* si hay más de una forma de la estimación de los parámetros porque hay mucha información, como es el

caso que se pudo evidenciar en la Figura 1. Por todo lo anterior, es claro que, con respecto a la estimación de los parámetros del modelo, cuyo objetivo es determinar las cargas de las relaciones entre los constructos y cada uno de los predictores de la capacidad de innovación, queda totalmente demostrado, por la identificación del modelo, la plausibilidad para el cálculo de dichos parámetros.

En lo relativo al ajuste de bondad del modelo planteado en la Figura 1, se puede afirmar lo siguiente:

- 1) El Cmin como índice de parsimonia, está entre 1 y 3 que es lo ideal (Shumaker & Lumax,2010).
- 2) El RMSEA es igual a 0.08 (Browne & Cudeck, 1993; Hu & Bentler, 1995), indican que es ajuste aceptable, inclusive el límite superior del intervalo de confianza está ligeramente superior al aceptable. El modelo planteado se puede aceptar porque se acerca a un buen ajuste gracias al Cmin y al RMSEA (ver Tabla 6).

Ahora, si bien los indicadores asociados a la Figura 1 mostraron ajuste aceptable, también es cierto que algunos como el CFI y el TLI no lo hacen adecuadamente. Por lo tanto, es necesario buscar las áreas donde no lo hace, con el propósito de mejorarlo para que se aproxime a un modelo mucho más parsimonioso, y en consecuencia se obtenga un mejor ajuste y pueda resultar totalmente válido el modelo planteado. Gracias al análisis de la información brindada por los índices de modificación se pudo mejorar ostensiblemente la X^2 , como bien se puede apreciar en la Tabla 7. El propósito de los modelos con ecuaciones estructurales radica en determinar la diferencia entre la matriz de covarianza $\Sigma(\theta)$ obtenida basada en el modelo y la matriz de covarianza de la muestra S . Por lo tanto, la divergencia entre las dos matrices anteriores aparece en una matriz con los residuos ($\Sigma(\theta)-S$), hay un residuo para cada pareja de variables utilizadas en el modelo. Para aquellos datos mayores a 1.96 se consideran grandes (Shumaker & Lumax, 2010) y por ende deben eliminarse dichos predictores. Finalmente, el modelo definitivo se puede apreciar en la Figura 2 y en la Tabla 7 donde se nota claramente la mejora del modelo. Allí se puede observar lo siguiente:

- 1) El Cmin o ajuste de parsimonia sigue en el rango deseado (Shumaker & Lumax,2010).
- 2) Tanto el X^2 como los grados de libertad (*df*) disminuyeron.
- 3) El CFI, ahora está por encima de 0.9 que es un buen ajuste (Hu & Bentler, 1998).
- 4) Lo mismo sucede con el TLI que también muestra un buen ajuste por encima de 0.9 (Hu & Bentler, 1998).

Respecto a la prueba de las hipótesis, el análisis de los parámetros($\gamma_{11}, \gamma_{12}, \gamma_{13}, \gamma_{14}$ y γ_{15}) resultaron significativos, el Critical Ratio (CR) es mucho mayor que 1,96. De tal manera que las hipótesis planteadas sobre las incidencias de las latentes exógenas sobre las endógenas tienen sentido, como se puede observar en la Tabla 9 donde se presenta el resumen. En cuanto a los predictores de las capacidades de innovación, se puede observar en la Tabla 8 que resultaron mayores a cero y significativos.

Tabla 9. Comprobación de hipótesis.

Hipótesis Nula	Parámetro	Hipótesis Alternativa	Parámetro	Resultado
H10	$\gamma_{11}=0$	H1a	$\gamma_{11} \geq 0$	Se rechaza H10
H20	$\gamma_{12}=0$	H2a	$\gamma_{12} \geq 0$	Se rechaza H20
H30	$\gamma_{13}=0$	H3a	$\gamma_{13} \geq 0$	Se rechaza H30
H40	$\gamma_{14}=0$	H4a	$\gamma_{14} \geq 0$	Se rechaza H40
H50	$\gamma_{15}=0$	H5a	$\gamma_{15} \geq 0$	Se rechaza H50

Fuente: Elaboración propia.

- 2) En cuanto a las capacidades directivas, es necesario lograr un consenso sobre la importancia de la innovación para las organizaciones en salud; de igual manera la misma debe contar con líderes que sean los responsables de gestionar los procesos de innovación; además es muy importante que dichos procesos permitan disminuir los costos para dichas organizaciones.
- 3) En lo relativo a la gestión del talento humano, los predictores que resultaron determinantes están enmarcados en su gran mayoría al desarrollo de habilidades para trabajo en equipo; en la necesidad de motivar a los colaboradores en lo relacionado a la generación de oportunidades de crecimiento profesional; a propiciar el ascenso de los mismos; al enriquecimiento del cargo de forma horizontal y vertical; en valorar las ideas nuevas del personal pues la organización debe estar centrada en el desarrollo de las personas y a promover un ambiente de colaboración entre todos los miembros.
- 4) En lo relativo a los factores asociados con la organización en salud, es claro que desde ellas se debe promover el trabajo colaborativo con otras organizaciones del sector que permitan trabajar conjuntamente en intereses que las agrupen. Poder compartir procesos y procedimientos que sean reconocidos como susceptibles de ser compartidos y adaptados. Por último, una condición que detecta el estudio es la necesidad de moverse rápidamente para aprovechar oportunidades del entorno.
- 5) En lo referente a la cultura organizacional, si bien existen factores de la cultura que están entremezclados con los anteriores factores, se pudo evidenciar que los valores cumplen el papel de servir de guía en lo que a innovación se refiere y que además se hace necesario generar un ambiente laboral que propicie los procesos de innovación.

En relación con lo anterior y analizando el poder de cada uno de los factores se puede afirmar que un cambio en una unidad en cualquiera de los siguientes elementos tiene un efecto amplificador sobre las IC, así : a) la gestión del conocimiento afecta en 1.584; b) las capacidades directivas tienen un efecto de 1.987; c) la gestión del talento humano posee un impacto de 1.847; d) los factores asociados con la organización en salud de 1.6 y, por último, d) la gestión de la cultura organizacional es la que mayor impacto posee sobre las IC, el efecto total es de 2.395 (Tabla 8).

Ahora, desde una perspectiva teórica, es necesario resaltar que la corriente teórica que trae consigo el abordaje de las IC aplicadas al sector salud está en etapa de introducción y crecimiento. Por lo tanto, el presente modelo es un caldo de cultivo que permite a las organizaciones dedicadas al cuidado salud, el poder desarrollar y consolidar las IC que resultan determinantes en un sector donde es altamente apreciado y reclamado el avance en nuevos productos, o procesos o modelos de negocios, que generen valor, y redunden en una prolongada y mejor calidad de vida de los pacientes.

Finalmente, nos permitió corroborar que los resultados obtenidos guardan concordancia y siguen la línea de los siguientes trabajos relacionados con aquellas organizaciones que están dedicadas al cuidado de la salud -en su gran mayoría de corte descriptivo-: Caccia-Bava, Guimaraes & Hamminton (2006) resaltan el papel de los aspectos culturales, las Tecnologías de Información y la Comunicación y el conocimiento sobre las CI; esta última relación también es resaltada por Mylopoulos y Scardamalia (2008), Lee y Hong (2014), Ugurluoglu et al. (2013) y Dias y Escoval, 2015. Por su parte, Jaramillo et. al (2008) y Sharma, Conduit y Hill (2014) afirman que el desarrollo y consolidación de IC se hace posible gracias a un conjunto de capacidades, tales como: las directivas, las asociadas con la gestión del conocimiento, las tecnológicas, las de aprendizaje o de absorción. Además, las organizaciones en salud deben gestionar los procesos, los contextos organizacionales, el componente humano, la cultura, las alianzas estratégicas y la capacidad de los individuos para integrar y generar ideas. Yan (2014) afirma que la gestión del conocimiento, el capital relacional y la presión del entorno resultan determinantes en la generación de las IC. Thakur, Hsu y Fontenot (2012) encuentran en su trabajo un conjunto de variables que afectan la capacidad para innovar: la cultura organizacional, relación con otras

organizaciones, la orientación al mercado, usos de las TIC, capacidades directivas, entre otras. Todo lo anterior nos permite generar las bases para estudios posteriores que prosigan en la senda de la consolidación y desarrollo de las IC en el sector salud.

Agradecimientos

Damos nuestro más sincero agradecimiento por todo su valioso apoyo a los hospitales de la red de alta complejidad en Colombia que participaron en el estudio, sin ellos no hubiese sido posible la presente investigación. Se desea hacer mención especial a las siguientes instituciones: Clínica las Américas, Hospital General de Medellín, E.S.E Hospital Universitario San Jorge, San Vicente Fundación, IPS Universitaria y Clínica Soma.

Referencias

- Black, D.H., & Synan, C.D. (1997). The learning organization: The sixth discipline? *Management Accounting British*, 75(10), 70-72.
- Börjesson, S., & Elmquist, M. (2011). Developing Innovation Capabilities: A Longitudinal Study of a Project at Volvo Cars. *Creativity and Innovation Management*, 20(3), 171-184.
- Bravo-Ibarra, E.R., & Herrera, L. (2009). Capacidad de innovación y configuración de recursos organizativos. *Intangible Capital*, 5(3), 301-320.
- Browne, M.W., & Cudeck, R. (1993). *Alternative ways of assessing model fit*. In K.A. Bollen & J. S. Long. *Testing structural equation models*. Newsbury: Sage.
- Caccia-Bava, M.C., Guimaraes, T. & Harrington, S.J. (2006). Hospital organization culture, capacity to innovate and success in technology adoption. *Journal of Health Organization and Management*, 20(3), 194-217.
- Chin, W., Hamermesh, R., Huckman, R., McNeil, B., & Newhouse, J. (2012). *5 Imperatives addressing healthcare's innovation challenge*. Forum on Health Care Innovation. Cambridge.
- Cohen, W. M., & Levinthal, D. A. (1990). Absorptive-Capacity - A New Perspective on Learning and Innovation. *Administrative Science Quarterly*, 35(1), 128-152.
- Dias, C., & Escoval, A., (2015). Hospitals as learning organisations: fostering innovation through interactive learning. *Quality Management Health Care*, 24(1), 52-59.
- Djellal, F. (2005). Mapping innovation dynamics in hospitals. *Research Policy*, 34, 817-835.
- Fierro, E., Cantú, J.L., Martínez, J. & López O.H. (2016). Predictores de la innovación administrativa: funciones y métodos organizacionales - Hospitales de México y Colombia. *RGBN*, 17(54), 806-821.
- Fleuren, M., Wiefferink, K., & Paulussen, T. (2004). Determinants of innovation within health care organizations. *International Journal for Quality in Health Care*, 16(2), 107-123.
- Hoelter, J.W. (1983). The analysis of covariance structures: Goodness-of-fit indices. *Sociological Methods and Research*, 11, 325-344.
- Hu, L., & Bentler, P.M. (1995). *Evaluating model fit*. In R. H. Hoyle. *Structural equation modeling: Concepts, issues, and applications*. London: Sage.

- Iestyn, W. (2011). Organizational readiness for innovation in health care: some lessons from the recent literature. *Health Services Management Research*, 24, 213-218.
- Jacobs, S., Weiner, B., Reeve, B., Hofmann, D., Christian, M., & Weinberger, M. (2014). Determining the predictors of innovation implementation in healthcare: a quantitative analysis of implementation effectiveness. *BMC Health Services Research*, 15(6), 1-13.
- Jaramillo, H., Latorre, C., Alban, C., & Lopera, C. (2008). *El hospital como organización de conocimiento y espacio de investigación y de formación*. Bogotá: Editorial Universidad del Rosario.
- Kaluzny, A.D. (1974) Innovation in Health Services: Theoretical Framework and Review of Research. *Health Service Research*, 9(2), 101-120.
- Kimberly, J.R. & Evanisko M.J. (1981). Organizational innovation: The influence of individual, organizational and contextual factors on hospital adoption of technological and administrative innovation. *Academic of Management of Journal*, 24(4), 689-713.
- Lawson, B., & Samson D. (2001). Developing innovation capability in organizations: a dynamic capabilities approach. *International Journal of Innovation Management*, 5(3), 377-400.
- Lee, H.S., & Hong, S.A. (2014). Factors affecting hospital employees knowledge sharing intention and behavior, and innovation behavior. *Osong Public Health Research Perspective*, 5(3), 148-155.
- López, O.H., Villegas, G.C., & Rodríguez, J.R. (2017). Capacidades de innovación en el contexto de las organizaciones de salud y desarrollo de un modelo teórico. *Gac Méd Caracas*, 125(4), 1-12.
- Marsh, H.W., Hau, K.T., Balla, J.R., & Grayson, D. (1998). Is more ever too much? The number of indicators per factor in confirmatory factor analysis. *Multivariate Behavioral Research*, 33, 181-220.
- Martinez-Roman, J.A., Gamero J., & Tamayo, J.A. (2011). Analysis of innovation in SMEs using an innovative capability-based non-linear model: A study in the province of Seville (Spain). *Technovation*, 31, 459-475.
- Mylopoulos, M., & Scardamalia. (2008). Doctors' perspectives on their innovations in daily practice: implications for knowledge building in health care. *Medical Education*, 42(10), 75-81.
- Naranjo, J.C., Jiménez, D. & Sanz-Valle, V.R. (2015). Studying the links between organizational culture, innovation, and performance in Spanish companies. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 48, 30-41.
- Nonaka, I., & Takeuchi, H. (1995). *The Knowledge Creating Company. How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation*. New York: Oxford University Press.
- Omachunu, V., & Einspruch, N. (2010). Innovation in Healthcare Delivery Systems: A Conceptual Framework. *The Innovation Journal: The Public Sector Innovation Journal*, 15(1), 1-20.
- Parnaby, J., & Towill D.R. (2008). Enabling innovation in health-care delivery. *Health Services Management Research*, 21, 141-154.

- Pen, D. X., Schroeder, R. G. & Shah, R. (2008). Linking routines to operations capabilities: A new perspective. *Journal of Operations Management*, 26, 730-748.
- Plsek, P. (2003). Complexity and the adoption of innovation in health care. *Accelerating Quality Improvement in Health Care Strategies to Speed the Diffusion of Evidence-Based Innovations*. National Institute for Health Care Management Foundation National Committee for Quality Health Care, Washington, D.C.
- Salaman, J.G., & Storey, J. (2002). Managers' theories about the process of innovation', *Journal of Management Studies*, 39(2), 147-165.
- Schreyogg, G., & Kliesch-Eberl, M. (2007). How dynamic can organizational capabilities be? Towards a dual-process model of capability dynamization. *Strategic Management Journal*, 28(9), 913-933.
- Schumacker, R.E., & Lomax, R.G. (2010). *Structural Equation Modeling, 3ra Edition*. New York: Routledge Taylor & Francis Group.
- Sharma, S., Conduit, J., & Hill, S. (2014). Organisational capabilities for customer participation in health care service innovation. *Australasian Marketing Journal*, 22, 179-188.
- Thakur, R., Hsu, S., & Fontenot, G. (2012). Innovation in healthcare: Issues and future trends. *Journal of Business Research*, 65, 562-569.
- Ugurluoglu, O., Aldogan, E.U., & Dilmac, E. (2013). The impact of manager's perceptions of learning organisations on innovation in health care: sample of Turkey. *International Journal Health Planning Management*, 28, 158-168.
- Vasquez, J. (2013). *Modelos de ecuaciones estructurales en Psicología*. Tesis de Maestría.
- Villegas, G.C., Montes, J.M., & López, O.H. (2016). Predictores de la capacidad de innovación en las organizaciones. *Revista Espacios*, 37(9), 3-10.
- Yan, E. (2014). Finding knowledge paths among scientific disciplines. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 65(11), 2331-2347.
- Yesil, S., Koska, A., & Buyukbese, T. (2013). Knowledge Sharing Process, Innovation Capability and Innovation Performance: An Empirical Study. *Social and Behavioral Sciences*, 75, 217-225.



Factores determinantes en la adopción de crédito de proveedores de las pequeñas empresas manufactureras del Ecuador y su efecto en el incremento de su producción

GARCÍA REGALADO, JORGE OSIRIS
CENTRUM - Pontificia Universidad Católica del Perú
Correo electrónico: a2014@pucp.edu.pe

ZAVALA VINCES, JORGE
CENTRUM - Pontificia Universidad Católica del Perú
Correo electrónico: jzavala@pucp.edu.pe

SÁNCHEZ GILER, SUNNY
Universidad de Especialidades Espíritu Santo (Ecuador)
Correo electrónico: sunsanchez@uees.edu.ec

RESUMEN

En Ecuador el crédito comercial actúa como fuente de financiación entre las pequeñas empresas, sin embargo, existe evidencia acerca del bajo acceso y uso de este tipo de crédito por parte de las pertenecientes al sector de manufacturas, además de que provoca un efecto positivo en la producción de las mismas.

El presente trabajo revisa datos secundarios de fuentes oficiales analizando la evolución de la relación entre la producción, medida por sus ventas, y las cuentas por pagar a proveedores e instituciones financieras (2007-2017) de las pequeñas empresas manufactureras ecuatorianas. Se observó que existe una relación directa-positiva de los ingresos y el uso del crédito de proveedores. A través de una modelación econométrica que postula una extensión a la función de producción Cobb-Douglas de carácter modificada, se consideró como argumento adicional la variable "S" crédito de proveedores.

Mediante entrevistas en profundidad a gerentes de pequeñas empresas, se exploraron los factores que determinan el uso de crédito de proveedores como alternativa de financiamiento. De esta manera se pudo caracterizar el crédito comercial acorde con la facilidad de obtención, orígenes, fidelidad, mecanismo de pago, que son aspectos que influyen en la decisión del volumen del crédito y el plazo a convenir para tal operación. Así mismo se pudo evidenciar las limitaciones que los empresarios tienen para el acceso hacia el crédito bancario.

Palabras clave: crédito de proveedores, teoría fundamentada, mapa relacional, instituciones financieras, factores determinantes.

Clasificación JEL: C33; D24; L23.

MSC2010: 91G40; 97M10; 91B02.

Determinant factors in adoption of suppliers credit of small manufacturing companies and its effects on the increase of their production

ABSTRACT

In Ecuador the commercial credit acts as a financing source between the small companies, however, exists evidence about the low access and uses of this type of credit by firms belonged to manufacturing sector, furthermore it causes a positive effect on the production of them.

In this paper, a review of secondary data from official sources was developed in which series of evolution data about the relationship between production, measured by sales, and accounts payable to suppliers and financial institutions were analyzed. (2007-2017) of the small Ecuadorian manufacturing companies, it was observed that there is a direct-positive relationship between income and the use of credit from suppliers. Through an econometric modeling that postulates an extension to the Cobb-Douglas production function of a modified nature, the variable "S" supplier credit was considered as an additional argument.

Through in-depth interviews with managers of small companies, the factors that determine the use of credit from suppliers as an alternative to financing were explored. In this way, commercial credit could be characterized according to the ease of obtaining, origins, loyalty, payment mechanism, that they are aspects that influence in the decision of the volume of the credit and the term to agree for such operation; Likewise, it was possible to demonstrate the limitations that entrepreneurs have for access to bank credit, such as guarantees, high interest rates and non-competitive conditions.

Keywords: suppliers credit, fundamented theory, relational map, financial institutions, determinant factors.

JEL classification: C33; D24; L23.

MSC2010: 91G40; 97M10; 91B02.



1. Introducción.

Gitman y Zutter (2013) definen el crédito de fuentes externas de financiación como “el acceso de fondos por parte de entidades privadas o públicas que son útiles para solventar sus demandas y su funcionamiento de manera eficiente” (p. 527). Otros autores lo describen como “la adquisición de recursos por parte de las empresas para el desenvolvimiento normal de sus actividades” o como “la obtención de recursos que requieren las empresas privadas o públicas por parte de fuentes internas o externas a corto, mediano o largo plazo para el desarrollo normal de sus operaciones” (Perdomo, 2002, p. 238).

Por otro lado, el sector manufacturero es de suma relevancia en muchos países, para la Unión Europea, representa mayor valor agregado a sus exportaciones, aumento en la actividad empleadora y altos niveles de desarrollo en Investigación y Desarrollo (Veugelers, 2013). Además, en el caso de España, las manufacturas han aportado al crecimiento y la productividad del país en cuanto a avances tecnológicos y el incremento de sus niveles de exportaciones (Fariñas, 2015). Sin embargo, en Latinoamérica y el Caribe el sector y las formas de financiación de las empresas se han visto impactadas por el poco ahorro interno y el bajo desarrollo de los Sistemas financieros (CEPAL, 2010).

En Ecuador el avance tecnológico influye de manera positiva en el incremento de la productividad, tal como lo evidenciaron Ibijés y Benavides (2018) en la industria textil ecuatoriana, además demostraron que con la finalidad de mejorar los procesos productivos las empresas invierten en nuevas maquinarias y equipo tecnológico que modernice la industria.

En este sentido, surge la necesidad de pequeñas y medianas empresas manufactureras de solicitar créditos de proveedores principalmente por las exigencias y regulaciones existentes en el Sistema Financiero, puesto que muchas empresas no pueden acceder a los servicios y beneficios que ofrecen las entidades bancarias. A través del pago retrasado, los proveedores de crédito efectivamente están financiando a sus clientes con deudas a corto plazo.

Sin embargo, el crédito de proveedores tiene diferencias con respecto a otros tipos de deuda. En primer lugar, los proveedores prestan “en especie”; rara vez prestan dinero en efectivo. En segundo lugar, a diferencia de los bonos o préstamos, el de proveedores no suele estar sujeto a contratos formales específicos entre el prestamista y el prestatario. Por último, el crédito de proveedores es emitido por firmas no financieras (Cuñat & Garcia-Appendini, 2012).

En el mundo empresarial, la financiación de las compañías se ha convertido en un pilar fundamental para su subsistencia, puesto que existen muy pocas empresas con la capacidad necesaria para sobrevivir sin créditos de fuentes externas. Es por esta razón que deben planificar estrategias que les permitan potenciar su crecimiento además de contar con el capital de trabajo que perdure a lo largo del tiempo (Levine, 2005).

En este contexto, hay estudios que resaltan el problema causado por economías que no tienen un sistema financiero desarrollado, lo que causa un crecimiento lento y altos niveles de apalancamiento de las grandes firmas (Arellano, Bai & Zhang, 2012). En comparación, en países con sistemas financieros débiles, el crédito de proveedores permite alcanzar altas tasas de crecimiento de las firmas; sin embargo, independientemente del desarrollo de un país, las pequeñas y mediana empresas (Pymes), han logrado menor acceso a créditos externos, los cuales se sustituyen por recursos provenientes de amigos y familiares (Beck & Demirguc-Kunt, 2006; Berger & Udell, 1998; Fisman & Love, 2003).

En este contexto, el propósito de este trabajo fue identificar aquellos factores que determinan la adopción del crédito de proveedores como financiación entre las pequeñas empresas manufactureras del Ecuador, analizando la evidencia existente acerca del bajo acceso y

uso de este tipo de crédito y el efecto que provoca sobre la evolución de las firmas del sector. Esta situación conlleva a plantear las siguientes preguntas:

- ¿Cuáles son las fuentes de financiación de las pequeñas empresas manufactureras ecuatorianas?
- ¿Cuáles son los factores que determinan el uso de los créditos provenientes de proveedores por parte de las pequeñas empresas manufactureras ecuatorianas?
- ¿Cuáles son los principales elementos motivadores del uso de crédito de proveedores por parte de las pequeñas empresas manufactureras ecuatorianas?

En esta investigación se realizó un análisis exploratorio en el que se identificó mediante entrevistas en profundidad a gerentes de pequeñas empresas, factores que determinan el uso de créditos de fuentes externas como alternativa de financiación.

Como contribución de este trabajo se pudo determinar que las fuentes de financiación de las pequeñas empresas manufactureras ecuatorianas están fuertemente asociadas con la historia crediticia que ésta posea, facilidad en el acceso y la documentación que el usuario disponga. Esto a diferencia de lo que hacen las medianas firmas y las grandes, ya que buscan apalancarse o apoyarse con el crédito de proveedores con mayor frecuencia que con la banca tradicional.

La informalidad es otro factor que motiva a los gerentes de las pequeñas empresas manufactureras en principio a un mejor acceso de crédito de proveedores; no obstante, este factor es incidente también en el no uso, sobre todo por parte de clientes de un mayor tamaño empresarial y que cuentan con mayor prestigio económico, dentro del grupo de estudio PYMES manufactureras.

Por otra parte, es importante señalar que las grandes empresas manufactureras, si poseen acceso al crédito bancario utilizado para operaciones e inversiones de largo plazo y el crédito de proveedores es utilizado para operaciones de corto plazo (capital de trabajo). La facilidad es un factor que comprende aspectos intrínsecos o por naturaleza de esta forma de crédito, ya que salen a la luz cuando se torna más complejo el acceso al crédito bancario. Con esto, el rol de las garantías predomina en el momento del pacto de este tipo de operación; no obstante, el prestigio del cliente se convierte en un factor de éxito para la toma de este tipo de crédito.

También se caracteriza el crédito comercial de acuerdo con la facilidad de obtención, orígenes, fidelidad, mecanismo de pago, que son aspectos que influyen en la decisión del volumen del crédito y el plazo a convenir para tal operación; así mismo se evidenció las limitaciones que los empresarios tienen para el acceso hacia el crédito bancario, como garantías, altas tasas de interés y condiciones no competitivas.

Dentro de las variables de mayor importancia se encuentran los ingresos y las cuentas por pagar, consideradas como crédito comercial y que guardan relación positiva con asimetrías informativas en las iteraciones interempresariales, posición de éstas en el mercado, más que con el requerimiento de liquidez de las mismas y la demanda no estable de productos de los proveedores (García, Sánchez & Zavala, 2018).

2. Revisión de literatura.

2.1. El sistema financiero y las PYMES.

El proceso de producción de las pequeñas y medianas empresas requiere altos niveles de financiación bancaria, debido a las restricciones existentes, los agentes empresariales pequeños

buscan otro medio de financiación como el crédito de proveedores. Sin embargo, no existe evidencia absoluta de que los créditos de proveedores reemplacen el crédito bancario y viceversa (Cotler, 2015).

Las instituciones financieras de Ecuador juegan un papel importante en la economía al otorgar créditos a dueños de empresas; sin embargo, existen impedimentos para el normal funcionamiento de los negocios. En este entorno, mediante políticas de financiación, los gobiernos brindan apoyo para facilitar créditos financieros. Ecuador cuenta con la ayuda de la Corporación Financiera Nacional (CFN) que fomentó un proyecto en 2014, para que las pequeñas y medianas empresas accedan a los créditos (León-Gutiérrez, 2015), sugiriendo que se establezca una estratificación en cuanto a directrices que brinden soluciones eficientes ante las diferencias que presentan (Ferraro, Goldstein, Zuleta & Garrido, 2011).

La participación de actividades productivas basadas en mano de obra y recursos naturales son las que se encuentran en mayor proporción en el sector manufacturero del país. En contraste con la productividad de Estados Unidos, la industria manufacturera ecuatoriana aún se encuentra en niveles bajos (Garzón, Kulfas, Palacios & Tamayo, 2016). Sin embargo, Camino y Armijos (2018) analizaron la Productividad Total de Factores en el sector manufacturero ecuatoriano, evidenciando su crecimiento en los años 2011 y 2012, y su notable aumento en 2016, lo que estuvo a la par del desarrollo positivo del PIB nacional.

Respecto del crédito de proveedores o crédito comercial, éste es una forma de obligación financiera a corto plazo y de carácter informal, usualmente se obtiene aplazando los pagos por la obtención de bienes y servicios donde el vendedor se convierte en prestamista, pues no requiere pagos inmediatos, incluso, los empresarios que reciben estos créditos otorgan facilidades de pago a sus clientes.

La mayoría de las empresas que hacen uso del crédito de proveedores no suelen pagar intereses fijados previamente, y tampoco pierden los descuentos acordados mientras paguen las deudas con sus proveedores en los plazos acordados; además, la posibilidad de solicitar crédito de las entidades empresariales a sus proveedores aumenta mientras más pequeña sea la empresa, lo que implica que el tamaño de la empresa influye positivamente en la concesión de los créditos (Cotler, 2015).

Lopera, Vélez y Ocampo (2014) exponen algunas ventajas y desventajas de la financiación mediante instituciones financieras (IFI's) y el crédito de los proveedores que se detallan en la Tabla 1.

En la economía globalizada actual las empresas no están excluidas de los procesos de crisis; sus debilidades son evidentes cuando muchas cierran sus operaciones cuando no se adaptan o no responden a las dinámicas del mercado (Briones & Quintana, 2015).

Tabla 1. Ventajas y desventajas de financiamiento por IFI's y proveedores.

FUENTES DE FINANCIACIÓN	DEBILIDADES / RESTRICCIONES	VENTAJAS
PROVEEDORES	<ul style="list-style-type: none"> • Antigüedad comercial, legado crediticio. • Período o lapso para el pago (períodos cortos). • Adaptación a los lineamientos o protocolos del proveedor. • Precios elevados por la financiación de los productos. • Depende de la capacidad de endeudamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Descuentos por pronto pago. • Descuentos por volumen. • Aumento del capital de trabajo. • No cobro de intereses si está dentro del plazo estipulado para pago.
CRÉDITOS BANCARIOS	<ul style="list-style-type: none"> • Trayectoria en el mercado. • Elevadas tasas de interés. • Procesos engorrosos. • Requerimiento de información crediticia. • Niveles de deuda. 	<ul style="list-style-type: none"> • Oferta de plazos de pago. • Liquidez. • Aumento del capital de trabajo.

Fuente: Resolución 1260. Países Miembros de la Comunidad Andina (2009).

2.2. Determinantes de las alternativas de financiación.

Dentro de la revisión de literatura, en lo concerniente a los factores que determinan la adquisición de alternativas de créditos de fuentes externas para las PYMES se encontró que las entidades empresariales no captan debidamente su status como limitadas en la oferta y demanda de crédito de cualquier estilo, por ende en la situación que éstas viven, en torno a las opciones de acceso y costos de financiación (Larrán, García & Giner, 2010).

Esta situación de “percepción” define el acceso al mercado de capitales, ya sea en stock de recursos o como el precio de financiación en las mismas formas de negocios. En el mercado existe una correspondencia entre la deuda tradicional o bancaria con respecto al espacio o tamaño de la empresa, por lo que las más pequeñas son muy dependientes de la financiación con la banca; este output coincide con Berger y Udell (1995).

Otro factor claro es que las entidades empresariales no descubren de manera adecuada las limitaciones del crédito tradicional. Para establecer aquello, se coteja el grado de descubrimiento subjetivo con respecto a las características o requisitos para tener acceso al fondeo real por parte de la banca tradicional (Berger & Udell, 1995; Fazzari, Hubbard & Petersen, 1988; Freixas, 1993; Petersen & Rajan, 1994, 1995).

Las limitantes en el crédito son pocas, dado que si se desarrolla el plazo de interacción con la entidad financiera tradicional, este postulado es coincidente con Petersen y Rajan (1994). Bajo la misma línea, Larrán, García y Giner (2010) pudieron encontrar relevante el plazo de iteración con las entidades de financiación de las empresas determinadas y su indicador de deuda, lo que en conclusión no es más que la no existencia de un correspondiente vínculo con el proveedor respectivo de fondos y el direccionamiento del crédito. Por lo tanto, no se espera que el lapso de esta relación incida en el precio de la financiación (Cardone & Cazorla, 2001; Larrán et al., 2010).

El amplio nivel de informalismo, como trabajan las Pymes, dificulta el acceso de crédito. La volatilidad del comercio sirve como un índice del entorno crediticio. En consecuencia, cuando existen pocas ventas, éstas están siendo desvalorizadas dentro de un perfil de crédito (Hernando & Valles, 1992). La elusión tributaria se origina en presencia de altos índices de presión, es “normal” que los gerentes se vean tentados a evadir con el objetivo de declararse “insolventes”. Las condiciones de coyuntura o condiciones macroeconómicas del país hacen que el acceso se dificulte por las volatilidades del escenario económico. La limitación de colocación bancaria obedece a las restricciones de acceder al crédito.

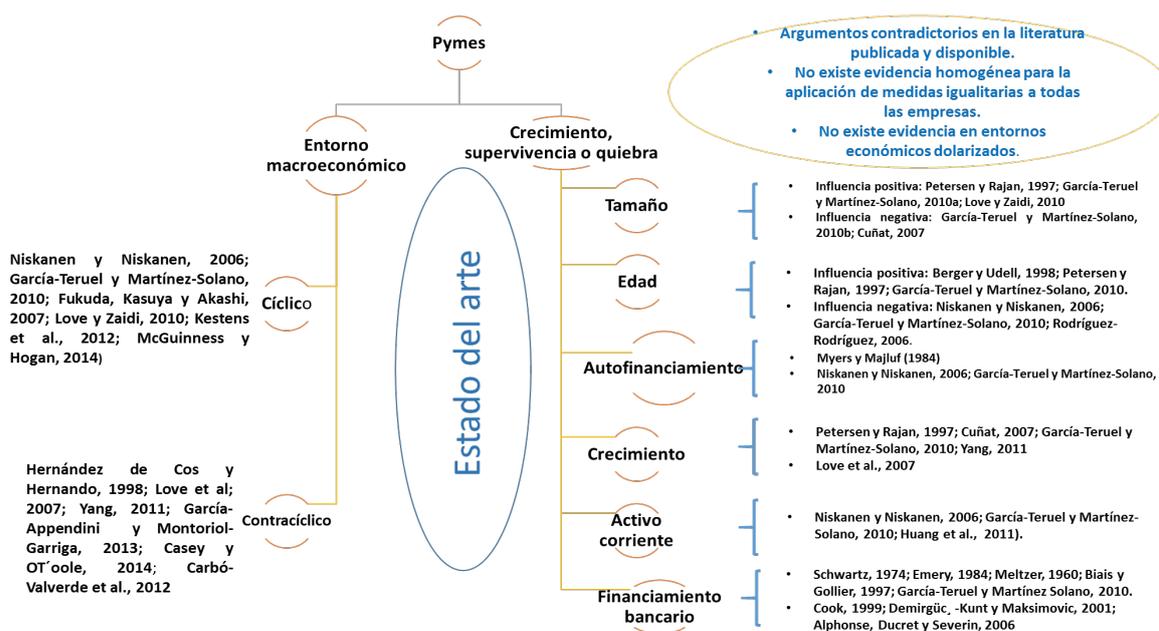
Otras investigaciones argumentan la relación contracíclica de este tipo de crédito dada la situación de un país, originando un desgaste en la financiación de este tipo en una expansión (Canto-Cuevas, Palacín-Sánchez & di Pietro, 2016; Hernández de Cos & Hernando, 1998). Diversas investigaciones identifican asociación en tiempos de dificultades, en especial, para las firmas más expuestas y que se ven motivadas a usar de alguna forma la financiación comercial (Canto-Cuevas et al., 2016; Love, Preve & Sarria-Allende, 2007; Yang, 2011).

Otra restricción es la concentración del mercado de instituciones financieras que ofertan crédito y cuentan con un adelanto de información en el mercado y de una alta reputación en relación a fijación de tasas de interés y comisiones. En Ecuador, la concentración bancaria muestra un comportamiento oligopólico: hasta el año 2015 han sido 4 bancos privados los que controlan gran parte de los depósitos y préstamos en el mercado (Camino & Morán, 2016).

2.3. Conclusión del Estado del Arte.

Los diferentes estudios sobre créditos, firmas y crecimiento de empresa se han podido desarrollar dentro del marco de una competencia de mercado, de libre acceso a operaciones o transferencias bancarias y funciones de producción que toma en cuenta las obligaciones financieras sin discriminar su naturalidad o forma. Partiendo de fuentes bibliográficas y de la poca literatura existentes se determinó un vacío o espacio para el análisis de los créditos de proveedores dentro del entorno de las entidades de manufacturas del Ecuador (García, Sánchez & Zavala, 2018), Figura 1.

Figura 1. Matriz de Mapa de la revisión de literatura.



Fuente: Elaboración propia.

Las teorías asociadas a crédito de proveedores, se caracterizan en la actualidad por una carencia de una teoría global respecto a este mecanismo de financiación, existiendo varios contrastes de diferentes modelos para de alguna manera tratar de sustentar este mecanismo. Este trabajo trata de consolidar las respectivas aportaciones y evidencias, tanto de teoría como de datos, sobre esta forma de crédito. Jerarquizando respecto a la actividad económica donde se ejerce el uso de este recurso financiero (Carbó-Valverde, Rodríguez-Fernández & Udell, 2016; Casey & O'Toole, 2014; Love et al., 2007; Yang, 2011).

En lapsos de decrecimiento económico, la relación implica que la disminución económica de los recursos está asociada a una caída de la colocación bancaria, originado por los limitados proveedores de fondeo a sus usuarios, originando el aumento de riesgo de incumplimiento y un bloqueo o fortalecimiento de las condiciones de financiación (Fukuda, Kasuya & Akashi, 2007; Kestens, Van Cauwenberge & Bauwhede, 2012; Love & Zaidi, 2010; McGuinness & Hogan, 2016). Es así como la disminución de espacios en las diferencias de información, relacionadas a la calidad del bien como a la historia de crédito del cliente, conforman una razón aceptable (García-Teruel & Martínez-Solano, 2010; Love & Zaidi, 2010; Petersen & Rajan, 1997).

Cuñat y García-Appendini (2012) brindan una contestación, desde un argumento teórico, respecto a diferentes situaciones de crédito de proveedores que hasta la actualidad no existe respuesta: a) De por qué el costo indexado de este crédito es alto y b) De por qué las firmas adoptan el rol de financieros de sus usuarios y/o clientes. Esto considerado como parte básica de la relación entre el cliente y el proveedor. Por una parte, el proveedor tiene un mayor poder de contratación que la fuerza bancaria, para hacer coacción en el pago del cliente, en la medida de poder cerrar la línea de abastecimiento o de inventario.

Finalmente, un aspecto prácticamente inexplorado del crédito de proveedores se fundamenta en su comportamiento en el tiempo. Muy aparte de las ventajas que brindan la utilización de stocks de información que brindan una mayor y eficiente información de las firmas, la mecánica de este tipo de crédito no ha sido debidamente explorada en investigaciones económicas. De esta forma todo estudio respecto a esto supondrá un justificado aporte. Así mismo, otras investigaciones observan el mecanismo inverso del crédito de proveedores referente a una situación financiera de un país (Fukuda et al., 2007; Kestens et al., 2012; Love & Zaidi, 2010; McGuinness & Hogan, 2016).

3. Metodología.

3.1. Producción, crédito de proveedores, datos preliminares.

Para el desarrollo de este trabajo se realizó una exploración previa iniciando en los datos primarios recopilados de la Superintendencia de compañías, valores y seguros de Ecuador, con datos financieros, balances y estados de 1.500 pequeñas empresas manufactureras ecuatorianas, pertenecientes a los CIU (Clasificación Industrial Internacional Uniforme de Actividades Económicas) entre el CIU21 y el CIU33, durante el período 2007-2015. Se consideró las variables ventas, cuentas por pagar y deuda con bancos.

Para efectos de definición del criterio de inclusión de la población objetivo a estudiar, se requiere de una muestra compuesta por gerentes que trabajan en pequeñas empresas manufactureras de Ecuador, cuyos datos se encuentran en la base de acceso público de la Superintendencia de compañías, valores y seguros de Ecuador. Se estratificará a las empresas de acuerdo a:

- Tamaño. Según la Resolución No. 1260 de la Comunidad Andina de Naciones (CAN, 2009), el tamaño de las empresas se establece según el personal ocupado y el volumen de ventas, como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Estratos de Empresas.

Empresas por tamaño	Volumen de ventas anuales	Personal ocupado
Micro empresa	Menor a 100.000	1 A 9
Pequeña empresa	De 100.001 a 1'000.000	10 A 49
Mediana empresa "A"	De 1'000.001 a 2'000.000	50 A 99
Mediana empresa "B"	De 2'000.001 a 5'000.000	100 A 199
Grande empresa	De 5'000.001 en adelante	200 en adelante

Fuente: Disposición Técnica para la Transmisión de Datos de Estadísticas de PYME de los Países Miembros de la Comunidad Andina (CAN, 2009).

En ese sentido se ha utilizado la información financiera contable, balances auditados, validados y de acceso público de todas las empresas de manufacturas que han hecho declaración de sus estados financieros ante la Superintendencia de compañías, valores y seguros de Ecuador en los años 2007-2017; por normativa, esta institución es la encargada de regular a las empresas.

Se define la actividad económica a través del Código CIU (Clasificación Industrial Internacional Uniforme de Actividades Económicas), clasifica de forma estándar las diferentes actividades o unidades económicas de producción en un sector económico según la actividad que esta desarrolle (INEC, 2012).

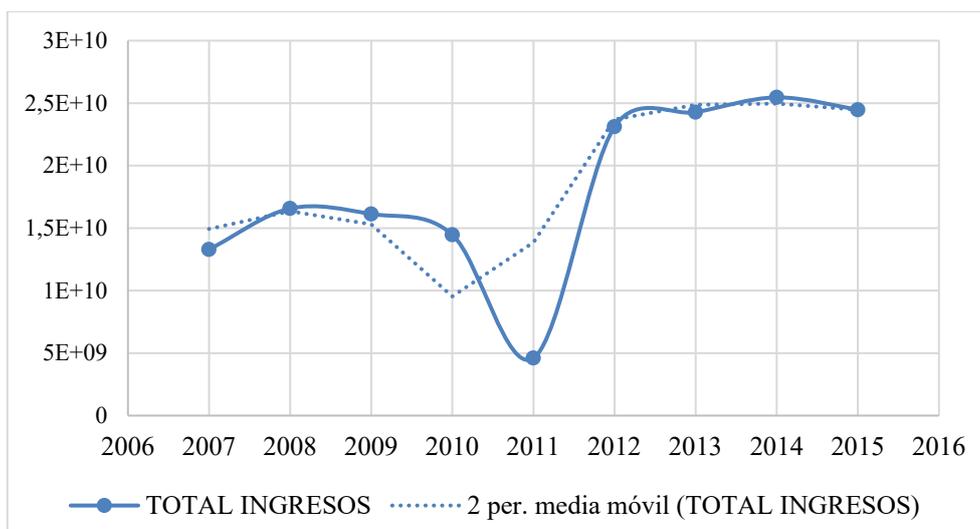
La actividad económica se define como cualquier proceso mediante el cual se obtienen bienes y servicios que cubren las necesidades. Pueden describirse y clasificarse de acuerdo a sus características tales como:

- Tipo de bienes o servicios producidos o fabricados.
- Tipo de insumos utilizados o consumidos.

La investigación es no experimental en la que se recabó información de fuente primaria mediante una entrevista en profundidad realizada a una muestra a conveniencia de pequeñas empresas (10 casos). Posteriormente, se utilizó una lista de códigos para operaciones y análisis, reafirmando así el criterio de inclusión: el mismo es que estén activas económicamente. En la determinación de los factores relevantes que hacen que los gerentes de las pequeñas empresas manufactureras hagan uso del crédito de proveedores, se consideró los aspectos de comunalidad de estas empresas de acuerdo a la actividad económica que éstas desempeñan en un mismo sector, así mismo de las potenciales variables hipotéticas o variables de segundo orden (factores); esto sirvió para hacer patrones de categorías para el proceso de condensación o aglomeración de la mayor parte de los datos o de agrupamiento lo que permitió la fundamentación de diferentes proposiciones o premisas.

En el análisis se observó que estas empresas tuvieron una caída en su crecimiento, medido por sus ventas, en el transcurso del año 2011. Es de destacar, la recuperación extraordinaria en 2012, tal como se muestra en la Figura 2, en virtud de superar la línea base previa de años anteriores a la caída.

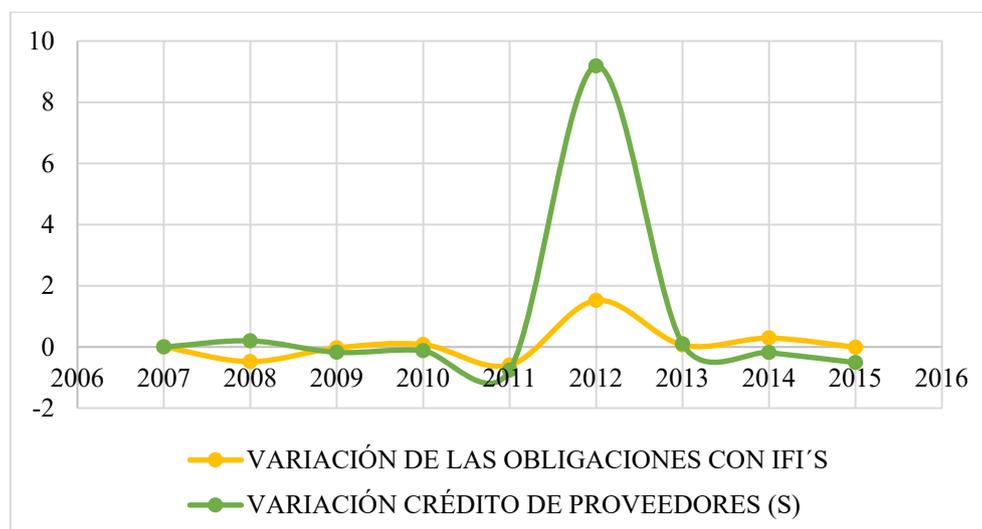
Figura 2. Tendencia del crecimiento de las empresas, medido por el volumen ventas, en Ecuador, período 2007-2015.



Fuente: Elaboración propia a partir de Base de datos de la Superintendencia de compañías, valores y seguros del Ecuador.

La recuperación durante el año 2012, se soportó más que nada por el crédito externo captado o proveniente de los proveedores registrados en sus cuentas por pagar (Figura 2). Antes de la bajada en el crecimiento del 2011, el índice de apalancamiento de las empresas manufactureras mantuvo una conducta heterogénea: IFI's y proveedores, ciertamente, se observó el grado preferencia por el crédito bancario en los años 2009, 2010, 2011. Así mismo, posteriormente de la recuperación, el empuje o compromiso externo se sostiene a partir del crédito con IFI's (García et al., 2018).

Figura 3. Relación entre el crecimiento empresarial, medido por el aumento de ingresos, y la forma de financiación: S e IFI's. Período 2007-2015.



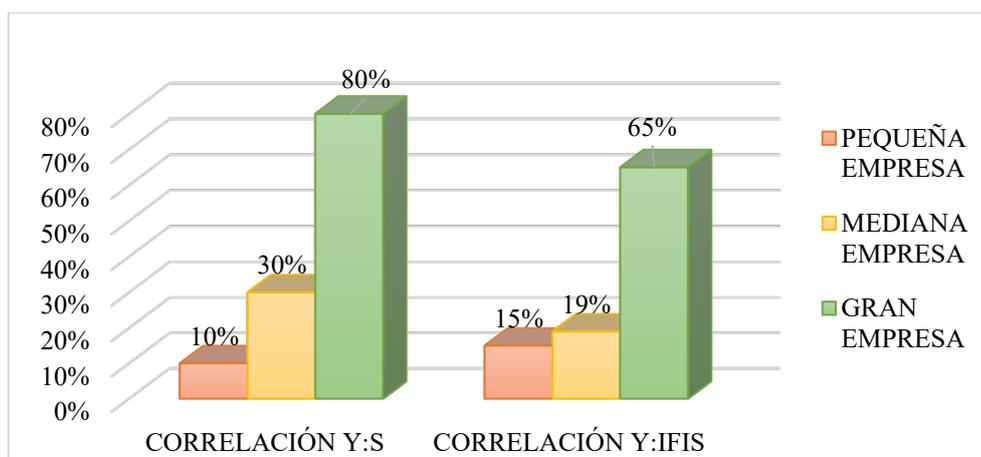
Fuente: Elaboración propia a partir de Base de datos de la Superintendencia de compañías, valores y seguros del Ecuador.

Por el contrario, las medianas empresas y las grandes tienden a apalancarse o apoyarse con el crédito de proveedores con mayor frecuencia que con la banca (Figura 3). Es ahí donde se justificó el desarrollo de este trabajo a mayor profundidad, para poder determinar qué factores

hacen que las pequeñas empresas no utilicen este tipo de crédito para sus operaciones, mientras que las grandes tienen una alta participación en este segmento de crédito.

No obstante diversas alternativas de financiación, no se ha podido identificar las características básicas para que las pequeñas y medianas organizaciones que hagan uso de un mecanismo de soporte financiero, que sostenga su crecimiento (Cotler, 2015). En esta dirección, no es claro si existe en Ecuador una conducta de alto apalancamiento o apoyo en esta forma de financiación de las pequeñas entidades con deuda bancaria. Más aun, no han sido definidos los factores característicos para la adopción de alternativas de financiamiento por estas organizaciones (García et al., 2018).

Figura 4. Dependencia del crecimiento de las empresas por tipo de financiación externa y según tamaño de las empresas. Período 2007-2015.



Fuente: Elaboración propia a partir de Base de datos de la Superintendencia de compañías, valores y seguros del Ecuador.

Para este trabajo se desarrolló una breve estimación siguiendo este modelo, con el fin de establecer una correlación preliminar entre el crédito de proveedores y la producción de las pequeñas empresas manufactureras ecuatorianas, medidas por sus ventas. La función de producción considera que la entidad empresarial “i-ésima” genera una salida en el período “t” a través de una función microeconómica de producción tipo *Cobb-Douglas* (García et al., 2018):

$$Y_{it} = A_{it}K_{it}^{\alpha}L_{it}^{\beta}M_{it}^{\gamma}S_{it}^{\theta} \quad (1)$$

Para este caso la variable Y es el stock de producción en términos reales, el parámetro A representa el parámetro de tecnología, el parámetro K representa el volumen de capital real, L significa la fuerza laboral, la variable M significa el volumen de los procesos medios de la producción (o materias primas), S es la deuda por parte de proveedores, el sub-índice “it” en las variables involucradas que considera el estudio de la empresa “i” en el período “t”. Este aporte de la variable “ S_{it} ” tiene como objetivo explicar o extender el análisis del grado de relación del crédito de proveedores a la producción. En esta dirección, se podría mostrar la magnitud y el signo en el que esta nueva variable se pueda relacionar con la producción de la empresa.

Aplicando logaritmos en la expresión número se obtiene la linealización de la función, logrando la transformación los diferentes parámetros $\alpha, \beta, \gamma, \theta$ siendo estos las elasticidades de los variables de producción con respecto a la salida en el tiempo. En esta dirección, θ contempla el factor de Créditos de Proveedores.

En este trabajo se tiene como supuesto básico que μ_i es estable para todo el tiempo. Éste no es detectado por la entidad empresarial (error estocástico). Por ende, la ecuación 2 se define como:

$$y_{it} = \beta_0 + \mu_i + \alpha k_{it} + \beta l_{it} + \gamma m_{it} + \theta p_{it} + u_{it} \quad (2)$$

En la ecuación 2 realizamos una estimación por Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO); sin embargo, se sabe que mediante este método de estimación existen problemas.

Una opción fue utilizar el modelo de Mínimos Cuadrados Generalizados (MCG) y así solucionar posibles dificultades de correlación en las series. Con un tamaño muestral grande y un período largo se define que: $\lambda = 1 - \left[\frac{\sigma_u^2}{\sigma_u^2 + T\sigma_a^2} \right]^{1/2}$

Este dato está entre valores de 0 y 1. Así se obtiene la ecuación para poder estimar por MCO:

$$y_{it} - \lambda \bar{y}_i = \beta_0(1 - \lambda) + \alpha(k_{it} - \lambda \bar{k}_i) + \beta(l_{it} - \lambda \bar{l}_i) + \gamma(m_{it} - \lambda \bar{m}_i) + \theta(p_{it} - \lambda \bar{p}_i) + (\varepsilon_{it} - \lambda \bar{\varepsilon}_i) \quad (3)$$

La barra superior en las variables indica los valores promediados. La ecuación 3 arroja variables explícitas permanentes para todos los períodos. En la actualidad para relajar o suavizar los datos, estas restricciones se utilizan métodos más congruentes: estimación GMM, como lo propuesto por Blundell y Bond (2000) y métodos no paramétricos, como el propuesto por Olley y Pakes (1996) (Blundell & Bond, 2000; García et al., 2018; Olley & Pakes, 1996).

Posteriormente a los resultados de las estimaciones obtenidas, se emplea el enfoque cualitativo adecuado para comprender el significado de situaciones y acciones en las que los participantes están involucrados, así como interpretar el contexto en el que estos actúan y cómo influyen sus acciones (Maxwell, 1996), como es el caso de los demandantes de crédito comercial, que dependen de diversos factores del contexto económico. Mediante las entrevistas se puede entender a los gerentes financieros y sus proveedores en procesos de negociación, dándoles un espacio para conocer sus propias necesidades. De acuerdo con Rubin y Rubin (2005), a través de las entrevistas cualitativas se pueden entender las experiencias y reconstruir los eventos en los que el investigador no participa.

3.2. Adecuación del diseño y recopilación de datos.

Dentro del enfoque cualitativo, la metodología utilizada es la Teoría Fundamentada, que es un diseño cualitativo que muestra rigor y dirección para los conjuntos de datos que evalúa (Hernández, Fernández & Baptista, 2010). En este método, la recolección de datos, el análisis y la teoría que surgen de ellos, guardan estrecha relación entre sí (Strauss & Corbin, 2002). El objetivo de las entrevistas realizadas fue identificar las características y propiedades de pequeñas empresas manufactureras ecuatorianas, creando confianza en el informante e incentivando a que éste revele la información requerida.

Las entrevistas se realizaron de acuerdo a una guía establecida, proveniente de una revisión exhaustiva de la literatura respecto de las variables que suelen influir en el proceso del acceso al crédito de proveedores y qué hace que se prefiera esta forma de deuda versus la tradicional (Hoof, 2005; Ogliastrri & Salcedo, 2008).

La información obtenida fue sistematizada a través de la herramienta informática ATLAS.ti 8-Windows, cuyo objetivo es facilitar el análisis cualitativo de grandes volúmenes de datos a fin de agilizar la interpretación y obtener datos cuantitativos, obteniendo como resultado las potenciales variables hipotéticas o variables de segundo orden (factores) que sirvieron para hacer categorizaciones para el proceso de condensación de la mayor parte de los datos o de

agrupamiento que permita el contraste de las diferentes hipótesis. En la Tabla 3 se detallan los factores con los que se pretende explicar los diferentes aspectos que inciden en la decisión de adquisición de crédito o financiación ajena por parte de las pequeñas empresas.

Tabla 3. Factores que inciden en la utilización del crédito de proveedores.

FACTORES DETERMINANTES DEL ACCESO AL CRÉDITO DE PROVEEDORES POR PEQUEÑAS EMPRESAS MANUFACTURERAS		
NECESIDAD DE FINANCIACIÓN	Edad de las empresas (Tiempo de actividad operativa)	(Gómez, García & Marín, 2009)
MONTO NECESARIO DE FINANCIACIÓN	Factores macroeconómicos. Crecimiento empresarial	(Canto, Palacín & Di Pietro, 2016)
UTILIZACIÓN DEL CRÉDITO EXTERNO	Innovaciones tecnológicas	(Rodríguez, 2008)
CONOCIMIENTO DE LAS FUENTES DE FINANCIACIÓN	Crédito interempresarial: Crédito de Proveedores y Crédito Financiero	(Rodríguez, 2008)
ORIGEN DE LOS FONDOS DEL CRÉDITO EXTERNO	Baja utilización de mecanismos electrónicos de pago	(Cótler, 2015)
RESTRICCIONES CREDITICIAS	Altas tasas de interés	(Petersen & Rajan, 1995)
PLAZOS PREFERIDOS PARA FINANCIACIÓN EXTERNO	Menos de 30 días	(Cótler, 2015)
PERCEPCIÓN ACERCA DE LA EFICIENCIA DEL SISTEMA FINANCIERO DEL PAÍS	Criterio individual de expertos inmersos en el sistema de producción (pequeñas empresas).	

Fuente: García (2019).

La guía de la entrevista se ha desarrollado sobre la base de las preguntas de la investigación y contempla diferentes tópicos: (a) datos generales, (b) descripción de la necesidad de financiación; (c) utilización de las formas de financiación o crédito; (d) fuentes alternativas de financiación; (e) orígenes de financiación; (f) plazos fijación de costos de estos tipos de crédito; (g) percepciones y restricciones existentes de la banca tradicional.

Las preguntas guías de la investigación se han elaborado sobre la base del propósito y objetivos de este trabajo. En este sentido, se realiza a fin de identificar las características de las pequeñas empresas ecuatorianas y qué induce a éstas a tomar financiación mediante el crédito de proveedores. La finalidad o propósito es dar a conocer las bondades y capacidad de esta forma de financiación como mecanismo de fomento al crecimiento de la producción empresarial y así identificar factores que afectan al éxito del proceso de captación y colocación.

Por lo tanto, a medida que se entrevista a los gerentes, se obtienen diversos datos, que se codifican llegando a un punto de saturación, creando así un mapa relacional que explica los factores que inciden en la adopción del crédito comercial. Es necesario utilizar esta metodología puesto que el objetivo final del estudio desarrollado desde esta perspectiva es generar o descubrir una teoría, es decir, un esquema analítico abstracto de un fenómeno que se relaciona con una situación y contexto particular (Creswell, 1998; Sandín, 2018).

En el presente estudio, se ha confeccionado una base de datos a fin de analizar los códigos que arrojan las diferentes unidades de información (entrevistados), y así poder construir una cadena de evidencia válida, para una posterior revisión y establecer relaciones de las variables del

estudio. Se ha optado por realizar entrevistas directas y en profundidad. La base de datos comprende los siguientes elementos: (a) datos generales de las entrevistas realizadas; (b) formato de Consentimiento Informado, que estará firmado por la persona entrevistada; (c) documentación adicional opcional relacionada y obtenida durante la entrevista; (d) archivo multimedia de la entrevista realizada; (e) formato de notas de entrevista; (f) transcripciones literales de las entrevistas; (g) el reporte del investigador sobre las entrevistas efectuadas; y (h) el resultado de la codificación de todas las unidades de análisis mediante la utilización del paquete informático ATLAS.ti®.

4. Resultados y discusión.

En esta sección se muestran los resultados obtenidos de la parte cuantitativa del trabajo empírico y los resultados de las entrevistas en profundidad desarrolladas, las estimaciones del modelo realizadas mediante mínimos cuadrados ordinarios, detalladas en la Tabla 4. Cada uno de los coeficientes representa el nivel de significación del patrimonio como variable capital y salario, como fuerza laboral y las cuentas por pagar, cómo éstas influyen sobre los ingresos, cada parámetro analizado, así como su respectivo R^2 y desviación estándar.

Las estimaciones presentadas en el modelo dos, realizadas mediante mínimos cuadrados ordinarios y en datos de panel, toma en consideración, el logaritmo de las variables, para poder medir el cambio que representan las variables en análisis con respecto al ingreso, cómo éstas influyen sobre los ingresos, cada parámetro analizado, así como su respectivo R^2 y desviación estándar.

Tabla 4. Estimaciones con Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO).

Modelo 1: Estimaciones Efectos fijos				Modelo 2: estimaciones MCO combinados Desviaciones típicas robustas (HAC)			
Variable dependiente: INGRESO				Variable dependiente: I_INGRESO			
Variable	Coef.	Valor P	Signif	Variable	Coef.	Valor P	Signif
				const	2.21765	0.01766	**
CTAS Y DOC POR PAGAR	1.56524	0.00051	***	I_CTAS_DOC_PO R_PAGAR	0.184876	<0.00001	***
PATRIMONIO	1.82494	<0.00001	***	I_PATRIMONIO	0.536335	<0.00001	***
SUELDOS	11.5535	0.00111	***	I_SUELDOS	0.269514	<0.00001	***
$R^2 = 0.876484$; R^2 corregido = 0.861406 Estadístico F (26, 213) = 58.1333 (valor p < 0.00001)				$R^2 = 0.657001$; R^2 corregido = 0.652641; Estadístico F (3, 236) = 150.683 (valor p < 0.00001)			

Fuente: Elaboración propia. Superintendencia de compañías del Ecuador (2017).

El modelo 3 de la Tabla 5 muestra las estimaciones bajo mínimos cuadrados generalizados (MCG), dando como resultado una alta significación estadística de las variables medidas en logaritmos y bajo el esquema de datos de panel. Se puede asumir con un nivel de confianza del 95% que existe una relación estadísticamente significativa entre las variables analizadas. Asimismo, el valor P de los residuos indica que la aproximación del modelo es confiable.

En el modelo 3 de la Tabla 5 se muestran las diferencias bajo los distintos contrastes, tanto efectos fijos como aleatorios, el nivel de patrimonio y cuentas por pagar, son estadísticamente significativos. Diferenciando la variable logaritmo de ingresos, se manifiesta un resultado de incidencia, de tal forma que se puede inferir que un aumento de los niveles de las cuentas por pagar, impacta en el incremento de la probabilidad de tener un desempeño en la producción de las empresas del sector.

Este análisis preliminar exploratorio y de estas breves estimaciones de correlación serial descritas, permitió observar que, en relación al tamaño de la empresa, la pequeña empresa accedió poco al crédito de proveedores (un 10%), explorando o solicitando mayor intermediación financiera de la banca (un 80%). Para la etapa cualitativa del trabajo se consideraron los perfiles de las diferentes empresas.

Tabla 5. Estimaciones bajo efectos fijos y efectos aleatorios.

Modelo 3: MCO bajo Efectos Aleatorios (MCG)				Modelo 4: MCO Efectos Fijos			
Variable dependiente: I_INGRESO				Variable dependiente: I_INGRESO			
Variable	Coefficiente	valor p	signif	Variable	Coefficiente	valor p	signif
Const	2.21765	0.00776	***				
I_CTAS_DOC_PO	0.184876	0.00007	***	I_CTAS_DOC_PO	0.144491	0.00399	***
I_PATRIMONIO	0.536335	<0.00001	***	I_PATRIMONIO	0.400007	0.00936	***
I_SUELDOS	0.269514	<0.00001	***	I_SUELDOS	0.290191	0.00020	***

Contraste de Breusch-Pagan:

Hipótesis nula: Varianza del error específico a la unidad = 0

Estadístico de contraste asintótico:

Chi-cuadrado (1) = 0.7055 con valor p = 0.400939

Contraste de Haussman

Hipótesis nula: Los estimadores de MCG son consistentes

Estadístico de contraste asintótico:

Chi-cuadrado (3) = 19.3844; Con valor p = 0.000227657

$R^2 = 0.70243$; R^2 corregido = 0.666107;

Estadístico F (26, 213) = 19.3384 (valor p < 0.00001)

Contraste de diferentes intercepto por grupos:

Hipótesis nula: Los grupos tienen un intercepto común

Estadístico de contraste: F(23, 213) = 1.41382;

Con valor p = P(F(23, 213) > 1.41382) = 0.106048

Fuente: Superintendencia de compañías del Ecuador (2017).

4.1. Perfil de las empresas.

Fueron diez las empresas cuyos gerentes fueron entrevistados; por motivo de confidencialidad sus nombres han sido etiquetados mediante letras del alfabeto. La Tabla 6 presenta la etiqueta de cada empresa, el código de CIU al que pertenecen y su respectiva actividad económica. Además, se identifican las empresas B, C, F, H, I y J como de propiedad familiar; a su vez el número de empleados es variado, siendo la empresa D y la empresa H las que poseen 23 empleados cada una; la empresa F y la empresa A con 17 y 14 empleados, respectivamente. La empresa con menos personal ocupado es la J, que cuenta con 8 empleados.

4.2. Identificación de unidad de análisis y categorización.

La información de los 10 entrevistados fue ordenada por cada pregunta y éstas fueron codificadas bajo categorías. Considerando las respuestas de los entrevistados, se realizó la selección de palabras y oraciones transcritas por cada dimensión donde se pudo establecer los factores que influyen en la adquisición del crédito comercial, detalladas en la Figura 5.

Dimensión 1. Tipo de cuenta bancaria de la empresa.

Con el propósito de conocer si la empresa posee cuentas bancarias y qué tipo de cuenta posee, se preguntó a los entrevistados: *¿Qué tipo de cuentas bancarias posee?* Los resultados, que se detallan en la Tabla 7, muestran que las empresas B, C, F, H, I, J, tienen cuenta corriente en alguna institución bancaria; las empresas A, B, C, D, E, G, H tienen cuenta de ahorros; la empresa I no posee ningún tipo de cuenta a nombre la empresa, sino a nombre del propietario.

Tabla 6. Perfil de entrevistados.

Empresa	CIU	Actividad Económica	Tipo de empresa	Personal Ocupado
A	C22	Fabricación de productos de caucho y plástico	No familiar	14
B	C24	Fabricación de metales comunes	Familiar	13
C	C20	Fabricación de sustancias y productos químicos	Familiar	12
D	C10	Elaboración de productos alimenticios	No Familiar	23
E	C11	Elaboración de bebidas	No Familiar	22
F	C15	Fabricación de cuero y productos conexos	Familiar	17
G	C32	Otras industrias manufactureras	No Familiar	10
H	C28	Fabricación de maquinaria y equipo N.C.P.	Familiar	23
I	C27	Fabricación de equipo electrónico	Familiar	27
J	C18	Impresión y reproducción de grabaciones	Familiar	8

Fuente: Entrevistas realizadas a gerentes de empresas manufactureras.

En este contexto, Biais y Gollier (1997) argumentaban que las diferencias informativas de la empresa con los bancos origina un mecanismo de adversidad de la información, generando una selectividad de la financiación. Sin embargo, la dificultad de la asimetría de información se simplifica cuando las Pymes actúan de manera diaria en un banco. Las empresas al tener información financiera de sus cuentas bancarias tienen mayor probabilidad de acceso a créditos financieros, debido a que los bancos tendrán mayor información de las empresas.

Tabla 7. Tipo de cuenta bancaria de la empresa.

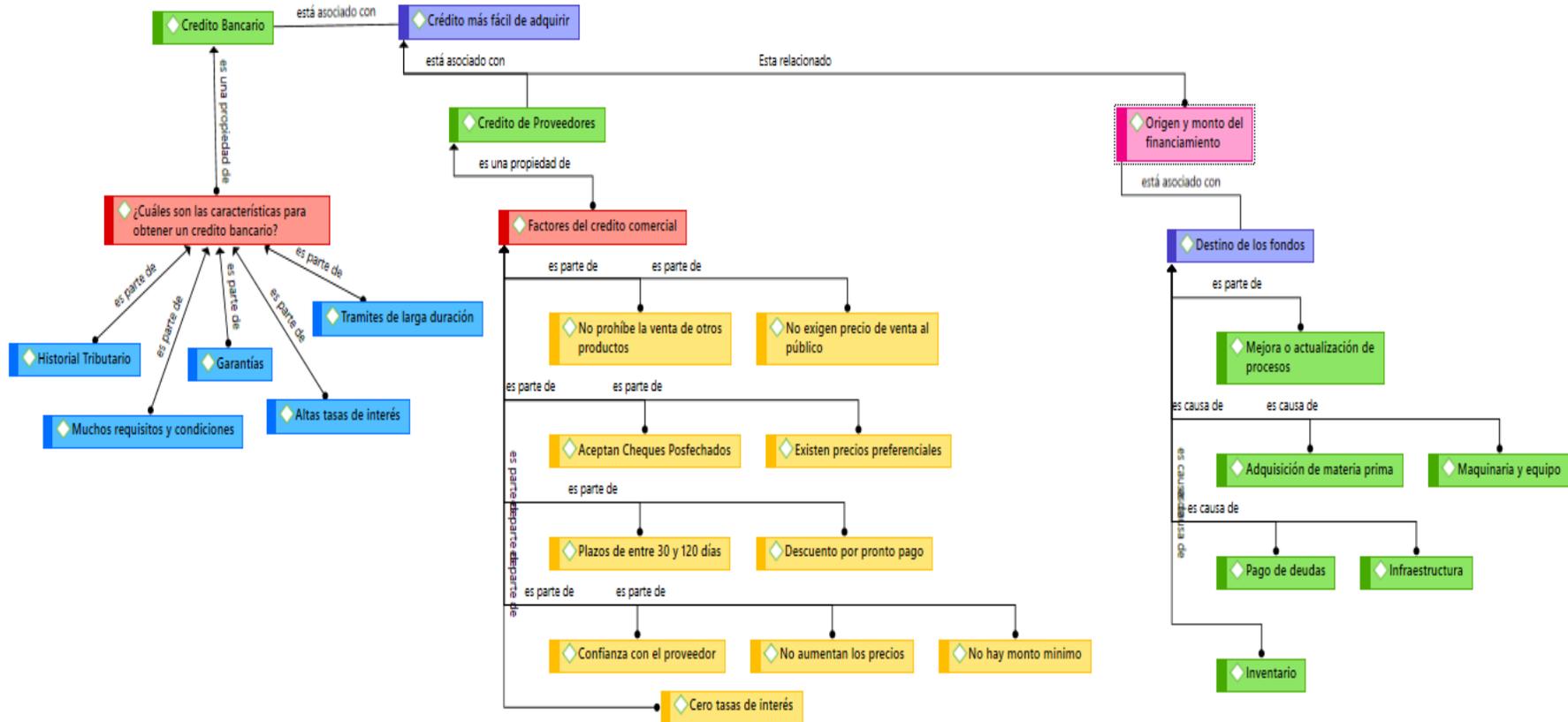
Tipo de cuenta	Empresa	f
Cuenta corriente	B, C, F, H, I, J	6
Cuenta de ahorros	A, B, C, D, E, G, H	7
No tiene	I	1

Fuente: Entrevistas realizadas a gerentes de empresas manufactureras.

Dimensión 2. Destino de los fondos obtenidos.

La Tabla 8 muestra en qué son invertidos los fondos de las empresas, es así que en las empresas C, D, E, G y H invierten en el pago de deudas; las empresas E, F, G y H invierten sus fondos en la adquisición de inventario. Por su parte, las empresas A y J han invertido los fondos recibidos en la mejora o actualización de procesos; por otro lado, la empresa B invierte sus fondos en Maquinaria y equipo, la empresa C destina sus fondos a la inversión en infraestructura y la empresa D en Materia Prima. Ninguno de los gerentes entrevistados mencionó la realización de inversiones en tecnología o en el ámbito de la investigación y desarrollo.

Figura 5. Dimensiones de las MIPYMES manufactureras en la adopción de créditos.



Fuente: Elaboracion propia.

Tabla 8. Destino de los fondos obtenidos.

<i>Uso de los fondos</i>	<i>Empresa</i>	<i>f</i>
Maquinaria y equipo	B	1
Infraestructura	C	1
Mejora o actualización de procesos	A, J	2
Deudas	C, D, E, G, I	5
Inventario	E, F, G, H	4
Materia Prima	D	1

Fuente: Elaboración propia.

Dimensión 3. Tiempo de funcionamiento de las empresas.

En cuanto al tiempo de funcionamiento, los intervalos de tiempo que se muestran en la Tabla 9 indican que las empresas C, D, F e I han estado en funcionamiento durante un período mayor a 5 años y menor de 10; las empresas A y G han estado en funcionamiento durante un tiempo menor de 5 años. La empresa E ha estado en funcionamiento durante un período mayor a 10 años, la empresa H se ha mantenido en actividades durante un período mayor de 15 años y, finalmente, la empresa B es la más antigua, con 30 años en actividad.

Tabla 9. Tiempo de funcionamiento de las empresas.

<i>Tiempo</i>	<i>Empresa</i>	<i>f</i>
Menos de 5 años	A, G	2
Menos de 10 años	C, D, F, I	4
Más de 10 años	E	1
Más de 15 años	H	1
Más de 30 años	B	1

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la dimensión *Tiempo de funcionamiento de las empresas*, Gómez et al. (2009) sostienen que las empresas que adquieren créditos financieros son generalmente las que tienen un amplio tiempo de actividad, las medianas y grandes empresas; considerando las tasas de interés y las garantías que exige la banca como factores restrictivos en el acceso de créditos para pequeñas empresas o para empresas con poco tiempo de participación en el mercado.

Dimensión 4. Origen y montos de la financiación externa.

La dimensión 4 abarca una de las principales preguntas de investigación del presente trabajo: *¿Cuáles son las fuentes de financiación de las pequeñas empresas manufactureras ecuatorianas?* Es así que la Tabla 10 muestra que las empresas A, H, F y G han accedido al crédito de proveedores con montos menores de \$25.000; las empresas B, C, D y E han accedido a montos entre \$25.000 y \$100.000; la empresa J obtuvo un crédito comercial por un monto entre \$100.000 y \$250.000. Solo la empresa I obtuvo un crédito de proveedores mayor a \$250.000. En cuanto a los créditos recibidos por instituciones bancarias, las empresas A, E y J han recibido montos menores a \$ 25.000; las empresas C, D, F e I han recibido montos entre \$100.000 y \$25.000. Por otra parte, las empresas B, G y H no han recibido fondos provenientes de instituciones bancarias.

Tabla 10. Origen y montos de la financiación externa.

<i>Monto del crédito</i>	<i>Empresa</i>	<i>f</i>
Crédito de proveedores		
<\$25.000	A, H, F, G	4
\$25.000 - \$100.000	B, C, D, E,	4
> \$100.000 - \$250.000	J	1
> \$250.000	I	1
Ninguno	-	0
Crédito bancario		
<\$25.000	A, E, J	3
\$25.000 - \$100.000	-	0
> \$100.000 - \$250.000	C, D, F, I	4
> \$250.000	-	0
Ninguno	B, G, H	3

Fuente: Elaboración propia.

Dimensión 5. Facilidad en la obtención de un tipo de crédito.

Las condiciones en la obtención de créditos externos permiten que se considere que la adquisición de algún tipo de crédito es más fácil que el otro. En este sentido, la Tabla 11 muestra que los gerentes de las empresas A, B, C, D, E, F consideran fácil la obtención del crédito de proveedores, mientras que las empresas G, H, I y J no han considerado obtener este tipo de crédito. Por otra parte, la empresa F ha accedido a un crédito financiero y considera fácil su obtención; sin embargo, las empresas H, I y J lo consideran más complejo.

Tabla 11. Facilidad en la obtención de un tipo de crédito.

<i>Monto del crédito</i>	<i>Empresa</i>	<i>f</i>
Crédito de proveedores		
Fácil	A, B, C, D, E, F	6
Ninguna	G, H, I, J	4
Crédito bancario		
Fácil	F	1
Ninguna	H, I, J	3

Fuente: Elaboración propia.

Dimensión 6. Factores característicos de los créditos bancarios.

La Tabla 12 muestra que los gerentes entrevistados en las empresas B, G, F, I y C sostienen que entre las principales características que tiene la obtención del crédito bancario es que posee muchas condiciones; así mismo, los entrevistados en las empresas H, J y C coincidieron en que los créditos bancarios tienen tasas de interés muy altas. Por otra parte, los gerentes de las empresas J e I consideran que entre los factores característicos de los créditos bancarios está la información tributaria. Otro de los factores que mencionan los gerentes de las empresas D y C es la larga duración de la aprobación del crédito; en las empresas C y E se consideran factores característicos a los trámites complejos que conlleva solicitar los créditos bancarios.

Tabla 12. Factores característicos de los créditos bancarios.

<i>Factores</i>	<i>Empresa</i>	<i>f</i>
Tasas de interés muy altas	H, J, C	3
Falta de confianza con los oficiales de crédito	B	1
Información tributaria	J, I	2
Tiempo de larga duración	D, C	2
Buen historial crediticio	B	1
Trámites complejos	C, E	2
Muchas condiciones	B, G, F, I, C	5

Fuente: Elaboración propia.

Dimensión 7. Razones de la adquisición del crédito comercial.

En la Tabla 13 se detallan las razones por las que los gerentes de pequeñas empresas manufactureras solicitan créditos a sus proveedores. En las empresas C y J confirmaron que los proveedores aceptan cheques posfechados; esto incide en la confianza que tienen con sus clientes. Los gerentes de las empresas A, B, H e I manifestaron sentirse a gusto con el hecho de poder trabajar y vender con productos de otros proveedores, ya que ellos no se lo prohíben. Esto es muy provechoso para las empresas debido a que no se limitan en la adopción de créditos comerciales y pueden tener varios créditos a la vez, con diferentes proveedores.

Tabla 13. Razones de la adquisición del crédito comercial.

<i>Factores</i>	<i>Empresa</i>	<i>f</i>
Cheques posfechados	C, J	2
No prohíbe la venta de otros productos	A, B, H, I	4
Plazos de entre 30 y 120 días	A, C, D, E, I	5
Cero tasas de interés	B, C, D, E, F, G, I, J	8
Precios preferenciales	A, B, C, F, H, I	6
Confianza con el proveedor	G	1
No exigen precio de venta al público	A, C	2
No aumentan los precios	B, C	2
Descuento por pronto pago	H	1
No hay monto mínimo	B, C	2

Fuente: Elaboración propia.

Otra razón que motiva a los gerentes de las pequeñas empresas manufactureras es que sus proveedores les permiten extender los plazos de pagos por algunos días o semanas: así lo expresaron los gerentes de las empresas A, C, D, E, I. También una de las principales diferencias que tienen los proveedores con las entidades financieras, es la inmediata disposición de los créditos, a diferencia de lo que sucede con los créditos bancarios.

Por otro lado, el tipo de interés es una de las variables de mayor importancia que incide en la promoción de una política de crédito, dado que el aumento de éste, tendría consecuencias económicas inmediatas tanto en las inversiones como en las decisiones directivas en las empresas (Ocampo, 2015). En este sentido, una baja tasa de interés incentivará la promoción de créditos; es así que los gerentes

entrevistados en las empresas B, C, D, E, F, G, I y J indicaron que una de las principales razones por las que eligieron adoptar un crédito comercial, es por la nula tasa de interés que sus proveedores les determinaban.

Al mismo tiempo, este factor también permite detectar cuáles son las fuentes de financiación de las pequeñas empresas manufactureras ecuatorianas, debido a que la nula tasa de interés, motivaría a adoptar el crédito comercial como una de sus principales fuentes de financiación. En consecuencia, las nulas tasas de interés son el primer factor motivador para que las PYMES manufactureras adopten el crédito comercial. Con esto se responde a una de las preguntas principales de investigación de este trabajo: *¿Cuáles son los principales elementos motivadores del uso de crédito de proveedores por parte de las pequeñas empresas manufactureras ecuatorianas?*

Según los resultados de las entrevistas, los gerentes de las empresas A, B, C, F, H e I se ven atraídos por los precios preferenciales, que les asignan sus proveedores cuando adquieren créditos con montos considerables; esto incide en que en el largo plazo se afiancen las relaciones crediticias de las empresas con sus proveedores, pues al ser recompensados con precios preferenciales por adquirir grandes montos, deja la posibilidad para solicitar un nuevo crédito. El gerente de la empresa G manifestó que el vínculo que tenían con sus proveedores, era de mucha confianza, y por eso preferían solicitar créditos a ellos.

Los proveedores no le exigen precio de venta al público a los clientes que conceden el crédito: así lo confirmaron los gerentes de las empresas A y C, siendo uno de los factores por los que adoptan este tipo de créditos. Por otro lado, los gerentes de las empresas B y C que habían adquirido crédito comercial, indicaron que no se les ha aumentado el precio de productos que están dentro del crédito comercial. Solo el gerente de la empresa H indicó que recibió descuento por pronto pago, por ende, este es el factor menos motivador para adoptar un crédito comercial. Los proveedores no les exigen un monto mínimo de crédito a los demandantes de crédito comercial, así lo manifestaron los gerentes de las empresas B y C.

Esto es congruente con lo que manifestaron los entrevistados sobre los requisitos que necesitaban al solicitar un préstamo bancario. Las principales características fueron el historial crediticio, tributario y su nivel de ingresos, además de las altas tasas de interés en comparación al crédito comercial, las garantías y la larga duración en los trámites para la adquisición de los créditos, dichas condiciones se tornan numerosas y difíciles de cumplir. Basándonos en la literatura y en el análisis realizado de las entrevistas en profundidad, se puede determinar que las características del crédito bancario, motivan a los gerentes de las PYMES manufactureras a adoptar créditos directamente con sus proveedores.

5. Conclusiones.

Existen algunos factores determinantes del crédito comercial, cuya variación es más significativa de acuerdo al tipo de actividad económica de las empresas, aunque con muy poca variación intraindustrial (Ng, Smith & Smith, 1999). Este tipo de crédito incide en las políticas de determinación de precios, lo que se relaciona directamente con las condiciones monetarias a nivel agregado. A mayores ganancias de la explotación de poder del mercado a través de la discriminación de precios, mayor posibilidades de extensión del crédito comercial (Mian & Smith, 1992).

En Ecuador hoy en día, las empresas (pequeñas y medianas) conforman el 90% de las entidades productoras, lo que representa aproximadamente el 65% de la actividad laboral. El 55% incide positivamente en la producción (Briones & Quintana, 2015). Tienen un frente de distribución muy alto, efecto multiplicador de empleo, flexibilización, estandarización a diferentes entornos económicos y una estructura plana empresarial (Quiñonez, 2012), Lo que da origen a una función productiva de la empresa relacionada con el uso de elementos humanos y materiales para generar bienes y servicios.

A continuación, se detallan los resultados obtenidos de las entrevistas, orientadas a las preguntas de investigación planteadas:

¿Cuáles son las fuentes de financiación de las pequeñas empresas manufactureras ecuatorianas?

Una de las fuentes externas de financiamiento más común es el crédito obtenido mediante instituciones financieras, sin considerar el tamaño empresarial, tipo de actividad o barreras de entrada que presentan este tipo de operación. No obstante, ante estas limitaciones, el pequeño empresario accede a un tipo de financiación no tradicional con el proveedor en especies, especialmente para actividades asociadas a la parte operativa de su actividad y a corto plazo. Las fuentes de su financiación están fuertemente asociadas con la historia crediticia que éste posee, facilidad en el acceso y la documentación que el usuario disponga.

¿Cuáles son los factores que determinan el uso de los créditos provenientes de proveedores por parte de las pequeñas empresas manufactureras ecuatorianas?

Entre estos factores se encuentran principalmente las inversiones de los gerentes en el pago de deudas y las inversiones en el inventario de las empresas. Otros factores relevantes son la inversión en mejoras de procesos, infraestructura, materias primas, maquinarias y equipos. Así mismo, los resultados muestran que dentro de los factores incidentes se encuentra el grado de facilidad, que comprende aspectos intrínsecos o por naturaleza de esta forma de crédito que salen a la luz cuando el crédito bancario se torna más complejo su acceso, las garantías juegan un rol predominante en el momento del pacto de este tipo de operación; no obstante, el prestigio del cliente se convierte en un factor de éxito para pedir este tipo de crédito.

¿Cuáles son los principales elementos motivadores del uso de crédito de proveedores por parte de las pequeñas empresas manufactureras ecuatorianas?

Entre los principales elementos motivadores del uso de crédito de proveedores destacan el que no cobra intereses y las facilidades de pago, como los cheques posfechados, los plazos para poder pagar el crédito, los descuentos e incluso la capacidad que permite a las empresas de establecer sus propias políticas de precios y la libertad de poder vender productos que son competencia de sus proveedores. Otros de los factores determinantes para la adopción de los créditos comerciales son las características que tienen los créditos bancarios por eso debido a su complejidad, los gerentes de las pequeñas empresas manufactureras se les hace más fácil y motivador adoptar un crédito de sus proveedores.

Los resultados muestran que el oferente de crédito de proveedores induce al pequeño empresario a pedir este tipo de crédito sin considerar los aspectos normativos, teniendo en cuenta los montos, aumento de precios, operaciones post-pagos, guardan el grado de fidelidad del cliente, garantizando una próxima operación de este tipo de crédito, indistinto del cumplimiento de la promesa de pago ya pactada.

El presente trabajo evidencia los diferentes factores incidentes en la toma de decisión acerca de la obtención de créditos, sea con una institución financiera u otro canal crediticio, es decir, bancos o directamente con proveedores, teniendo como referencia que los actores sean los empresarios manufactureros pequeños. También caracteriza el crédito comercial de acuerdo con la facilidad de obtención, orígenes, fidelidad, mecanismo de pago, que son aspectos que influyen en la decisión del volumen del crédito y el plazo a convenir para tal operación; así mismo permite evidenciar las limitaciones que los empresarios tienen para el acceso hacia el crédito bancario, como garantías, altas tasas de interés y condiciones no competitivas.

Además, muestra cómo el destino de los fondos incide en el crecimiento empresarial, sean estos dirigidos hacia el capital de trabajo o bienes de larga duración, considerando el tamaño y el sector económico en que las empresas se desempeñan. También presenta factores de éxito respecto del crédito y la planeación de crecimiento empresarial y del entorno.

De la misma forma se encuentran similitudes de este tipo de crédito en otras economías y sistemas de colocación crediticia, como el cooperativismo en México, lo que permitiría establecer diferentes hipótesis en el desarrollo de trabajos de investigación que permitan plantear interrelaciones de crédito en diferentes esquemas económicos y monetarios, teniendo en cuenta este tipo de empresas, actividad, aspectos de cultura y niveles de facilidad en el acceso.

Es importante tener en cuenta el hecho que añade una fuerte evidencia en la literatura actual en torno a las características de las diferentes formas acceder a un crédito, considerando su destino o fin, no como un acto de simple consumo, sino como opción o alternativa de crecimiento en el orden empresarial del sector manufacturero ecuatoriano. Este grado de evidencia podrá servir para la formulación de estrategias de cómo fondear a los sectores productivos ecuatorianos, ya sea por los medios tradicionales o por otras alternativas o mecanismos patrimoniales que redunden en el crecimiento económico.

Referencias

- Arellano, C., Bai, Y., & Zhang, J. (2012). Firm dynamics and financial development. *Journal of Monetary Economics*, 59(6), 533-549. DOI: 10.1016/j.jmoneco.2012.06.006.
- Beck, T., & Demirguc-Kunt, A. (2006). Small and medium-size enterprises: Access to finance as a growth constraint. *Journal of Banking & Finance*, 30(11), 2931-2943. DOI: 10.1016/j.jbankfin.2006.05.009.
- Berger, A.N., & Udell, G.F. (1995). Relationship Lending and Lines of Credit in Small Firm Finance. *The Journal of Business*, 68(3), 351-381. Recuperado a partir de <http://www.jstor.org/stable/2353332>.
- Berger, A., & Udell, G. (1998). The economics of small business finance: The roles of private equity and debt markets in the financial growth cycle. *Journal of Banking & Finance*, 22(6), 613-673. DOI: 10.1016/S0378-4266(98)00038-7.
- Biais, B., & Gollier, C. (1997). Trade Credit and Credit Rationing. *The Review of Financial Studies*, 10(4), 903-937. DOI: 10.1093/rfs/10.4.903
- Blundell, R., & Bond, S. (2000). GMM Estimation with persistent panel data: an application to production functions. *Econometric Reviews*, 19(3), 321-340. DOI: 10.1080/07474930008800475.
- Briones, K.P.A., & Quintana, E.V.P. (2015). Diagnóstico de las fuentes no tradicionales de financiamiento empleadas por las PYMES del Cantón Quevedo. Ecuador. *Revista Publicando*, 2(3), 149-162. Recuperado a partir de <http://www.rmlconsultores.com/revista/index.php/crv/article/view/41>.
- Camino, S., & Morán, J. (2016). Estructura de Mercado del Sistema Bancario Ecuatoriano: Concentración y Poder de Mercado. *XI Congreso de Ciencia y Tecnología ESPE 2016*, 235-9.
- Camino-Mogro, S., & Armijos-Bravo, G. (s. f.). Productividad Total de los Factores en el sector manufacturero ecuatoriano: evidencia a nivel de empresas, *Cuadernos de Economía*, 41, 241-261.
- Canto-Cuevas, F.-J., Palacín-Sánchez, M.-J., & di Pietro, F. (2016). Efectos del ciclo económico en el crédito comercial: el caso de la pyme española. *European Research on Management and Business Economics*, 22(2), 55-62. DOI: 10.1016/j.iedee.2015.11.001.

- Carbó-Valverde, S., Rodríguez-Fernández, F., & Udell, G. (2016). Trade Credit, the Financial Crisis, and SME Access to Finance. *Journal of Money, Credit and Banking*, 48(1), 113-143. DOI: 10.1111/jmcb.12292.
- Cardone, C., & Cazorla, L. (2001). New approaches to the analysis of the capital structure of SME's: empirical evidence from Spanish firms. *Business Economics*, 03(1), 1-3.
- Casey, E., & O'Toole, C. M. (2014). Bank lending constraints, trade credit and alternative financing during the financial crisis: Evidence from European SMEs. *Journal of Corporate Finance*, 27(Supplement C), 173-193. DOI: 10.1016/j.jcorpfin.2014.05.001.
- CEPAL (2010). Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Recuperado a partir de <http://www.cepal.org/es>
- Cotler, P. (2015). Crédito de proveedores, tamaño de empresa e informalidad. *El trimestre económico*, 82, 559-582.
- Creswell, J.W. (1998). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five traditions*. Thousand Oaks, CA, US: Sage Publications, Inc.
- Cuñat, V., & Garcia-Appendini, E. (2012). Trade credit and its role in entrepreneurial finance. *Oxford handbook of entrepreneurial finance*, 526-557. DOI: 10.1093/oxfordhb/9780195391244.013.0018.
- Fariñas, J. (2015). *La industria española y los retos de la competencia global*. Conferencia del ciclo Cátedra La Caixa. Madrid, España. Recuperado a partir de <http://www.caixabankresearch.com/sites/default/files/events/1504cm-es.pdf>
- Fazzari, S., Hubbard, R.G., & Petersen, B. (1988). Financing Constraints and Corporate Investment. *Brookings Papers on Economic Activity*, 19(1), 141-206.
- Ferraro, C., Goldstein, E., Zuleta, L., & Garrido, C. (2011). *Eliminando barreras: el financiamiento a las PYMES en América Latina*. Santiago de Chile: NU. CEPAL.
- Fisman, R., & Love, I. (2003). Trade Credit, Financial Intermediary Development, and Industry Growth. *The Journal of Finance*, 58(1), 353-374.
- Freixas, X. (1993). *Short term credit versus account receivable financing* (Economic Working Papers Series). Universidad Pompeu Fabra.
- Fukuda, S., Kasuya, M., & Akashi, K. (2007). The role of trade credit for small firms: An implication from Japan's banking crisis. *Policy Research Institute, Ministry of Finance, Japan Public Policy Review*, 3(1), 24-50.
- García, J.O., Sánchez, S.E., & Zavala, J.J. (2018). Factores determinantes en la adopción de las alternativas de financiamiento y su evidencia en el crecimiento de las empresas manufactureras en Ecuador. *Revista Espacios*, 39(18), 1-9.
- García-Teruel, P.J., & Martínez-Solano, P. (2010). A dynamic perspective on the determinants of accounts payable. *Review of Quantitative Finance and Accounting*, 34(4), 439-457. DOI: 10.1007/s11156-009-0124-0.

- Garzón, N., Kulfas, M., Palacios, J., & Tamayo, D. (2016). *Evolución del sector manufacturero ecuatoriano 2010-2013* (p. 88). Quito, Ecuador: INEC. Recuperado a partir de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Bibliotecas/Libros/SECTOR%20MANUFACTURERO.pdf>
- Gitman, L.J., & Zutter, C.J. (2013). *Principios de administración financiera (12a. ed.)*. Distrito Federal: Pearson Educación. Recuperado a partir de <http://public.eblib.com/choice/PublicFullRecord.aspx?p=4849585>.
- Gómez, A., García, D., & Marín, S. (2009). Restricciones a la financiación de la PYME en México: una aproximación empírica. *Análisis Económico*, XXIV(57), 217-238.
- Hernández de Cos, P., & Hernando, I. (1998). *El crédito comercial en las empresas manufactureras españolas*. Madrid, España: Banco de España - Servicio de Estudios. Disponible en <https://www.bde.es/bde/es/secciones/informes/>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill.
- Hernando, I., & Valles, J. (1992). *Inversión y restricciones financieras: evidencia en las empresas manufactureras españolas*. Madrid, España: Banco de España - Servicio de Estudios. Disponible en <https://www.bde.es/bde/es/secciones/informes>
- Hoof, B. van (Ed.). (2005). *Relaciones interculturales: negociaciones entre colombianos y holandeses*. Bogotá, Colombia: Universidad de Los Andes, Facultad de Administración.
- Ibujés, J.M., & Benavides, M.A. (2018). Contribución de la tecnología a la productividad de las pymes de la industria textil en Ecuador. *Cuadernos de Economía*, 41(115), 140-150. DOI: 10.1016/j.cesjef.2017.05.002.
- INEC (2012). *Quito, Ecuador. Clasificación Nacional de Actividades Económicas*. Recuperado de: <https://aplicaciones2.ecuadorencifras.gob.ec/SIN/descargas/ciiu.pdf>
- Kestens, K., Van Cauwenberge, P., & Bauwhede, H.V. (2012). Trade credit and company performance during the 2008 financial crisis. *Accounting & Finance*, 52(4), 1125-1151. DOI: 10.1111/j.1467-629X.2011.00452.x.
- Larrán, J., García, F., & Giner, M. (2010). Factores determinantes del racionamiento de crédito a las pymes: Un estudio empírico en Andalucía. *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*, 16(2), 63-82. DOI: 10.1016/S1135-2523(12)60112-9.
- León-Gutiérrez, D. (2015). Antecedentes de la configuración de políticas de financiamiento a las pymes en Ecuador. *Revista Observatorio Pyme*, 1(1), 6-8.
- Levine, R. (2005). Finance and Growth: Theory and Evidence. En P. Aghion y S. Durlauf (Eds.), *Handbook of Economic Growth* (pp. 865-934). Amsterdam: Elsvier.
- Lopera, J.K., Velez, V.M., & Ocampo, L.J. (2014). Alternativas de Financiación para las MIPYMES en Colombia. *Adversia*, 1-18. Recuperado de: <https://revistas.udea.edu.co/index.php/adversia/article/view/20900/17492>.

- Love, I., Preve, L.A., & Sarria-Allende, V. (2007). Trade credit and bank credit: Evidence from recent financial crises. *Journal of Financial Economics*, 83(2), 453-469. DOI: 10.1016/j.jfineco.2005.11.002.
- Love, I., & Zaidi, R. (2010). Trade Credit, Bank Credit and Financial Crisis. *International Review of Finance*, 10(1), 125-147. DOI: 10.1111/j.1468-2443.2009.01100.x.
- Maxwell, J.A. (1996). *Qualitative research design: An interactive approach*. Thousand Oaks, CA, US: Sage Publications, Inc.
- McGuinness, G., & Hogan, T. (2016). Bank credit and trade credit: Evidence from SMEs over the financial crisis. *International Small Business Journal*, 34(4), 412-445.
- Mian, S., & Smith, C. (1992). Accounts Receivable Management Policy: Theory and Evidence. *The Journal of Finance*, 47(1), 169-200. DOI: 10.1111/j.1540-6261.1992.tb03982.x.
- Ng, C.K., Smith, J.K., & Smith, R.L. (1999). Evidence on the Determinants of Credit Terms Used in Interfirm Trade. *The Journal of Finance*, 54(3), 1109-1129.
- Ocampo, J. (2015). *América Latina frente a la turbulencia económica mundial*. USA: CEPAL. Recuperado a partir de <http://200.9.3.98/handle/11362/39623>.
- Ogliastri, E., & Salcedo, G. (2008). La cultura negociadora en el Perú un estudio exploratorio. *Journal of Economics, Finance and Administrative Science*, 13(25), 9-33.
- Olley, G.S., & Pakes, A. (1996). The Dynamics of Productivity in the Telecommunications Equipment Industry. *Econometrica*, 64(6), 1263-1297. DOI: 10.2307/2171831.
- Perdomo, A. (2002). *Planeación financiera para épocas normal y de inflación*. International Thomson Editores.
- Petersen, M.A., & Rajan, R.G. (1994). The Benefits of Lending Relationships: Evidence from Small Business Data. *The Journal of Finance*, 49(1), 3-37. DOI: 10.2307/2329133.
- Petersen, M.A., & Rajan, R.G. (1995). The Effect of Credit Market Competition on Lending Relationships. *The Quarterly Journal of Economics*, 110(2), 407-443. DOI: 10.2307/2118445
- Petersen, M.A., & Rajan, R.G. (1997). Trade credit: theories and evidence. *The review of financial studies*, 10(3), 661-691.
- Quiñonez, M. (2012). Estudio de la gestión competitiva de las pequeñas y medianas empresas (PYMES) comerciales. *Observatorio de la Economía Latinoamericana*, 1(175). Recuperado a partir de <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/ec/2012/pequenas-medianas-empresas-ecuador.html>.
- Rubin, H., & Rubin, I. (2005). *Qualitative Interviewing (2nd ed.): The Art of Hearing Data (2nd ed.)*. Thousand Oaks, California. DOI: 10.4135/9781452226651.
- Sandín, M. (2018). *Investigación Cualitativa en Educación, fundamentos y tradiciones*. Madrid, España: McGraw & Hill Interamericana de España.
- Strauss, A.L., & Corbin, J. (2002). *Bases de la investigación cualitativa: técnicas y procedimientos para desarrollar la teoría fundada (1ª. ed.)*. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia.

- Veugelers, R. (2013). *Manufacturing Europe's future*. Brussels: Bruegel Blueprint Series. Recuperado a partir de <https://wiiw.ac.at/session-i-manufacturing-europe-s-future-dlp-3272.pdf>.
- Yang, X. (2011). The role of trade credit in the recent subprime financial crisis. *Causes, consequences and cures of the subprime financial crisis*, 63(5), 517-529. DOI: 10.1016/j.jeconbus.2011.05.001.



Explicitación del conocimiento en pequeñas y medianas empresas. Un análisis desde la perspectiva de redes sociales

PINOCHET SÁNCHEZ, GISELLE

Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas

Universidad Antonio Nariño (Colombia)

Correo electrónico: gpinochet@uan.edu.co

MARIÑO, JUAN PABLO

Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas

Universidad Antonio Nariño (Colombia)

Correo electrónico: jupamarino@uan.edu.co

RAMÍREZ TARAZONA, VLADIMIR

Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas

Universidad Antonio Nariño (Colombia)

Correo electrónico: vlaramirez@uan.edu.co

RESUMEN

Pese a la reconocida importancia sobre la explicitación del conocimiento dentro de la gestión del conocimiento, este proceso ha sido mayormente estudiado desde la perspectiva interna. Es decir, considerando únicamente a los trabajadores como actores de la explicitación, dejando de lado que con frecuencia las fuentes de conocimiento son actores externos. El objetivo de este trabajo es evaluar si existen diferencias significativas entre las empresas que hacen explicitación del conocimiento de forma interna, versus las que incluyen actores externos en este proceso. Para ello, se aplicó un modelo de red en el que los nodos representan actores internos y externos y los vínculos dirigidos dan cuenta de quién es la fuente del conocimiento y quién es quién es responsable de la explicitación del conocimiento. Se aplicó el modelo a 21 pequeñas empresas de servicios colombianas y con base en los resultados obtenidos se encontró que es posible clasificar a las empresas en cuatro categorías según su tendencia a mostrar más o menos explicitación interna, y más o menos explicitación abierta. Los resultados sugieren que existen perfiles de explicitación con mejor desempeño que otros.

Palabras clave: explicitación, red, explicitación abierta.

Clasificación JEL: C00; L14; M10.

MSC2010: 03B52; 94C15.

Explicit knowledge in small and medium enterprises. An analysis from the perspective of social networks

ABSTRACT

Despite of the recognized importance on the explicitation of knowledge within knowledge management, this process has been mainly studied from the internal perspective. That is, considering only the workers as explicit actors, leaving aside that the sources of knowledge are often external actors. The objective of this paper is to evaluate if there are significant differences between companies that make knowledge explicit internally, versus those that include external actors in this process. For this, a network model was applied in which the nodes represent internal and external actors and the directed links give an account of who is the source of knowledge and who is who is responsible for the disclosure of knowledge. The model was applied to 21 small Colombian service companies and based on the results obtained it was found that it is possible to classify companies into four categories according to their tendency to show more or less internal explicitness, and more or less open explicitness. The results suggest that explicitation profiles exist with better performance than others.

Keywords: externalization, network, open externalization.

JEL classification: C00; L14; M10.

MSC2010: 03B52; 94C15.



1. Introducción.

Diferentes autores coinciden en que la Gestión del Conocimiento (GC) debe concentrar sus esfuerzos en la creación de conocimiento, ya que el nuevo conocimiento es responsable de la mejora del desempeño de la empresa (Nonaka, 2007; Nonaka & Toyama, 2005). De manera más precisa, se ha afirmado que las diferencias entre los resultados obtenidos por las organizaciones se deben a la mayor creación y explotación del conocimiento (Nonaka, Toyama & Nagata, 2000).

El conocimiento se crea mediante la transformación del conocimiento, que es el proceso de cambio entre las dos formas de conocimiento que coexisten en la empresa: el conocimiento tácito y el conocimiento explícito. Según el conocimiento origen y el conocimiento que surge como producto de este proceso, pueden distinguirse cuatro tipos de transformación: socialización, que es la transformación de conocimiento tácito a conocimiento tácito; exteriorización, que es la transformación de conocimiento tácito a explícito; la combinación, que es la transformación de conocimiento explícito a conocimiento explícito; e interiorización que es la transformación de conocimiento explícito a conocimiento tácito (Nonaka & Takeuchi, 1995; Nonaka, 1991).

Aunque todos los procesos de transformación son necesarios para la empresa, se ha señalado que el proceso de explicitación (EC) aporta más valor a la empresa porque crea un activo disponible de manera permanente (Contreras, 2009). En efecto, el conocimiento explícito está libre de limitaciones de tiempo y espacio. Esto permite minimizar el riesgo de que pierda conocimiento vital si las personas clave no están disponibles o abandonan la organización (Nezafati, Afrazeh & Jalali, 2009; Smith, 2001). Una ventaja adicional de explicitar el conocimiento es que permite identificar deficiencias o vacíos de conocimiento que deben suplirse, lo que consecuentemente motiva la creación de nuevo conocimiento (Nonaka, Toyama & Konno, 2000).

Sin embargo, los estudios sobre explicitación se han centrado en lo que en este trabajo se denomina explicitación interna del conocimiento (EIC) es decir, explicitación donde el conocimiento proviene exclusivamente de los trabajadores, dejando de lado el hecho de que con frecuencia las ideas para la creación de nuevo conocimiento provienen de fuentes externas a la empresa (González-Sánchez & García-Muiña, 2011; Kao & Wu, 2016).

Es por ello que este trabajo tiene como objetivo evaluar si existen diferencias apreciables en el estilo de EC de una muestra de pequeñas y medianas empresas colombianas del sector servicios. Para medir la interacción de los trabajadores en la explicitación del conocimiento (EC) se empleó la ciencia de redes, y cinco medidas de red como indicadores de este proceso. Para evaluar si existen diferencias apreciables entre la explicitación interna del conocimiento (EIC) y la explicitación abierta (EAC) se empleó un algoritmo de agrupamiento difuso. De esta forma, las 21 pequeñas empresas colombianas del sector servicios que conformaron la muestra fueron clasificadas según su tendencia en la EC.

2. Marco teórico.

La creación de conocimiento es el proceso de desarrollo de nuevas ideas y soluciones sobre diferentes aspectos de la empresa, como productos, procesos y estrategias de gestión (Nonaka & Toyama, 2005; Nonaka, 1991). El desarrollo de ventajas competitivas depende en gran medida de la capacidad de las empresas de crear permanentemente nuevo conocimiento, así como de su capacidad de hacerlo extensivo a todas las áreas de la empresa (Navarro & Olivari, 2016; Aghajani, Yahyazadehfar & Hosseinzadeh, 2011; Ibarrán, Maffioli & Stucchi, 2019; Henríquez, 2009; Nonaka, Toyama & Nagata 2000). Si bien el conocimiento es producto de las capacidades humanas, sin interacción entre el sujeto que crea conocimiento y otros individuos la creación de conocimiento no puede tener lugar (Nonaka & Takeuchi, 1995; Rai & Prakash, 2012). Esto hace que la creación de conocimiento sea un proceso inherentemente social, que no se encuentra en la

individualidad de un actor -interno o externo a la empresa- sino en la relación entre dos o más actores (Nonaka, Toyama & Konno, 2000; Wei & Alvarenga, 2010).

El conocimiento organizacional se crea a partir de combinaciones entre el conocimiento tácito y explícito existente en la empresa, a través del proceso de transformación del conocimiento. El conocimiento tácito se caracteriza por ser individual y difícil de formalizar, ya que se pone en práctica sin mediación consciente (Nonaka & Takeuchi, 1995). Este tipo de conocimiento le permite al individuo resolver problemas a partir de su experiencia y dada su naturaleza informal puede adaptarse a diferentes circunstancias (Muthuveloo, Shanmugam & Teoh, 2017; Erden, Von Krogh & Nonaka, 2008). Además, tiene un rol especialmente importante en las tareas grupales porque permite el desarrollo de habilidades del grupo para innovar y afrontar situaciones inesperadas donde no hay reglas o roles predeterminados (Erden, Von Krogh & Nonaka, 2008; Nonaka & Toyama, 2007; Rai & Prakash, 2012). La principal ventaja del conocimiento tácito es que es relativamente económico y fácil de adquirir (Kabir, 2013). No obstante, este conocimiento implica algunos riesgos para las organizaciones, siendo el principal la pérdida frente a la ausencia del trabajador que lo posee (Nezafati, Afrazeh & Jalali, 2009).

Por su parte, el conocimiento explícito es fácil de comunicar, y pertenece al ámbito de la empresa (Smith, 2001). Puede formalizarse a través de diferentes medios como documentos, bases de datos o procesos. Sin embargo, no debe confundirse cualquier forma de codificación con conocimiento explícito (Contreras, 2009). Para que éste pueda ser considerado como tal debe aportar valor a la empresa y permitir la incorporación de nuevas experiencias. En esencia, el conocimiento explícito no se reduce a la mera reunión de datos sino a su identificación, clasificación y estructuración a través de códigos formales (Nonaka, Toyama & Konno, 2000). Es por ello que algunos autores han señalado que la explicitación del conocimiento es el proceso de transformación que puede aportarle más ventajas a la empresa (Contreras, 2009; Hemmecke & Stary, 2004; Herschel, Nemat, & Steiger, 2001).

La importancia de la explicitación del conocimiento en la empresa indica la necesidad de las empresas de diseñar estrategias para fomentar la creación y uso del conocimiento explícito. Al respecto, existen diferentes esfuerzos. Por ejemplo, Kinyua, Muathe y Kilika (2015) evaluaron el efecto de los procesos de transformación sobre el desempeño de los procesos en empresas del sector financiero. Aunque este desempeño no contempló indicadores financieros, Aghajani et al. (2011) propusieron un modelo matemático para relacionar los procesos de transformación con la creación de conocimiento. Por su parte, Goonesekera (2012) diseñó un modelo basado en lógica difusa para evaluar la madurez de la gestión del conocimiento, operacionalizado en los cuatro procesos de transformación.

Existen unas condiciones llamadas *facilitadores (enablers)* que favorecen los cuatro procesos de transformación de conocimiento en la empresa (Nonaka & Takeuchi, 1995). Las más relevantes son la amplia interacción entre los trabajadores (Takeuchi, 2001), el acceso al conocimiento creado por otros trabajadores (Takeuchi, 2013), la equidad en dicho acceso (Nonaka, Toyama & Konno, 2000) y la interacción entre los puestos de trabajo (Nonaka & Konno, 1998). El rol de la empresa es asegurar que existan estas condiciones (Alvarenga & Choo, 2011; Nonaka, Von Krogh & Voelpel, 2006).

El carácter social de la EC, evidenciado en las características enunciadas anteriormente, permiten que éste proceso pueda estudiarse y formalizarse desde el análisis de redes sociales (Kao & Wu, 2016; Wasserman & Faust, 1994). Una red es un modelo matemático abstracto que permite modelar diferente tipo de sistemas y tiene aplicaciones en diversas áreas del conocimiento como en ciencias de la salud, el transporte y la ingeniería. Una red se define como un conjunto de relaciones entre una serie definida de elementos, y la ciencia de redes es el estudio analítico de dichas redes (Barabási, 2012). Modelar un sistema en forma de red, significa simplificar su realidad en términos de nodos y vínculos, las unidades fundamentales de una red (Barabási, 2012). Para evaluar las propiedades de la red se emplean las medidas de red, indicadores cuantitativos

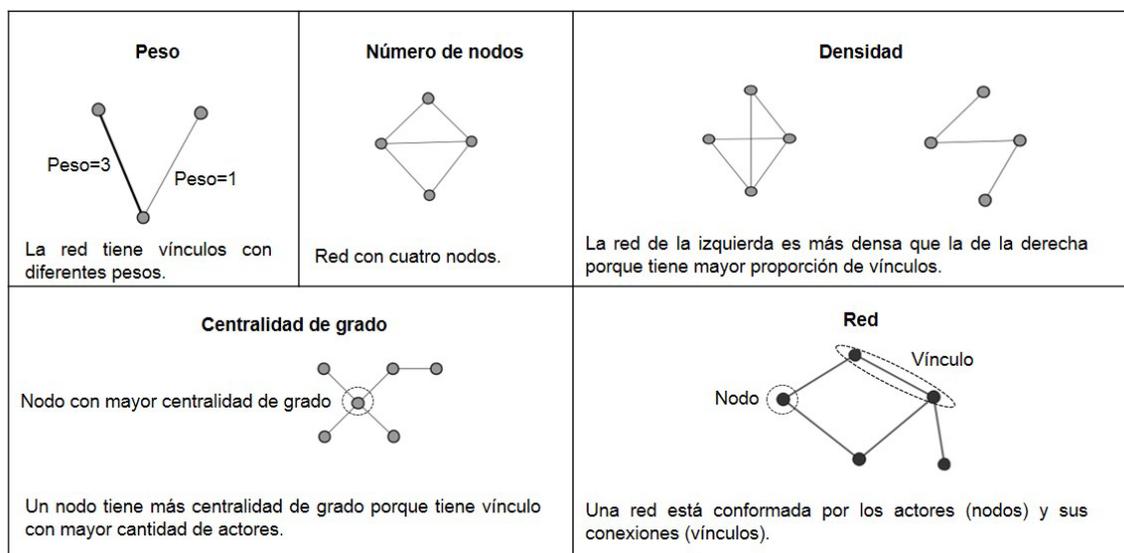
del comportamiento de una red (Newman, 2003). La Tabla 1 presenta una muestra de las medidas de red más comúnmente utilizadas; por su parte, la Figura 1 ilustra estas medidas.

Tabla 1. Algunas de las principales medidas de red.

<i>Medida de red</i>	<i>Definición</i>
Centralidad de grado	Es el número de conexiones que tiene un nodo. En una red dirigida, puede distinguirse el grado de entrada (vínculos dirigidos a un nodo) del grado de salida.
Densidad	Es la proporción de vínculos que existen en la red sobre el máximo número posible si todos los nodos estuvieran conectados entre sí.
Número de nodos	Es la cantidad de actores de la red.
Peso de los vínculos	Es la relevancia del vínculo entre dos nodos.

Fuente: Elaboración propia con base en (Barabási, 2012; Rubinov & Sporns, 2010).

Figura 1. Ilustración de una red y algunas de las principales medidas de red.



Fuente: Elaboración propia.

En la literatura sobre ciencia de redes, el término *redes de conocimiento* se emplea para referirse a las redes que modelan diferentes procesos relacionados con el conocimiento y donde los nodos bien pueden ser individuos, grupos u organizaciones (Phelps, Heidl & Wadhwa, 2012). Resultados de diferentes estudios de redes de conocimiento permiten concluir que la eficiencia de los procesos relacionados con el conocimiento depende de cómo interactúen los trabajadores en la gestión de dichos procesos (Sutanto, Tan, Battistini & Phang, 2011; Wang & Fang, 2011; Singh & Fleming, 2010; Gao & Guan, 2009; Schilling & Phelps, 2007). Por ejemplo, a partir de los estudios de Hahn, Lee y Lee (2015), Eslami, Ebadi & Schiffauerova (2013) y Yun y Lee (2013) se deduce que el alto grado tiene un efecto positivo sobre la explotación del conocimiento y la innovación, y un efecto negativo sobre la explotación del conocimiento. Adicionalmente, que la homogeneidad entre el grado entre los diferentes nodos demostró un efecto positivo sobre la creación de conocimiento.

También el estudio de Yun y Lee (2013), así como los de Liu, Wang & Mei (2012), Morrison (2002) y Liu, Fu y Chen (2009) permiten concluir que la alta densidad tiene un efecto positivo sobre la innovación, la transferencia inter e intra organizacional del conocimiento, y sobre la capacidad para desarrollar experticia en las funciones.

Igualmente, de los estudios de Morrison (2002) y Liu, Fu y Chen (2009) se deriva que un mayor número de nodos en la red tiene un efecto positivo sobre la capacidad de adaptarse la cultura organizacional, y sobre la transferencia intra organizacional del conocimiento. Por último, también de los estudios de Liu, Wang y Mei (2012) y Liu, Fu y Chen (2009) se concluye que vínculos con mayor peso tienen un efecto positivo sobre la transferencia inter e intra organizacional del conocimiento.

3. Metodología.

La metodología seguida por este trabajo consiste en tres fases: el diseño del modelo, la recopilación de información y la aplicación preliminar del modelo en una muestra de 21 pequeñas empresas colombianas del sector servicios. A continuación, se describen cada una de las fases.

Modelo de red para evaluar la explicitación del conocimiento

En la red de explicitación los vínculos representan la creación de un documento gracias a la interacción interna o externa. Los nodos representan personas, parte de la organización o externas a ella, que aportan el conocimiento tácito que es explicitado. La Tabla 2 resume las principales definiciones en las que se basa el modelo de red para evaluar la explicitación abierta.

Tabla 2. Conceptos sobre explicitación del conocimiento y su aplicación al modelo de red.

<i>Concepto</i>	<i>Aplicación al modelo</i>
Conocimiento tácito	Conocimiento que poseen las personas, internas o externas, que no está documentado.
Conocimiento explícito	Conocimiento documentado puesto a disposición de la empresa.
Explicitación del conocimiento	Creación de un documento a partir del conocimiento tácito
Nodo de la red de explicitación	Persona participa en la explicitación de conocimiento, como fuente de conocimiento tácito o como actor que explicita el conocimiento.
Nodo interno	Trabajador de la empresa.
Nodo externo	Fuente externa de conocimiento tácito.
Vínculo de la red de explicitación	Relación de la cual se extrae conocimiento tácito que luego es explicitado.
Vínculo interno	Vínculo que conecta dos nodos internos.
Vínculo externo	Vínculo que conecta un nodo interno con un nodo externo.

Fuente: Elaboración propia.

En la red de explicitación abierta los vínculos tienen una dirección que implica *ser fuente de conocimiento tácito* como lo muestra la ecuación (1):

$$l_{ij}^{\rightarrow}$$

donde l es un vínculo entre los nodos i y j , y donde j es fuente de conocimiento tácito del nodo i . Se establece un vínculo entre los nodos si el nodo i reporta haber creado al menos un documento gracias al conocimiento obtenido de j . Los vínculos tienen peso igual a 1.

Para cuantificar la EC se emplean cuatro indicadores, como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Indicadores de medición de la explicitación abierta.

<i>Indicador</i>	<i>Aplicación al modelo</i>
Centralización de grado de entrada	Evalúa la tendencia de la red a evidenciar unos pocos nodos que fungen como fuente de conocimiento tácito para otros muchos nodos.
Centralidad de grado de salida	Evalúa la tendencia de la red a evidenciar unos pocos nodos han participado en numerosos procesos de explicitación del conocimiento.
Densidad interna	Evalúa la densidad entre los nodos internos.
Cantidad de explicitación externa	Evalúa la proporción entre la cantidad de nodos externa y el número total de nodos.

Fuente: Elaboración propia.

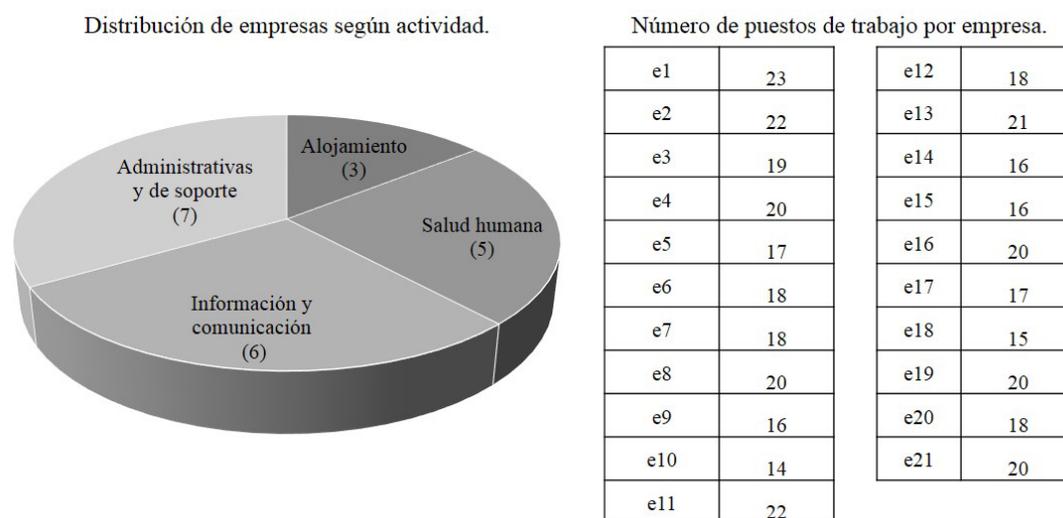
Respecto a la densidad, es necesario precisar que se mide la densidad entre los nodos internos para evaluar la EC general de la empresa, ya que la densidad general de la red (considerando nodos internos y externos) nunca será alta. Esto se debe a que es poco probable que una empresa tenga más fuentes externas que internas, aunque pueda encontrarse algún caso aislado en micro o pequeñas. Por lo tanto, la densidad general no será un indicador apropiado que permita discriminar a las empresas según su cantidad de EC. En relación con esta medida es importante precisar que la densidad mide la proporción de vínculos existentes sobre vínculos posibles, sin discriminar el sentido del vínculo.

Por el contrario, la cantidad de explicitación externa mide si la mayor cantidad de fuentes de explicitación provienen del exterior o no. Pero esta medida no es capaz por sí misma de evaluar si una empresa lleva a cabo procesos de EC, y por ello ambas medidas son necesarias y complementarias para modelar adecuadamente la complejidad del proceso de EC.

Recopilación de información

Se evaluaron 21 pequeñas empresas del sector servicios, que se distribuyen como se muestra en la Figura 2.

Figura 2. Distribución de la muestra de empresas según actividad y número de puestos de trabajo.



Fuente: Elaboración propia.

La información necesaria para aplicar el modelo es número de documentos en los que participó cada trabajador y fuentes de conocimiento tácito a partir de los que se crearon dichos documentos. De acuerdo con la Tabla 2, las fuentes pueden ser internas o externas. La información se obtuvo a través de un formulario en línea, que se reproduce en la Tabla 4. Adicionalmente, a las empresas que aceptaron participar en el estudio se les pidió un listado de la totalidad de puestos de trabajo de la organización.

Tabla 4. Formato para la recopilación de información.

1	Nombre de la empresa donde trabaja
2	Cargo
3	¿Ha participado en la creación y puesta a disposición de la empresa de uno o más documentos? (Responda Sí o No)
4	En caso de haber respondido <i>afirmativamente</i> la pregunta 3, por favor indique qué cargos de la empresa contribuyeron con información, sugerencias o algún otro aporte en la elaboración de dichos documentos.
5	En caso de haber respondido <i>afirmativamente</i> la pregunta 3, por favor indique qué personas externas a la empresa contribuyeron con información, sugerencias o algún otro aporte en la elaboración de dichos documentos.

Fuente: Elaboración propia.

Aplicación del modelo

Con la información obtenida se creó una red para cada empresa de la muestra en la que cada nodo representa un actor en la explicitación del conocimiento y cada vínculo representa una contribución en dicha explicitación. Las redes se crearon empleando el programa Gephi el cual permite generar tanto la representación gráfica de la red como las medidas de red.

Para clasificar a las empresas según su tendencia de EC se empleó algoritmo de agrupamiento difuso *fuzzy c-means*, en el que cada elemento pertenece a todos los conjuntos y la pertenencia a cada conjunto de cada elemento se mide por un coeficiente de pertenencia que toma valores entre 0 y 1, donde 0 indica la no pertenencia y el 1 indica la pertenencia total. La suma de los coeficientes de pertenencia de un elemento a todos los conjuntos es de 1, indicando que cada elemento debe pertenecer completamente a los conjuntos posibles, independientemente de su pertenencia parcial a cada uno.

Para calcular la pertenencia de un elemento a un conjunto se utiliza la distancia euclidiana del elemento al centroide del conjunto. El centroide es un elemento ficticio que representa las características típicas del conjunto y se localiza en un punto donde la suma de las distancias de todos los elementos del conjunto al centroide es mínima (Gonzalez & Barato, 2003). Un elemento presentará mayor pertenencia a un conjunto si su distancia al centroide de ese conjunto es menor (Sosa-García, Vega-Pons & Ruiz-Shulcloper, 2012). Esta cercanía permite calcular el coeficiente de pertenencia de cada elemento al conjunto. Para afirmar que una empresa pertenece inequívocamente a uno de los dos conjuntos se estableció un umbral de 0,8 en el coeficiente de pertenencia.

Como se mencionó previamente, la cantidad de explicitación externa mide a dónde pertenece la mayor cantidad de fuentes (dentro o fuera de la empresa). Pero esta información es insuficiente para medir la cantidad general de EC de la empresa, lo que se evalúa mediante la densidad interna y, por tanto, ambas medidas fueron empleadas en el agrupamiento. Para afirmar que las empresas de la muestra pueden clasificarse según sus redes de EC en EIC o EAC y según su nivel general de EC, la totalidad de las empresas o una parte significativa de la muestra debe pertenecer a uno de los dos conjuntos.

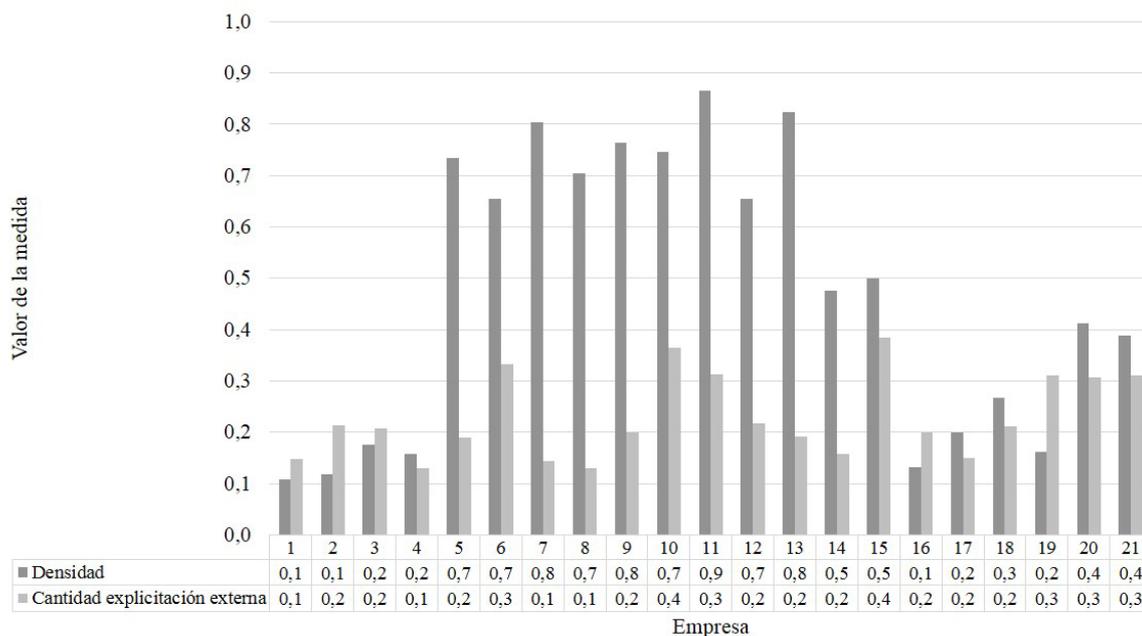
Por último, se evaluó también la centralización de grado. La alta centralización de grado de entrada supone que unas pocas personas son fuente de conocimiento tácito de una empresa

determinada. Mientras que una alta centralización de grado de salida implica que unas pocas personas son creadores de conocimiento explícito.

4. Resultados.

Después de construir las redes de EC para cada una de las empresas de la muestra se calculó cantidad de explicitación externa y de densidad interna; los resultados se presentan en la Figura 3.

Figura 3. Cantidad de explicitación externa y densidad interna por empresa.



Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, se aplicó el agrupamiento difuso. La Tabla 5 muestra para ambas medidas los valores del centroide, que es el valor representativo en cada uno de los conjuntos. Adicionalmente, se muestra el promedio de las distancias entre el valor de esta medida para cada empresa y el valor del centroide.

Tabla 5. Valores del centroide para los conjuntos EAC y EIC y distancias entre cada elemento al centroide.

Agrupación	Valor del centroide	Promedio de las distancias al centroide
EC	EAC	0,15
	EIC	0,34
Densidad interna	Alta	0,26
	Baja	0,75

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de la Tabla 5 muestran que en ambos casos el promedio de distancias al centroide es muy reducido. Esto indica que no hay diferencias significativas entre los valores de esta medida para las empresas que pertenecen a uno y otro conjunto y, por tanto, cada conjunto y su respectivo centroide las representa adecuadamente.

Tras evaluar las dos medidas mencionadas anteriormente, se evaluó la centralización de grado de entrada y grado de salida por cada empresa. La Tabla 7 muestra el nivel de EC y de centralización para cada empresa. Es importante señalar que el tipo de EC que se presenta en esta tabla hace referencia a cuál de los dos perfiles (EIC o EAC) tiene mayor prevalencia sobre el otro, en valor absoluto. Sin embargo, no implica necesariamente que la empresa tenga alto nivel de EC.

Tabla 7. Clasificación de cada empresa de la muestra según nivel de densidad interna, tipo de EC y centralización.

Empresa	Nivel densidad interna	Tipo EC	Ce*	Cs**	Empresa	Nivel densidad interna	Tipo EC	Ce*	Cs**
1	Baja	EIC	Alta	Alta	12	Alta	EIC	Baja	Baja
2	Baja	EIC	Alta	Alta	13	Alta	EIC	Baja	Baja
3	Baja	EIC	Alta	Baja	14	Baja	EIC	Baja	Baja
4	Baja	EAC	Alta	Baja	15	Baja	EAC	Baja	Baja
5	Alta	EIC	Baja	Baja	16	Baja	EIC	Alta	Baja
6	Alta	EAC	Baja	Baja	17	Baja	EIC	Alta	Baja
7	Alta	EIC	Baja	Baja	18	Baja	EIC	Alta	Baja
8	Alta	EIC	Baja	Baja	19	Baja	EAC	Alta	Baja
9	Alta	EIC	Baja	Baja	20	Baja	EAC	Baja	Baja
10	Alta	EAC	Baja	Baja	21	Baja	EAC	Baja	Baja
11	Alta	EAC	Baja	Baja					

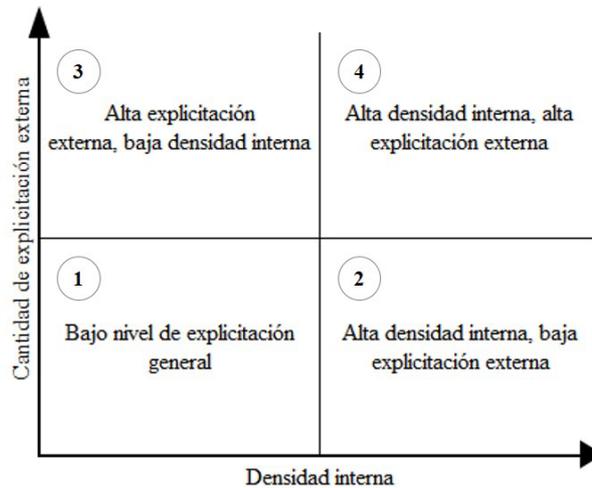
* Centralización grado de entrada

** Centralización grado de salida

Fuente: Elaboración propia.

A partir de los resultados del agrupamiento según densidad interna y cantidad de explicitación externa, se propone que las empresas pueden clasificarse empleando un sistema que combina dos variables, donde cada una de ellas puede tener un nivel alto o bajo, lo que da lugar a cuatro combinaciones posibles como se muestra en la Figura 4.

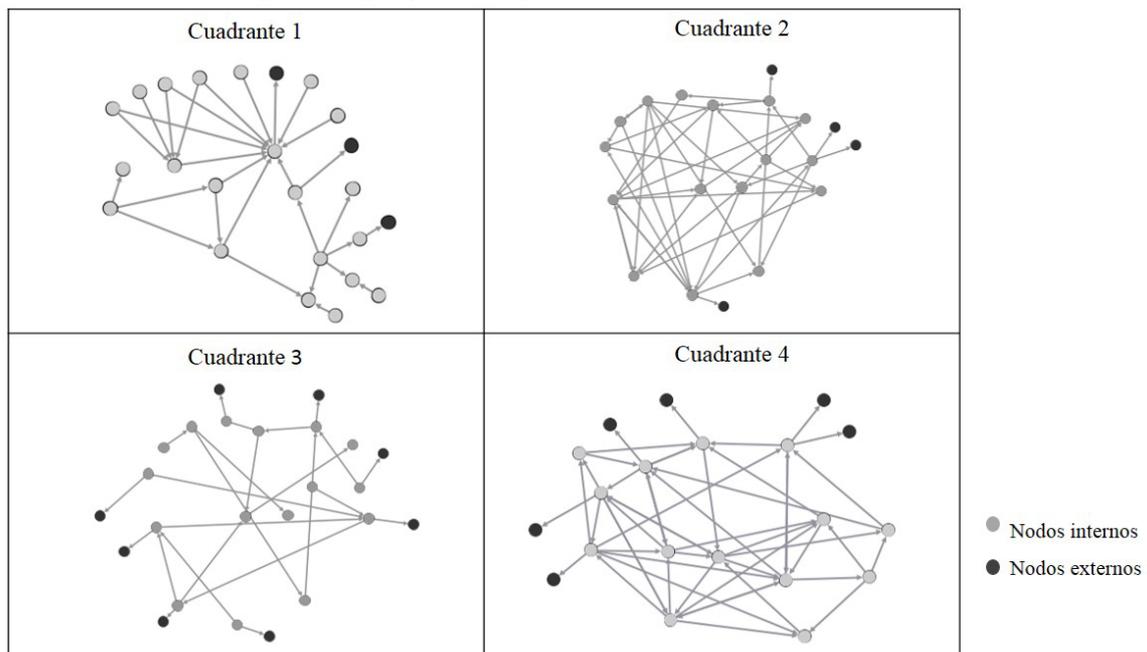
Figura 4. Clasificación de empresas según el nivel de EC interno y externo.



Fuente: Elaboración propia.

Un ejemplo de empresa de cada uno de los cuadrantes se presenta en la Figura 5.

Figura 5. Ejemplo de empresas de cada cuadrante de EC.



Fuente: Elaboración propia.

5. Discusiones y conclusiones.

Los resultados de la Figura 3 muestran que, siendo que las medidas densidad interna y cantidad de explicitación externa pueden tomar valores en el rango entre 0 y 1, en la mayoría de casos (15 de 21 empresas) la densidad interna es superior a la cantidad de explicitación externa. Y en los casos en que la cantidad de explicitación externa es superior es porque la densidad es significativamente baja (inferior a 0,2). Esto podría explicarse por el hecho de que los colaboradores son en sí mismos un recurso suficientemente valioso para explicitar conocimiento, por lo que podría no justificarse adecuadamente -considerando la relación costo beneficio- de acudir a fuentes externas. Sin embargo, también podría representar una limitación en los procesos de gestión del conocimiento de estas empresas al no identificar adecuadamente todas las fuentes de conocimiento disponibles de la empresa. Especialmente, si se considera que los trabajadores

pueden establecer contactos externos como parte de sus responsabilidades, por lo que no supone una inversión de recursos adicionales para la empresa.

Los resultados del agrupamiento difuso mostraron que todas las empresas tuvieron una clara pertenencia a uno de los clusters, representado en un coeficiente de pertenencia igual o superior a 0,8. Estos resultados confirman que las empresas pueden distinguirse según su estilo de EC. Una empresa típica de EIC es aquella en donde un 15% de las fuentes de conocimiento son internas, mientras que una empresa típica de EAC es aquella donde el 34% de las fuentes de conocimiento provienen del exterior. En términos absolutos, un 34% podría considerarse escaso. Pero en términos relativos puede suponer una importante cantidad de esfuerzo para la empresa lograr que más del 30% de sus fuentes de conocimiento tácito provengan del exterior. Y más aún implementar estrategias para identificar conocimiento tácito externo y convertirlo en conocimiento explícito de la empresa. De manera complementaria, una típica empresa con baja EC tiene una densidad interna de 0,26 y una típica empresa con alta EC tiene una densidad externa de 0,75. En contraste con la explicitación externa, una empresa con alta EAC tiene el 75% de posibles vínculos, un valor significativamente superior al 34% que representa una EIC alto.

Al combinar ambas variables, se tiene un sistema de clasificación de empresas en cuatro categorías de EC. Esta propuesta permite evaluar a las empresas según su perfil de EC y establecer estrategias de mejora a partir de dicho estado. Las empresas del cuadrante 1 son aquellas que tienen un bajo nivel de EC general por lo que no se discrimina si el mayor número de fuentes de conocimiento tácito son internas o externas. Estas empresas se caracterizan por un escaso fomento a la EC y podrían, por tanto, verse privadas de los beneficios que supone documentar y poner a disposición de la empresa el conocimiento que poseen los trabajadores. Las empresas del cuadrante 2 generan un alto número de procesos de EC y la mayoría de sus fuentes son internas, siendo lo opuesto a las empresas del cuadrante 3. Por último, las empresas del cuadrante 4 poseen alto número de procesos de EC, con fuentes internas y externas.

La Figura 5 muestra que algunas de las diferencias entre las empresas de cada cuadrante de EC pueden apreciarse a simple vista. Las empresas del cuadrante 1 y 3 se asemejan en tener una escasa densidad interna, pero se diferencian en que la proporción de nodos externos versus nodos internos es significativamente mayor en las empresas del cuadrante 3. Por el contrario, las empresas del cuadrante 2 y 4 se asemejan en una alta densidad interna, pero se diferencian en que la empresa del cuadrante 4 tiene mayor proporción de nodos externos. De manera complementaria, las medidas de red permiten cuantificar con precisión las diferencias estructurales entre las empresas aportando así información adicional a la que puede percibirse gracias a la representación gráfica de las redes.

Estructuralmente, las redes muestran unas características de EC bastantes diferentes, evaluadas con dos rasgos de la EC: la cantidad de interacción entre los trabajadores (densidad interna) y por la cantidad de fuentes externas de conocimiento (cantidad de explicitación externa). A partir de la literatura revisada sobre facilitadores de la transformación del conocimiento, las empresas del cuadrante 4 son las que presentan mejor desempeño en EC porque fomentan tanto la participación de sus trabajadores como la inclusión del conocimiento externo en la creación de conocimiento documentado. Por el contrario, a la luz de dichos criterios, las empresas del cuadrante 1 presentan un nivel inferior en el desempeño de los procesos de EC.

Las empresas de los cuadrantes 2 y 3 se encuentran en niveles intermedios pero la teoría no ofrece suficientes elementos conceptuales para sostener que uno de estos perfiles suponga un mejor desempeño. Por un lado, se podría afirmar que la densidad interna se relaciona con la amplia interacción entre los trabajadores y por esta razón las empresas del cuadrante 2 tendrían una mejor gestión de los procesos de EC. Sin embargo, estas mismas empresas estarían explotando inadecuadamente sus fuentes externas, muchas de ellas existentes sin necesidad de hacer mayores inversiones.

En relación con la centralización de las redes, se observa que la mayoría de empresas con baja densidad interna presentan alta centralización de entrada (10 de 12 empresas con baja densidad interna). Por el contrario, todas las empresas que tuvieron alta densidad interna tuvieron baja centralización de entrada. Podría, por tanto, plantearse la hipótesis de que existe alguna relación entre pertenecer al cuadrante 1 y el escaso aprovechamiento de las fuentes de conocimiento. Es interesante notar que esto no se equipara con una escasa cantidad de fuentes de conocimiento. Como señalaba Takeuchi (2013), todos los trabajadores tienen el potencial para transformar conocimiento. Es responsabilidad de la empresa crear las condiciones necesarias para que ese potencial se vuelva realidad.

El probable fenómeno de asociación entre densidad interna y centralización no parece extenderse a la centralización de salida. Esto implicaría que no existe relación entre la escasa cantidad de EC y la tendencia a que unos pocos trabajadores sean responsables de la transformación del conocimiento. Una posible explicación a esta situación es que es más probable que exista menos explotación de fuentes de conocimiento que capacidad de creación de conocimiento. En otras palabras, que la responsabilidad de la escasa EC radicaría en la falta de aprovechamiento del conocimiento.

Las empresas son sistemas complejos por la diversidad de factores internos y externos e interacciones entre ellas; y especialmente complejas en lo que se refiere a procesos relacionados con el uso y explotación del conocimiento. Es por ello que necesitan ser representadas por modelos que capturen esta complejidad con más de una variable. Por lo tanto, aprovechando la capacidad de la ciencia de redes para representar estructuras sociales complejas, el modelo desarrollado en este trabajo necesita por lo menos dos medidas de red. Otros autores han tenido éxito al emplear la ciencia de redes como herramienta para evaluar aspectos relacionados con el conocimiento (Yun & Lee, 2013; Hahn, Lee & Lee, 2015), coincidiendo en que la realidad de la estructura se ve reflejada en las medidas de red. De esta forma, las medidas se convierten en indicadores cuantitativos de su objeto de estudio. De manera preliminar, los resultados de la aplicación del modelo son coherentes con la utilidad de la densidad y la centralidad para evaluar procesos relacionados con el conocimiento.

En este trabajo no se incluyó el peso de los vínculos lo que no permite evaluar el efecto de la relevancia de un proceso de EC, o la cantidad de estos procesos, sobre el perfil de EC de la empresa. Otra limitación del estudio es que no se contraste el perfil de EC con un indicador externo y objetivo de desempeño de la empresa, lo que no permite evaluar si dicho perfil tiene un impacto sobre los resultados organizacionales. Por último, los resultados obtenidos sugieren que sería conveniente evaluar si existe correlación fuerte y significativa entre la densidad interna y la centralización de grado de salida. De esta forma sería posible conocer si la escasa cantidad de EC se asocia con la dificultad para aprovechar las fuentes de conocimiento disponibles.

Estas propuestas quedan por comprobarse cuantitativamente en futuros trabajos, ya que sus resultados pueden significar grandes impactos sobre la mejora del aprovechamiento del conocimiento en las empresas.

Aunque el modelo de evaluación de la EC presentado en este estudio ha sido aplicado sólo en pequeñas empresas, los aspectos de cuantificación objetiva son válidos para cualquier tipo de organización. En concordancia con lo anterior, una futura línea de investigación debe ser la aplicación del modelo a empresas con mayor tamaño para observar su comportamiento y evaluar la consistencia de los tipos de empresa según su estructura EC.

Referencias

- Aghajani, H., Yahyazadehfar, M., & Hosseinzadeh, S.A. (2011). Knowledge creation processes: a survey of SMEs in the Iranian Province of Mazandaran. *Journal of Global Entrepreneurship Research*, 1(1), 59-71.
- Alvarenga, R.C.D.D., & Choo, C.W. (2011). Expanding the concept of Ba: managing enabling contexts in knowledge organizations. *Perspectivas em Ciência da Informação*, 16(3), 2-25.
- Barabási, A, L, (2012). *Linked: The new science of networks*. New York: Plume.
- Contreras, E. (2009). *Transformación de Conocimiento Tácito en Explícito, una revisión crítica*. Santiago de Chile, Chile: Ceges.
- Erden, Z., Von Krogh, G., & Nonaka, I. (2008). The quality of group tacit knowledge. *The Journal of Strategic Information Systems*, 17(1), 4-18. DOI: 10.1016/j.jsis.2008.02.002.
- Eslami, H., Ebadi, A., & Schiffauerova, A. (2013). Effect of collaboration network structure on knowledge creation and technological performance: the case of biotechnology in Canada. *Scientometrics*, 97(1), 99-119. DOI: 10.1007/s11192-013-1069-6.
- Gao, X., & Guan, J. (2009). Networks of scientific journals: An exploration of Chinese patent data. *Scientometrics*, 80(1), 283-302. DOI: 10.1007/s11192-007-2013-4
- González, D. & Barato, S. (2003). Modelamiento difuso con técnicas de Clustering. *Ingeniería*, 8(1), 86-94.
- González-Sánchez, R., & García-Muiña, F. E. (2011). Innovación abierta: Un modelo preliminar desde la gestión del conocimiento. *Intangible capital*, 7(1), 82-115. DOI: 10.3926/ic.2011.v7n1.p82-115.
- Goonesequera, T. (2012). *Measuring Knowledge Management Maturity Levels in the Manufacturing Sector Using Fuzzy Logic Theory* (Doctoral dissertation, La Trobe University).
- Hahn, M.H., Lee, K.C., & Lee, D.S. (2015). Network structure, organizational learning culture, and employee creativity in system integration companies: the mediating effects of exploitation and exploration. *Computers in Human Behavior*, 42, 167-175. DOI: 10.1016/j.chb.2013.10.026.
- Hemmecke, J., & Stary, C. (2004, April). A framework for the externalization of tacit knowledge embedding repertory grids. In *Proceedings OKLC-2004, 5th European Conference on Organizational Knowledge, Learning and Capabilities*, Innsbruck (Vol. 56).
- Henriquez, L. (2009). *Políticas para las Mipymes frente a la crisis. Conclusiones de un estudio comparativo de América Latina y Europa*. Documento de Trabajo Europe Aid y ONUDI.
- Herschel, R.T., Nemati, H., & Steiger, D. (2001). Tacit to explicit knowledge conversion: knowledge exchange protocols. *Journal of Knowledge Management*, 5(1), 107-116. DOI: 10.1108/13673270110384455.

- Ibarrarán, P., Maffioli, A., & Stucchi, R. (2009). SME policy and firms' productivity in Latin America.
- Kabir, N. (2013). Tacit knowledge, its codification and technological advancement. *Electronic Journal of Knowledge Management*, 11(3), 235-243.
- Kao, S.C., & Wu, C. (2016). The role of creation mode and social networking mode in knowledge creation performance: Mediation effect of creation process. *Information & Management*, 53(6), 803-816. DOI: 10.1016/j.im.2016.03.002.
- Kinyua, G.M., Muathe, S.M.A., & Kilika, J.M. (2015). Effect of knowledge conversion and knowledge application on performance of commercial banks in Kenya. *International Journal of Education and Research*, 3(10), 431-445.
- Liu, H., Fu, Y., & Chen, Z. (2009). Effects of social network on knowledge transfer within R&D team. In *Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering, 2009 International Conference on* (Vol. 3, pp. 158-162). IEEE.
- Liu, H., Wang, Q., & Mei, Y. (2012). Effects of start-up firm's social network on knowledge transfer: An empirical study. In *Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering (ICIII), 2012 International Conference on* (Vol. 3, pp. 228-233). IEEE.
- Morrison, E. (2002). Newcomers' relationship: the role of social network ties during socialization. *Academy of Management Journal*, 45, 1149-1160. DOI: 10.5465/3069430.
- Muthuveloo, R., Shanmugam, N., & Teoh, A.P. (2017). The impact of tacit knowledge management on organizational performance: Evidence from Malaysia. *Asia Pacific Management Review*, 22(4), 192-201. DOI: 10.1016/j.apmr.2017.07.010.
- Navarro, J.C., & Olivari, J. (2016). La política de innovación en América Latina y el Caribe. Nuevos caminos. Washington DCB: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Newman, M.E. (2003). The structure and function of complex networks. *SIAM review*, 45(2), 167-256.
- Nezafati, N., Afrazeh, A., & Jalali, S.M.J. (2009). A dynamic model for measuring knowledge level of organizations based on Nonaka and Takeuchi Model (SECI). *Scientific Research and Essays*, 4(5), 531-542.
- Nonaka, I. (1991). The knowledge creating company. *Harvard Business Review*, 69, 96-104.
- Nonaka, I., & Takeuchi, H. (1995). La organización creadora de conocimiento. Cómo las compañías japonesas crean la dinámica de la innovación (M.H. Kocka, Trans. 1ª ed.). México: Oxford University Press.
- Nonaka, I., & Konno, N. (1998). The concept of "Ba": Building a foundation for knowledge creation. *California Management Review*, 40(3), 40-54.
- Nonaka, I., Toyama, R., & Konno, N. (2000). SECI, Ba and leadership: a unified model of dynamic knowledge creation. *Long Range Planning*, 33(1), 5-34. DOI: 10.1016/S0024-6301(99)00115-6.

- Nonaka, I., Toyama, R., & Nagata, A. (2000). A firm as a knowledge-creating entity: a new perspective on the theory of the firm. *Industrial and corporate change*, 9(1), 1-20. DOI: 10.1093/icc/9.1.1.
- Nonaka, I., & Toyama, R. (2005). The theory of the knowledge-creating firm: subjectivity, objectivity and synthesis. *Industrial and Corporate Change*, 14(3), 419-436. DOI: 10.1093/icc/dth058.
- Nonaka, I., Von Krogh, G., & Voelpel, S. (2006). Organizational knowledge creation theory: Evolutionary paths and future advances. *Organization studies*, 27(8), 1179-1208. DOI: 10.1177/01708406060666312.
- Nonaka, I., & Toyama, R. (2007). Strategic management as distributed practical wisdom (phronesis). *Industrial and Corporate Change*, 16(3), 371-394. DOI: 10.1093/icc/dtm014.
- Nonaka, I. (2007). The Knowledge-Creating Company. *Harvard Business Review*, 85, 162-171.
- Phelps, C., Heidl, R., & Wadhwa, A., (2012). Knowledge, networks, and knowledge networks: A review and research agenda. *Journal of Management*, 38(4), 1115-1166. DOI: 10.1177/0149206311432640.
- Rai, R., & Prakash, A. (2012). A relational perspective to knowledge creation: Role of servant leadership. *Journal of Leadership Studies*, 6(2), 61-85. DOI: 10.1002/jls.21238.
- Rubinov, M., & Sporns, O. (2010). Complex network measures of brain connectivity: uses and interpretations. *Neuroimage*, 52(3), 1059-1069. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2009.10.003.
- Schilling, M.A., & Phelps, C.C. (2007). Interfirm collaboration networks: The impact of large-scale network structure on firm innovation. *Management Science*, 53(7), 1113-1126. DOI: 10.1287/mnsc.1060.0624.
- Singh, J., & Fleming, L. (2010). Lone inventors as sources of breakthroughs: Myth or reality? *Management Science*, 56(1), 41-56.
- Smith, E.A. (2001). The role of tacit and explicit knowledge in the workplace. *Journal of Knowledge Management*, 5(4), 311-321. DOI: 10.1108/13673270110411733.
- Sosa-García, J., Vega-Pons, S., & Ruiz-Shulcloper, J. (2012). Algoritmos de agrupamiento difuso, índices de validación: un estado del arte. Reporte técnico Reconocimiento de Patrones. La Habana, Cuba: Centro de Aplicaciones de Tecnologías Avanzadas.
- Sutanto, J., Tan, C.H., Battistini, B., & Phang, C.W. (2011). Emergent leadership in virtual collaboration settings: A social network analysis approach. *Long Range Planning*, 44(5), 421-439. DOI: 10.1016/j.lrp.2011.09.001.
- Takeuchi, H. (2001). Towards a universal management of the concept of knowledge. En Nonaka, I. & Teece, D. (eds.) (2001), *Managing Industrial Knowledge: Creation, Transfer and Utilization*, London: Sage
- Takeuchi, H. (2013). Knowledge-based view of strategy. *Universia Business Review*, 40, 68-79.

- Wang, M.C., & Fang, S.C. (2011, June). Accumulation of knowledge capabilities: The perspective of knowledge-based view and network theory. In *Technology Management Conference (ITMC), 2011 IEEE International* (pp. 383-387). IEEE.
- Wasserman, S., & Faust, K. (1994). *Social network analysis: Methods and applications* (Vol. 8). Cambridge University Press.
- Wei, C., & Alvarenga, R. (2010). Beyond the ba: managing enabling contexts in knowledge organizations. *Journal of Knowledge Management*, 14(4), 592-610. DOI: 10.1108/13673271011059545.
- Yun, S., & Lee, J. (2013). An innovation network analysis of science clusters in South Korea and Taiwan. *Asian Journal of Technology Innovation*, 21(2), 277-289. DOI: 10.1080/19761597.2013.866310.



Debilidad simétrica en los indicadores de gestión: consecuencias e impacto estructural

BOADA, ANTONIO JOSÉ

CEIPA, Business School, Antioquia (Colombia)

Correo electrónico: antonio.boada@ceipa.edu.co

ALZATE, ISABEL CRISTINA

Universidad Nacional de Colombia

Correo electrónico: ialzate@unal.edu.co

RESUMEN

El presente artículo se realiza con la finalidad de exponer al lector las debilidades de índole estadístico-estructural que pueden poseer los indicadores de gestión o indicadores clave de rendimiento -mejor conocido como KPI's-, empleados como medidas para cuantificar el desempeño de una empresa u organización, en especial cuando las variables a contemplar en el diseño del indicador solo logran tener valores positivos, es decir, pertenecer a conjunto de los números reales positivos. Esta debilidad se presenta especialmente en la estructura simétrica del indicador, lo que trae como consecuencia la falta de equidad y justicia en la medición, tanto por exceso como por defecto. En este sentido, se generan en el empleado, incentivos perversos, que repercuten en la toma de decisiones sobre aquellos valores que garantizan un menor valor numérico por encima del valor absoluto y, por ende, aspectos no conformes con la optimización y la organización. Para ello, se procedió a realizar una demostración estadística de los indicadores de gestión relativo (IGT1-IGT2), en función con el comportamiento de la variable aleatoria de insumo, cuyos ingresos son los números reales positivos, lo que determina así las cotas donde aparece esta inestabilidad simétrica que sin darnos cuenta puede generar un impacto importante en el indicador final en perjuicio de la empresa u organización que lo está monitoreando.

Palabras clave: indicadores de gestión, impacto estructural, estimador estadístico, KPI, indicadores clave de rendimiento.

Clasificación JEL: M19; M21; C18; C52.

MSC2010: 62P30; 91B82.

Symmetric weakness in Management Indicators: consequences and structural impact

ABSTRACT

The present article is carried out with the purpose of exposing the reader to the statistical-structural weaknesses that the management indicators or key performance indicators may have -better known as KPIs-, used as measures to quantify the performance of a company or organization, especially when the variables considered in the design of the indicator only manage to have positive values, that is, to belong to a set of positive real numbers. This weakness occurs especially in the symmetric structure of the indicator, which results in a lack of equity and justice in the measurement, both by excess and by default. In this sense, perverse incentives are generated in the employee, which have an impact on the decision-making on those values that guarantee a lower numerical value over the absolute value and, therefore, aspects that are not in harmony with optimization and organization. To do this, we proceeded to perform a statistical demonstration of the relative management indicators (IGT1-IGT2), in function with the behaviour of the input random variable, whose income is the positive real numbers which determines this way, the levels where it appears this symmetric instability that without realizing it can generate a significant impact on the final indicator to the detriment of the company or organization that is monitoring it.

Keywords: management indicators, structural impact, statistical estimator, KPI, key performance indicators.

JEL classification: M19; M21; C18; C52.

MSC2010: 62P30; 91B82.



1. Introducción.

Cuando se habla de productividad y competitividad en una organización, sin lugar a dudas hay indicadores claves, indicadores de desempeño o KPI's (Key Performance Indicator), que se relacionan con estos términos, específicamente, porque aportan información de tipo cualitativa y cuantitativa útil para conocer el estado real y el comportamiento de las áreas o departamentos que impactan de forma directa el desempeño de una empresa u organización. Aunque, actualmente, la presión que ejerce el mercado, la demanda, la competitividad, la hiper-información de los consumidores (gracias a impulsores como la globalización), ha facilitado que la evaluación del impacto y el comportamiento de cada uno de los procesos involucrados en la satisfacción de la demanda, se convierta en una actividad de suma relevancia para alcanzar los objetivos estratégicos empresariales u organizacionales.

Por eso, es importante dentro de cualquier organización, tener claro lo que significa un KPI y las claves para su caracterización, construcción, análisis y evaluación. Los indicadores de desempeño son herramientas de tipo cuantitativo que aportan información acerca de la evolución y logros de una organización, visto desde un proceso, actividad o proyecto, enmarcados siempre en los objetivos estratégicos y la Misión (Ministerio de Economía y Finanzas, 2010). Estos instrumentos establecen una relación entre dos o más variables, facilitan la toma de decisiones, el ajuste a los procesos de acuerdo con los resultados más aún, si se compara periódicamente con productos similares o metas planteadas dentro de la organización. Sin embargo, al diseñar un indicador (independientemente del proceso a evaluar), se deben tomar en cuenta ciertas condiciones o características para su confección (Arango, Ruiz, Ortiz & Zapata, 2017), que se resumen en la metodología SMART (por sus siglas en inglés Specific, Measurable, Achievable, Realistic, Time-Bound), propuesto por George T. Doran en 1981 (Figura 1).

Figura 1. Metodología SMART.



Fuente: Inboundlead (2016).

Asimismo, se puede decir que más que una metodología es un método razonable para garantizar un alto desempeño organizacional o empresarial y, por ende, evitar tomar decisiones que nos lleven a perdernos en el camino o fracasar, simplemente, por no haber fijado objetivos bien claros, cuantificables, alcanzables y relevantes en un período específico. Todo esto nos obliga de manera inteligente a establecer un marco definido de acciones que no poner en riesgo al equipo de trabajo o la propia organización, por el simple hecho de cumplir con objetivos o establecer metas inalcanzables que terminen por contradecir las políticas de la propia empresa. Desde esta perspectiva, es conveniente clasificar los indicadores de gestión a partir de dos premisas. La primera se conoce como ámbito de control y se refiere a los controles que deben mantenerse sobre ciertas variables en función de los insumos utilizados, los productos generados y los resultados o salidas obtenidos, así como el ámbito de control que se sigue o maneja; y la segunda, va estrechamente ligada a las dimensiones del desempeño

y se asocia al cumplimiento de las metas establecidas por la organización. Se conoce o determina por la forma a través de la cual se logran los objetivos (Ministerio de Economía y Finanzas, 2010). En este sentido, en la Tabla 1, se exponen los indicadores de gestión, descritos a partir de los dos criterios establecidos para tales fines, considerados de gran importancia para la optimización de los resultados previstos.

Tabla 1. Tipología.

De acuerdo al Ámbito de Control		De acuerdo a las Dimensiones de Desempeño	
Insumo	Mide la cantidad de recursos físicos, financieros y/o humanos utilizados para la producción.	Eficiencia	Describe la relación entre dos magnitudes, la producción de un bien o servicio y los insumos financieros, humanos o bienes, utilizados para su generación.
Producto	Cuantifica los bienes y servicios producidos o entregados por la institución, programa, proyecto o actividad.	Eficacia	Cuantifica el grado de cumplimiento de los objetivos o resultados de la organización, programa o proyecto sin considerar los recursos utilizados.
Resultado Intermedio	Mide los cambios en el comportamiento, estado o actitud sobre el proceso objetivo, una vez que se ha llevado a cabo la intervención.	Calidad	Este indicador se encuentra orientado exclusivamente a medir la capacidad de la organización, para responder ante las necesidades de sus clientes, usuarios o población objetivo.
Resultado Final	Este indicador mide el grado de mejora en las condiciones del proceso, atribuibles a la intervención directa.	Economía	Este indicador se relaciona con la capacidad de una organización, programa o proceso, para administrar sus recursos financieros y, generar ingresos propios para financiar sus actividades, recuperar préstamos, entre otros.

Fuente: Elaboración propia con información tomada de Ministerio de Economía y Finanzas (2010).

En consecuencia, tanto el ámbito de control como las dimensiones de desempeño tienen sus propios indicadores de gestión que de acuerdo con Bonnefoy (2006) son “instrumentos de medición de las principales variables asociadas al cumplimiento de los objetivos, que a su vez constituyen una expresión cualitativa o cuantitativa concreta de lo que se pretende alcanzar con un objetivo específico establecido” (p.5), lo que permite además inferir que no es sólo de uso exclusivo cuantitativo, sino que también de tipo cualitativo, favoreciendo a las organizaciones en la medición de los logros, metas u objetivos trazados y brindándole la oportunidad de tener mayores y mejores desempeño. Por su parte, Arango et al. (2017) manifiestan que el manejo de los KPI’s influye en lo siguiente:

El seguimiento, medición y control de la operación de una empresa, permite identificar las áreas problemáticas y emprender acciones correctivas para mejorar el desempeño general de la compañía. Los indicadores pueden contribuir a la obtención de ventajas competitivas, para ello deben seleccionarse qué clase de indicadores quieren implementarse y con qué fin (p. 2).

De ahí que se siga una demostración matemática para establecer la estructura sobre la base de indicadores de desempeño, dada la estima en la explicación, sistematización y comunicación de los resultados que coadyuvan a apreciar la relevancia del uso de indicadores de gestión, independientemente del tamaño, tipo, área o proceso de la organización u empresa, sirve de soporte para garantizar el desempeño, la eficacia, la eficiencia, la confiabilidad, la economía, la calidad, la productividad, el control, las metas, entre otros, procesos idóneos para medir, cuantificar, analizar y validar el logro de los resultados propuestos; en otras palabras el éxito del trabajo organizacional o empresarial.

2. Los indicadores de gestión y su importancia.

Los KPI's representan un conjunto de medidas centradas en los aspectos de rendimiento de la organización y en ocasiones han sido definidos como “vehículos de comunicación”, puesto que permiten involucrar e integrar a todos los miembros de la empresa u organización en la realización de los objetivos estratégicos de la misma, para asegurar el éxito actual y futuro de ella. Estos indicadores nos reflejan de forma muy sencilla el comportamiento y evolución de la empresa en el porvenir, así como también de ayuda en el análisis de aspectos como: la evolución de las ventas en el tiempo, el nivel de satisfacción del cliente, el compromiso de los empleados, la calidad de la gestión de la empresa, entre otros (Parmenter, 2007), factores que aportan información útil y clasificada para medir las consecuencias e impacto de la gestión administrativa.

En ocasiones, al realizar una investigación sobre los indicadores de desempeño considerados fundamentales en una empresa, los datos e informaciones obtenidas sirven para reorientar el proceso y asegurar un óptimo desempeño en correspondencia con los objetivos valorados por el indicador “como elemento facilitador de la gestión empresarial desde un enfoque sistémico que permita garantizar a la empresa un despliegue efectivo de sus políticas, planes estratégicos y operativos” (Arango, Pérez & Rojas, 2008, p. 20). De ahí que la consistencia y robustez estadística del indicador en el tiempo se consideren fundamentales, a fin de valorar de manera estable y segura, lo que se desea medir dentro del sector empresarial (confiabilidad). Aunque, los problemas surgidos a partir de la medición son tan comunes y pueden llegar a ser similares en todas las empresas (Galar, Berges, Lambán, & Tormos, 2014), por eso se recomienda el mantenimiento y control de los indicadores, puesto que van orientados a la mejora de la eficacia y/o eficiencia, pero los enfocados hacia la primera suelen ser de tipo económicos u organizacionales, presenta mayor dificultad para medir lo que conduce a la subjetividad y, por consiguiente, una interpretación del rendimiento o desempeño durante el proceso.

Para diversas compañías, los KPI's son indicadores de éxito de esos objetivos previamente definidos y que usualmente, se representan en forma de índices o porcentajes. Por esta razón, los indicadores de gestión deben cumplir las características de un Estimador Estadístico Suficiente, en especial, cuando los índices puntuales corresponden a comparaciones relativas de índole porcentual, lo que conlleva a subrayar la importancia y trascendencia de este artículo, dada la debilidad simétrica que estos indicadores clave de rendimiento pueden acarrear en la cuantificación o estimación de los KPI's. Es por ello, que en las secciones subsiguientes se discute la demostración matemática propuesta para evaluar la debilidad simétrica en los indicadores de gestión: consecuencias e impacto estructural, teniendo en cuenta que a partir de ella (como proponen Godino & Recio (2001)), se “pone en juego los recursos expresivos de los lenguajes ordinarios, simbólico y cualquier tipo de dispositivos concretos” (p. 409), que permita darle validez a un razonamiento deductivo para su implementación práctica y, por consiguiente, expone la debilidad simétrica evidenciada en los indicadores estadísticos de gestión porcentuales, específicamente, cuando las variables de análisis (inputs) presentan un dominio dentro del conjunto numérico de los números reales positivos.

Un indicador de gestión ampliamente utilizado, para valorar inclusive la capacidad de modelos predictivos para predecir el futuro es el Mean Absolute Percentage Error (MAPE), que representa un indicador de desempeño del pronóstico de la demanda; y su versión evolucionada del Weight Absolute Percentage Error (WAPE), que son ampliamente utilizados en el ámbito empresarial y académico (Novobilski & Kamangar, 2001; Chockalingam, 2009; Cerquitelli, 2017; Ping-Feng & Chia-Hsin, 2018; Shukla & Pillai, 2016), como indicadores para “validar predicciones”, pero que presentan matemáticamente una debilidad estructural en su simetría (cuando los valores a usar son números reales positivos) y, por consiguiente, una amplia debilidad como Estimador Estadístico Suficiente.

3. Indicador de gestión como estimador estadístico suficiente.

Para Meyer (1999) en cada parámetro desconocido pueden existir varios estimadores puntuales diferentes, empleados para jerarquizar o elevar su potencialidad a partir de las propiedades de un buen

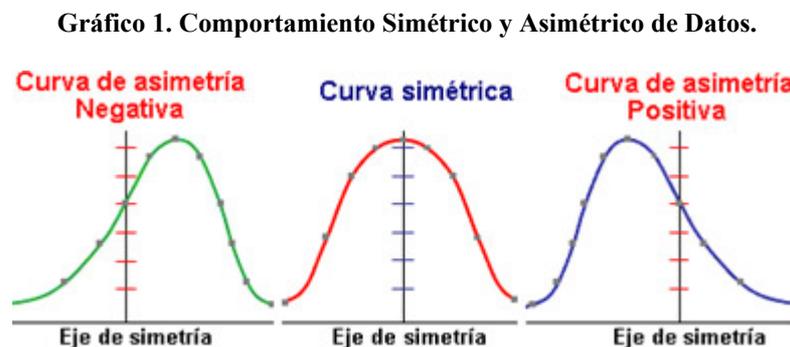
estimador o “Estimador Suficiente”, entre los que tenemos: insesgadez, eficiencia, convergencia y robustez (consistencia).

- Estimador Insesgado. Para que un estimador sea considerado como “suficiente”, es necesario que sea centrado o insesgado, de esta manera, su valor esperado será justo lo que evitará que se incline a un sector u otro. Bajo estas premisas, los niveles positivos del indicador relativo de gestión deben ser iguales a los niveles negativos; sin embargo, este aspecto no se cumple cuando el dominio de la variable de entrada son los valores reales positivos, como empresarialmente se evidencia al momento de trabajar con unidades de productos, personal, entre otras.
- Estimador Eficiente. Se persigue que un estimador sea más eficiente o preciso, cuando la varianza o variabilidad originada por los registros sea la menor posible, aspecto que llega a cumplirse dentro del ámbito empresarial, si los inputs utilizados presentan restricciones según la capacidad y optimización de la compañía para producir y comercializar.
- Estimador Consistente. Independientemente de utilizar indicadores de mínima varianza, es fundamental que cuando el tamaño de la muestra crezca, el estimador tienda a ser el valor del parámetro en estudio. Aspecto que no presenta inconvenientes gracias al auge de la tecnología, ya que los procesos pueden generar indicadores de gestión en tiempo real para contemplar la totalidad de registros, que deriven automáticamente en la minimización de la dispersión utilizada.
- Estimador Suficiente. Finalmente, un estimador es suficiente cuando logra resumir toda la información relevante contenida en la muestra, de forma que ningún otro estimador pueda aportar información adicional sobre el parámetro desconocido de la población.

En consecuencia, aunque no hay parámetros correctos o concretos establecidos para medir el nivel de desempeño de los indicadores, pues estos varían dependiendo de la misión, objetivos y metas, cualquier estimador estadístico generado para valorar el rendimiento, debe tener en cuenta la insesgadez, la eficiencia, la convergencia y la consistencia, para la consolidación como un buen estimador estadístico suficiente, haciendo especial énfasis en el primer aspecto de indicador insesgado, ya que resulta fundamental para valorar acciones y objetivos empresariales, tomando como referencia la equidad y justicia en la medición, tanto por exceso como por defecto.

4. La debilidad simétrica en los indicadores de gestión.

Diversos indicadores de gestión presentan una ausencia de robustez estadística, lo que se considera una gran debilidad de acuerdo con el objetivo principal: valorar continua y objetivamente los procesos empresariales, tal y como se observa en el Gráfico 1.



El problema planteado en el Gráfico 1 está dado por el comportamiento simétrico y asimétrico, considerado como una gran debilidad en cualquier estimador estadístico, ya sea un indicador de gestión, indicador de calidad, indicador de desempeño, indicador de productividad, entre otros muchos, establecidos como puntos claves para estimar el rendimiento empresarial u organizacional. La presencia de sesgos en un indicador de gestión originará una ausencia de robustez en el tiempo, lo que subvierte más incentivos hacia un extremo que a otro (Boada, 2009), favoreciendo un solo punto e indicando un desequilibrio en el desempeño.

Bajo este nivel de comprensión, se realiza una demostración estadística deductiva, a fin de comprobar, matemáticamente, el perjuicio que hace la ausencia de simetría sobre la construcción de cualquier indicador estadístico de gestión relativo al KPI, fundamentado en un comparativo con referencia a una norma o criterio establecido.

1.1. Indicador de Gestión Relativo - Tipo 1 (IGT₁): Esta demostración tiene su génesis en un indicador estadístico de gestión relativo (sin unidades), a partir del cual se compararán simultáneamente los resultados de una variable cualquiera (cuyo dominio son los números reales positivos), que denominaremos: *Valor Esperado VE* (en un tiempo actual “t”) y, su norma o contraposición de gestión que llamaremos: *Valor Observado Posterior VOP* (determinado en un tiempo futuro “t+1”, cuyo dominio, igualmente, pertenece a los números reales positivos).

Por lo tanto, la finalidad de esta demostración (Tabla 2), consiste en valorar la relación relativa (sin unidades), existente entre la norma VOP, que se obtiene en el tiempo futuro “t+1” expuesta como una variable aleatoria, en contraposición con el *Valor Esperado VE*, determinado en el tiempo actual “t” (Determinístico). Ambas expresiones representan valores que tendrán un dominio positivo (conjunto de los números reales positivos), aunque VOP por ser una variable aleatoria en el tiempo “t+1” podrá representar valores entre $[0, +\infty]$.

Tabla 2. Caracterización del valor esperado y del valor observado para construir IGT₁.

Nombre de la Variable	Tipo de Variable	Tiempo Ejecución	Dominio
Valor Esperado (VE)	Determinística	Actual: Tiempo “t”	VE (Determinado en “t”)
Valor Observado Posterior (VOP)	Aleatoria	Futuro: Tiempo “t+1”	$[0, +\infty]$ (Aleatorio en “t+1”)

Fuente: Boada & Millán (2011).

Posteriormente, tomando en consideración que el valor esperado (VE) es determinístico y el valor observado posterior (VOP) se considera una variable aleatoria con un dominio igual al conjunto de los números reales positivos $[0, +\infty]$, por ende, será posible inferir que el indicador de gestión relativo tipo 1 (IGT₁), no tendrá una debida simetría (1), ya que su dominio se hallará:

$$\text{Dominio [Indicador de Gestión Relativo Tipo 1]} = \text{Dominio [IGT}_1] = \text{Dominio} \left[\frac{VOP-VE}{VE} 100\% \right] \quad (1)$$

Primera Demostración Estadística. El valor esperado es un valor determinístico VE en el tiempo actual “t”, mientras el valor observado posterior VOP se considera una variable aleatoria cuyo dominio se encuentra entre $[0, +\infty]$ (Reales positivos).

$$\text{Dominio [IGT}_1] \in \left[\lim_{VOP \rightarrow 0} \left(\frac{VOP-VE}{VE} 100\% \right); \lim_{VOP \rightarrow +\infty} \left(\frac{VOP-VE}{VE} 100\% \right) \right], \quad (2)$$

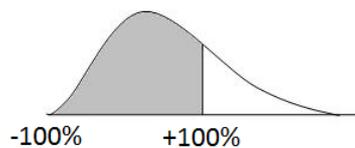
$$\text{Dominio [IGT}_1] \in \left[\left(\frac{0-VE}{VE} 100\% \right); \left(\frac{+\infty-VE}{VE} 100\% \right) \right], \quad (3)$$

$$\text{Dominio [IGT}_1] \in [-100\%, +\infty] \quad (4)$$

El Dominio del indicador de gestión relativo tipo 1 IGT_1 (ecuaciones 2, 3 y 4) será $[-100\%]$, sí y solo sí, el valor de la variable aleatoria (VOP) en el tiempo “t+1” sea igual a cero (0); mientras que será $[\infty]$ sí y solo sí, el valor de la variable aleatoria (VOP), tienda a $[\infty]$.

En este sentido, a nivel de estabilidad numérica, los errores por defecto representan un nivel de importancia menor que los resultados por exceso dentro del IGT_1 , lo que evidencia así un comportamiento asimétrico del cálculo del indicador, generando una serie de distorsiones al momento de valorar cualquier gestión. Bajo esta forma, la gestión en tiempo “t” tenderá a tomar decisiones que garanticen resultados alrededor de la cota inferior, puesto que representaría un porcentaje numéricamente menor (en valor absoluto) a cualquiera que supere el 100%.

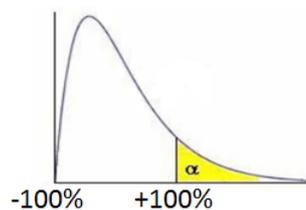
Gráfico 2. Asimetría Estadística del Indicador IGT_1 .



Fuente: Elaboración propia.

A partir del Gráfico 2 se puede decir que este tipo de decisiones minimizaría los errores porcentuales superiores al +100%, sin embargo, maximizaría los errores porcentuales cercanos al -100%, que son igual de dañinos que los anteriormente descritos y conducen a tomar decisiones sesgadas sin considerar las implicaciones asociadas a ello.

Gráfico 3. Errores porcentuales superiores al +100% del IGT_1 (α), para minimizar.



Fuente: Elaboración propia.

Es por ello que, al analizar el patrón de simetría, se evidencia que la única forma de lograr una simetría matemática en el dominio del IGT_1 , es solamente si se limita el valor de la variable aleatoria del valor observado posterior VOP en el tiempo “t+1” a mantener valores entre $[0, +2VE]$.

$$\text{Dominio } [IGT_1] \in \left[\lim_{VOP \rightarrow 0} \left(\frac{VOP - VE}{VE} 100\% \right); \lim_{VOP \rightarrow +2VE} \left(\frac{VOP - VE}{VE} 100\% \right) \right], \quad (5)$$

$$\text{Dominio } [IGT_1] \in \left[\left(\frac{0 - VE}{VE} 100\% \right); \left(\frac{+2VE - VE}{VE} 100\% \right) \right], \quad (6)$$

$$\text{Dominio } [IGT_1] \in [-100\%, +100\%] \quad (7)$$

Esta demostración desde el punto de vista estadístico (ecuaciones 5, 6 y 7) indica, entonces, que para indicadores estadísticos relativos de gestión KPI, donde las variables de entrada sean siempre números positivos (dominio del conjunto de los números reales positivos), es necesario identificar que la diferencia entre el valor determinístico en el tiempo “t” y la norma o criterio determinado como una variable aleatoria en el tiempo “t+1”, para que no superen el doble de la cantidad y así, VOP no pueda ser superior a $2 \cdot VE$, ya que en caso de hacerlo se estaría incurriendo en una ausencia de simetría del

KPI y, por ende, incentivando a tomas de decisiones que generan aspectos no en consonancia con la optimización y beneficios de la empresa u organización.

De hecho, muchos pensarían que el problema es el indicador relativo utilizado lo que sugiere su contraposición al calcular el indicador relativo de VE con respecto a la variable aleatoria VOP. Sin embargo, a continuación, veremos una demostración análoga para este caso, donde se expone al lector que -igualmente-, la ausencia de simetría siempre estará presente, por eso, se debe ser muy cauteloso al momento de generar y utilizar dichos indicadores para medir o cuantificar el desempeño organización o empresarial.

1.2. Indicador de Gestión Relativo - Tipo 2 (IGT₂). Esta segunda demostración se fundamentará igualmente en un indicador estadístico de gestión relativo (sin unidades), donde de forma simultánea se compararán los resultados de una variable cualquiera, cuyo dominio son los números reales positivos que denominaremos *Valor Esperado VE* (en un tiempo actual “t”), en contraposición con la norma de gestión que llamaremos *Valor Observado Posterior VOP*, determinado en un tiempo futuro “t+1”, cuyo dominio igualmente pertenecen a los números reales positivos.

Por consiguiente, el propósito de este procedimiento radica en valorar una nueva relación relativa (sin unidades), existente entre el valor esperado VE determinado en tiempo actual “t” (Determinístico), en comparación con la norma VOP, que se obtiene en el tiempo futuro “t+1” expuesta como una variable aleatoria. Ambas expresiones representan valores que tendrán un dominio positivo (conjunto de los números reales positivos), aunque VOP por ser variable aleatoria en el tiempo “t+1” podrá representar valores entre [0, +∞].

Tabla 3. Caracterización del Valor Esperado y del Valor Observado para construir IGT₂.

Nombre de la Variable	Tipo de Variable	Tiempo Ejecución	Dominio
Valor Esperado (VE)	Determinística	Actual: Tiempo “t”	VE (Determinado en “t”)
Valor Observado Posterior (VOP)	Aleatoria	Futuro: Tiempo “t+1”	[0, +∞] (Aleatorio en “t+1”)

Fuente: Boada & Millán (2011).

Posteriormente, tomando en consideración que el Valor Esperado (VE) es determinístico y el Valor Observado Posterior (VOP), es una variable aleatoria con un dominio igual al conjunto de los números reales positivos [0, +∞], se infiere que el indicador de gestión relativo tipo 2 (IGT₂) tampoco tendrá una debida simetría, ya que su dominio será:

$$\text{Dominio [Indicador de Gestión Relativo Tipo 2]} = \text{Dominio [IGT}_2] = \text{Dominio} \left[\frac{VOP-VE}{VOP} 100\% \right] \quad (8)$$

Segunda Demostración Estadística. De la misma forma, el valor esperado es un valor determinístico VE en el tiempo actual “t”, mientras el valor observado posterior VOP es una variable aleatoria cuyo dominio se encuentra entre [0, +∞], reales positivos (ecuaciones 9, 10 y 11):

$$\text{Dominio [IGT}_1] \in \left[\lim_{VOP \rightarrow 0} \left(\frac{VOP-VE}{VOP} 100\% \right); \lim_{VOP \rightarrow +\infty} \left(\frac{VOP-VE}{VOP} 100\% \right) \right], \quad (9)$$

$$\text{Dominio [IGT}_1] \in \left[\left(\frac{0-VE}{0} 100\% \right); \left(\frac{1-VE/\infty}{1} 100\% \right) \right], \quad (10)$$

$$\text{Dominio [IGT}_1] \in [-\infty, +100\%] \quad (11)$$

Para este caso, el dominio del indicador de gestión relativo tipo 2 IGT_2 , será $[-\infty]$, sí y solo sí el valor de la variable aleatoria (VOP) en el tiempo “t+1” sea igual a Cero (0); mientras que será $[+100\%]$ sí y solo sí el valor de la variable aleatoria (VOP) tienda a $[\infty]$.

En este sentido, a nivel de estabilidad numérica, los errores por exceso, representan un nivel de importancia menor que los resultados por exceso dentro del IGT_2 (Gráfico 4), lo que denota un comportamiento asimétrico del cálculo del indicador, lo que genera una serie de distorsiones al momento de valorar cualquier gestión. Bajo esta forma, la gestión en tiempo “t”, tenderá a tomar decisiones que garanticen resultados alrededor de la cota superior, ya que representarían un porcentaje numéricamente menor (en valor absoluto) a cualquiera que supere el 100%.

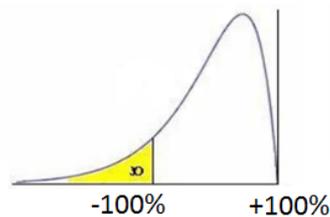
Gráfico 4. Asimetría Estadística del Indicador IGT_2 .



Fuente: Elaboración propia.

Este tipo de decisiones minimizaría los errores porcentuales inferiores al -100%, no obstante, maximizaría los errores porcentuales cercanos al +100%, que son igual de perjudiciales que los anteriormente descritos.

Gráfico 5. Errores porcentuales superiores al +100% del IGT_2 (α), para minimizar.



Fuente: Elaboración propia.

Es por ello que al analizarse el patrón de simetría (Gráfico 5), se evidencia que análogamente al indicador anterior, la única forma de lograr una simetría matemática en el dominio del IGT_2 es solamente si se limita el valor de la variable aleatoria del valor observado posterior VOP en el tiempo “t+1” al mantener valores entre $[+VE/2, \infty]$.

$$\text{Dominio } [IGT_1] \in \left[\lim_{VOP \rightarrow VE/2} \left(\frac{VOP-VE}{VOP} 100\% \right); \lim_{VOP \rightarrow +\infty} \left(\frac{VOP-VE}{VOP} 100\% \right) \right], \quad (12)$$

$$\text{Dominio } [IGT_1] \in \left[\left(\frac{VE/2-VE}{VE/2} 100\% \right); \left(\frac{1-VE/\infty}{1} 100\% \right) \right], \quad (13)$$

$$\text{Dominio } [IGT_1] \in [-100\%, +100\%] \quad (14)$$

Esta demostración estadística (ecuaciones 12, 13 y 14), indica que para indicadores estadísticos relativos de gestión o KPI en donde las variables de entrada sean siempre números positivos (dominio del conjunto de los números reales positivos), es necesario identificar que la diferencia entre el valor determinístico en el tiempo “t” y la norma o criterio determinado como una variable aleatoria en el tiempo “t+1”, no deben ser inferior a la mitad del valor esperado (VOP no puede ser inferior a $VE/2$), pues en el caso de hacerlo estaríamos incurriendo en una ausencia de simetría del KPI y, por ende,

impulsando la toma de decisiones que generan aspectos no en consonancia con la optimización y beneficios de la organización.

Para ejemplificar el impacto de esta debilidad simétrica en los indicadores estadísticos de gestión o KPI, se presentarán dos casos prácticos, fundamentados en el indicador de gestión relativo porcentual de dos cantidades numéricas, cuyo dominio se ubica en los números reales positivos, enfocándonos en la sección de pronósticos de empresas.

5. Ejemplificación del pronóstico de ventas en el ámbito empresarial.

Cada vez que se realiza un pronóstico, se toma en consideración la estimación o predicción, con base en el análisis y en consideraciones a priori que conduzcan a estimar lo que probablemente ocurra en el futuro. A través de las técnicas de pronósticos se disminuye la incertidumbre sobre lo que puede pasar, se estructuran planes y acciones congruente a partir de los objetivos de la organización y adicionalmente, se realizan acciones correctivas apropiadas a tiempo cuando ocurren situaciones fuera de lo pronosticado (Wilson & Keating, 2007).

Las estimaciones se han convertido en elementos claves para cualquier compañía de productos o servicios, ya que mediante ellas es posible estimar las necesidades de planta, materia prima y producción, así como determinar los costos y la inversión a efectuar, de acuerdo con la rentabilidad esperada. Sin embargo, es importante tener en consideración, que toda predicción se efectúa bajo determinados supuestos internos y externos, que no necesariamente se cumplen a cabalidad, generando efectivamente discrepancias entre lo previsto y la realidad. Según Chase y Jacobs (2005):

... en el mundo de los negocios existen muchos factores que no podemos prever con certeza. Por lo tanto, es mucho más importante que, en lugar de pretender un pronóstico perfecto, impongamos la práctica de revisar constantemente los estimados y aprendamos a vivir con ellos (...) debemos tratar de encontrar y emplear el método más conveniente para que los pronósticos sean de lo más razonable que se pueda (p.485).

En consecuencia, la intención de medir la efectividad de los pronósticos (un valor relativamente objetivo) tiene una doble finalidad: por un lado, se persigue la precisión que, a su vez, influye en diversos costos operativos agotados y excesos de inventario y, por otro, en la satisfacción del cliente. En el campo de las predicciones, el indicador relativo es el de mayor demanda, puesto que expone la diferencia (en términos porcentuales) entre el VOP y el valor esperado VE, ampliamente utilizado en el ámbito empresarial, precisamente, por su supuesta consistencia matemática y estabilidad numérica.

A nivel de pronósticos, el valor esperado se predice con antelación en el tiempo “t”, con la finalidad de lograr, anticipadamente, una perspectiva de la realidad, en este caso, demanda del producto, bien o servicio; luego, una vez que el evento sucede, o el tiempo llega en “t+1”, ocurre el “valor observado”, es decir, la demanda real, que evidencia la realidad del suceso y que no necesariamente deberá ser igual o similar al “valor esperado” o estimación. Al respecto, es necesario que toda corporación mida o determine la diferencia existente y generalmente presente entre las estimaciones y los valores reales que ocurren después, los cuales son siempre desconocidos hasta su estimación, entendiendo el concepto de “Error”.

El Indicador de Gestión Relativo IGT. Presenta dos connotaciones anteriormente descritas, que dependerán del nivel comparativo del indicador, a partir de lo siguiente:

- a. Diferencia Relativa del Valor Observado Posterior VOP (Real) en función al Valor Esperado VE (Pronóstico) (15). Esta concepción es utilizada por las áreas responsables de predicciones, donde su intención radica en evaluar el resultado del VOP (Real) en tiempo “t+1” en relación con el pronóstico realizado previamente en tiempo “t”; su representación matemática es la siguiente, a fin de ofrecerle a la gerencia información útil para planificar, tomar decisiones en relación con los

datos pasados y presentes para predecir el futuro y evitar que la empresa u organización se desestabilice, veamos a continuación:

$$\text{Indicador de Gestión Relativo Tipo 1} = \text{IGT}_1 = \frac{\text{VOP}-\text{VE}}{\text{VE}} 100\% \quad (15)$$

- b. Diferencia Relativa del Valor Esperado VE (Pronóstico) en relación con el Valor Observado Posterior VOP (Real) (16). Esta concepción es utilizada por las áreas responsables de compras y control, cuya intención radica en evaluar el resultado del Valor Estimado VE realizado en tiempo “t” (Un Pronóstico), en función con el valor real (data dura), determinada por el VOP en un tiempo “t+1”. Matemáticamente, se representa así:

$$\text{Indicador de Gestión Relativo Tipo 2} = \text{IGT}_2 = \frac{\text{VOP}-\text{VE}}{\text{VOP}} 100\% \quad (16)$$

En efecto, se observa que ambos indicadores de gestión están definidos en porcentajes. En el ejemplo, a continuación, se detalla cómo se trabajan de manera simultánea ambas fórmulas, comprobando además la ausencia de simetría para cualquiera de las dos connotaciones del Indicador de Gestión Relativo.

En el caso de pronósticos de ventas para el ámbito empresarial, si el valor observado y esperado se expone en ambos casos como unidades demandadas, es lógico pensar que el mejor indicador de gestión corresponde al enfoque porcentual (%). Las interpretaciones pueden fluctuar según el tipo de indicador.

El “Indicador de Gestión Relativo Tipo 1” indica el porcentaje de fluctuación del valor observado (Demanda Real), en función al valor esperado (Demanda Estimada), mientras que el “Indicador de Gestión Relativo Tipo 2” indica el porcentaje de fluctuación del valor esperado (Demanda Estimada), en función al valor observado (Demanda Real).

Así mismo, el signo que posee el indicador de gestión relativo presenta un significado importante, como veremos:

- Si el Indicador de gestión relativo en ambos tipos, es positivo indica que el valor observado o real, es superior al valor esperado o pronóstico, lo que indicaría un resultado superior al previsto o planificado. A nivel de “Demanda Real”, la compañía obtuvo mayores ingresos en relación con lo esperado.
- Pero si el Indicador de Gestión Relativo en ambos tipos es negativo, refleja que el valor real fue inferior a la predicción y, por consiguiente, no se lograron los resultados previstos. A nivel de “Demanda Real”, la compañía no logró cumplir con las cantidades esperadas, en términos de productividad como tampoco cumplir con los KPI’s establecidos.

En otras palabras, un individuo podrá tomar sus decisiones a partir de la estimación de los indicadores de gestión y los pronósticos, aunque ambas interpretaciones son válidas, en las dos connotaciones del indicador de gestión relativo. De ahí que, las interpretaciones y cálculos puedan presentar variantes a partir de la forma de medición (IGT_1 & IGT_2). Para ello, enfoquémonos ahora en el siguiente ejemplo:

Para determinar la simetría en los pronósticos de venta, se deben tomar en consideración variables como número de unidades, productos, artículos, divisas, entre otros, indicadores que son esenciales para realizar la estimación. Adicionalmente, se tiene que contemplar que el dominio de estas variables se encuentra usualmente dentro del conjunto de los números reales positivos (\mathbb{R}^+). Asumiendo la posición

del que pronostica o del personal destinado para tales fines, se determina que su labor consiste en analizar y determinar el valor esperado, en el tiempo actual “t”, el que podrá tener valores determinísticos (VE), analizados y expresados por el pronosticador según el historial de las variables (Reales positivas).

Particularmente, para una mayor precisión es pertinente definir variable y especificar que desde el punto de vista estadístico ésta es susceptible de adoptar diferentes valores, por eso, se asume que son unidades demandadas por semanas del producto XXX, pero para una mejor comprensión, reviremos el siguiente enunciado: para la Gerencia de Proyecciones de Ventas, el valor proyectado para el producto XXX, es de 5.000 unidades que estiman demandar por semana (valor esperado en el tiempo t). Asimismo, recordemos que cuando se proyecta en el tiempo, no se tiene conocimiento del valor observado posterior (VOP), lo que sería la Demanda Real del producto XXX por semana. Este resultado solo se obtiene en un tiempo posterior a la estimación (t + 1).

Por lo tanto, luego que se conoce el valor observado posterior en el tiempo t+1, se determinarán diversas consecuencias (Tabla 4), derivadas dependiendo de las unidades demandadas o vendidas por semana y el tipo de indicador de gestión relativo que se considere:

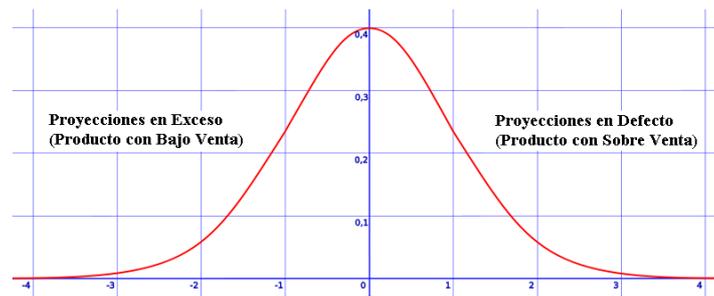
Tabla 4. Comportamiento de los indicadores IGT_1 e IGT_2 cuando $VOP \leq 2VE$.

Resultados del VOP en “t+1” (Demanda Real)	Tipo de Indicador de Gestión Relativo	Resultado del Indicador de Gestión Relativo	Consecuencias
Valor observado posterior VOP = 9.500 unidades demandadas por semana	Indicador de Gestión Relativo Tipo 1	$IGT_1 = \frac{9.500 - 5.000}{5.000}$ $IGT_1 = +90\%$	El producto sobre - demandó 4.500 unidades por semana, esto representa una sobredemanda del 90% sobre el valor pronosticado, lo que indica altas posibilidades de agotar y comprometer el servicio de la compañía.
	Indicador de Gestión Relativo Tipo 2	$IGT_2 = \frac{9.500 - 5.000}{9.500}$ $IGT_2 = +47,4\%$	El producto igualmente sobre - demandó 4.500 unidades por semana, esto significa que el pronóstico representó 47,4% en defecto, según la demanda real registrada, lo que conlleva a altas posibilidades de agotar y comprometer el servicio de la compañía.
Valor observado posterior VOP = 500 unidades vendidas por semana	Indicador de Gestión Relativo Tipo 1	$IGT_1 = \frac{500 - 5.000}{5.000}$ $IGT_1 = -90\%$	El producto bajo - demandó (signo negativo) 4.500 unidades por semana, esto representa una baja venta del 90% sobre el valor pronosticado, lo que trae como consecuencia exceso de inventario para dicho concepto.
	Indicador de Gestión Relativo Tipo 2	$IGT_2 = \frac{500 - 5.000}{500}$ $IGT_2 = -900\%$	El producto igualmente bajo - demandó (signo negativo) 4.500 unidades por semana, esto significa que el pronóstico representó un 900% en exceso según la venta real registrada, lo que implica un exceso de inventario para dicho concepto.

Fuente: Boada & Millán (2011).

Para este ejemplo, se observa como el indicador de gestión relativo 2 IGT_2 presenta auténticos niveles de ausencia de simetría, lo que origina un incentivo al empleado pronosticador de demanda, para estimar preferiblemente por encima, que por debajo: “Es mejor un +47,4% que un -900% de error”.

Gráfico 6. Comportamiento Simétrico Ideal de los Indicadores IGT₁.



Fuente: Boada & Di Alessio (2013).

Bajo esta concepción, aparentemente, el Indicador de Gestión relativo tipo 1 IGT₁ (Gráfico 6), se maneja ágilmente de forma simétrica (para este caso donde $VOP \leq 2VE$), ya que se evidencia que si el valor observado posterior (VOP) es por exceso, generará el mismo impacto que si el VOP es por defecto, únicamente con diferencia de signo. En este sentido, el pronosticador podrá ser evaluado a través de un indicador de gestión sencillo, calculado a través del indicador de gestión relativo de sus proyecciones individuales por cada producto. Sin embargo, el Indicador de Gestión tipo 1 IGT₁ tampoco es consistentemente simétrico en todos los escenarios, lo que se comprueba en la siguiente extensión del ejemplo práctico anterior, bajo el supuesto que la demanda real no fuera 9.500 ni 500 unidades, sino que sobrepasara el 100% del valor originalmente estimado (para casos en donde $VOP > 2VE$).

Para valorar la simetría en pronósticos de venta, establezcamos el supuesto en donde el valor observado posterior VOP, supera el doble de la cantidad previamente estimada VE (Tabla 5).

En este segundo ejemplo (Tabla 5), se observa cómo ambos indicadores de gestión relativo IGT₁ & IGT₂, presentan auténticos niveles de Asimetría (ausencia de simetría), en el caso que la variable aleatoria VOP obtenga valores superiores a 2VE. Esta clara ausencia de simetría origina un incentivo al área medida por estos indicadores. Bajo esta concepción, aparentemente, el indicador de gestión relativo tipo 1 IGT₁ presenta claros problemas de simetría: “Prefiero estimar siempre alto, para que nunca supere el +100% de error, no existirá problema con la contraparte negativa, ya que su cota es de -100%”.

Por otro lado, el indicador de gestión relativo tipo 2 IGT₂ también presenta problemas de simetría, ya que numéricamente no es lo mismo que se demande 8.500 unidades de más (IGT₂ = +62,96%), a que se venda de 1.932 menos que las unidades inicialmente estimadas (IGT₂ = -62,96%), las diferencias son considerables y deben evaluarse a la hora de tomar decisiones que comprometan el desempeño, la eficacia, la eficiencia, la confiabilidad, la economía, la calidad, la productividad, el control, las metas, entre otros, procesos que comprometan que el éxito del trabajo organizacional o empresarial. En definitiva, es posible visualizar y comprobar que, en ambos casos, los indicadores relativos de Gestión IGT₁ & IGT₂ presentan amplias debilidades simétricas, cuando los valores observados pertenecen al conjunto de los números reales positivos.

Tabla 5. Comportamiento de los indicadores IGT₁ e IGT₂ cuando VOP > 2VE.

Resultados del VOP en “t+1” (Demanda Real)	Tipo de Indicador de Gestión relativo	Resultado del Indicador de Gestión relativo	Consecuencias
Valor observado posterior VOP = 13.500 unidades demandadas por semana	Indicador de Gestión Tipo 1	$IGT_1 = \frac{13.500 - 5.000}{5.000}$ $IGT_1 = +170\%$	El producto sobre - demandó 8.500 unidades por semana (más del 100% de unidades estimadas), esto representa una sobredemanda del 170% sobre el valor pronosticado, lo que indica una alta posibilidad de agotar y comprometer el servicio de la compañía.
	Indicador de Gestión Tipo 2	$IGT_2 = \frac{13.500 - 5.000}{13.500}$ $IGT_2 = +62,96\%$	El producto igualmente sobre - demandó 8.500 unidades por semana, lo que implica que el pronóstico representó 62,96% en defecto, según la demanda real registrada, lo que indica una alta posibilidad de agotar y comprometer el servicio que ofrece la compañía.
Valor observado posterior VOP = ¿? unidades vendidas por semana	Indicador de Gestión Tipo 1	$IGT_1 = \frac{¿? - 5.000}{5.000}$ $IGT_1 = ?\%$	Es imposible que el artículo bajo - demande 8.500 unidades, lo que significa que es imposible que este indicador de gestión sea inferior al - 100%. Por ende, existe ausencia de simetría en el Indicador de Gestión relativo: puede dar +170%, Pero no puede dar nunca -170%.
	Indicador de Gestión Tipo 2	$IGT_2 = \frac{3.068,2 - 5.000}{3.068,2}$ $IGT_2 = -62,96\%$	Es imposible que el artículo bajo - demande 8.500 unidades, lo que significa que es imposible que se pueda calcular un indicador con 8.500 unidades por defecto a las 5.000 originalmente estimadas. Sin embargo, es posible que dicho indicador arroje el valor de -62,96%, asumiendo el supuesto de evidenciar una demanda real de 3.068,2 unidades (1.932 unidades menos que las estimadas inicialmente). Por ende, puede existir una simetría matemáticamente calculada (a nivel de indicador), pero no en sinergia con las 8.500 unidades por defecto a la estimación.

Fuente: Elaboración propia.

6. Conclusiones.

En síntesis, dentro de cualquier organización o empresa, la adopción de los indicadores de desempeño o KPI son claves para su caracterización, construcción, análisis y evaluación, ya que facilitan la toma de decisiones, el ajuste a los procesos de acuerdo con los resultados, más aún si se compara periódicamente con productos similares o metas planteadas dentro de la organización. Por eso, hemos visto que cuando se expresa el KPI en número o se le asigna un valor, una cifra exacta un porcentaje o

por el contrario una calificación (como se ha hecho), se puede medir no solo el porcentaje sobre el estimador, sino el número de unidades vendidas por semanas, el número de unidades demandadas, entre otras, indispensables para valorar el comportamiento simétrico y asimétrico en relación con el pronóstico de ventas.

Gracias a las demostraciones realizadas, es decir, explicación, sistematización y comunicación de los resultados, se corrobora que la concepción de simetría en los indicadores de gestión relativo IGT_1 & IGT_2 , varían cuando estamos dentro del entorno concerniente a las variables aleatorias, particularmente, cuando los dominios de las variables pertenecen al conjunto de los números reales positivos, como por ejemplo: manejo de inventario, rotación de inventario, pedidos a tiempo y completos (OTIF), gestión de pedidos en almacén, entre otros, procesos o tareas inherentes a la actividad comercial que se realiza. De ahí, que el comportamiento simétrico de estos indicadores de gestión relativos, dependerán de la formulación realizada y de los posibles resultados de las variables aleatorias, valor observado posterior (VOP), en relación con el elemento determinístico o valor esperado (VE). En este sentido, se tiene que estar atento sobre el diferente valor que puede manejar el valor real observado, puesto que ante esa diferencia estaremos incurriendo en una inestabilidad simétrica en los errores para casos extremos (que no, necesariamente, se consideran atípicos o fortuitos), que tienden a castigar de forma injusta a la gestión y, por ende, a los involucrados.

Esta demostración matemática puede ser extensible, es decir, sin dificultad a innumerables ecuaciones y leyes donde la aleatoriedad juega un rol preponderante en los dominios manejados con valores positivos, considerando que tanto una demostración, tanto matemática como estadística, es siempre verdadera puesto que se afianza sobre la base de un razonamiento deductivo en contraposición a los argumentos inductivos o empíricos.

La simetría no existe en los diferentes niveles de cálculo de error manejados en el mundo empresarial, específicamente, cuando las variables de origen pertenezcan a los valores reales positivos, lo que favorece el uso de “tendencias psicológicas” que inciden en las decisiones de los usuarios, quienes tienden a minimizar esta variable en búsqueda de mejoras personales, lo que, a su vez, ocasiona problemas mayores y no deseables en cualquier organización.

Por otra parte, esta investigación genera una nueva perspectiva para observar los niveles de error, utilizados frecuentemente en el mundo empresarial con miras a establecer indicadores efectivos de gestión y optimizar los procesos, que presentarán siempre ausencia de simetría cuando las variables utilizadas para el análisis sean siempre valores positivos. De ahí que sea posible enumerar las conclusiones de las repercusiones del indicador estadístico relativo Tipo 1 y Tipo 2: “El Indicador de Gestión Tipo 1 y Tipo 2 presenta ausencia de simetría, cuando los valores observados no pueden tomar expresiones negativas” (Boada & Di Alessio, 2013, p.13), aspectos que pueden presentarse cotidianamente en el caso de la valoración de gestión para proyecciones de ventas, unidades, productos, artículos, entre otros, que deben tomarse en consideración al realizar las estimaciones pertinentes para cualquier empresa u organización.

En este sentido, es posible demostrar estadísticamente que la ausencia de simetría es cotidiana en variables positivas, inclusive aún cuando se establece el siguiente patrón de comportamiento: “El Indicador de Gestión Tipo 1 presenta simetría en valores proyectados, solamente cuando los valores observados no dupliquen cuantitativamente el valor pronosticado en la proyección” (Boada & Millán, 2011, p.10). Asimismo, se establece que “El Indicador de Gestión Tipo 2 presenta simetría en valores proyectados, solamente cuando los valores observados no sean la mitad cuantitativa del valor pronosticado en la proyección” (Boada y Millán, 2011, p.10). De esta forma, se demuestra estadísticamente que la equivalencia simétrica de los indicadores de gestión, cuando la variable original pertenece al dominio de los números reales positivos, se presenta únicamente cuando la relación entre valores observados y esperados no superan la duplicidad (tanto en IGT_1 y IGT_2).

Finalmente, cabe acotar que hoy en día las organizaciones no consiguen los resultados esperados a través de las mediciones, ya que las personas que definen los indicadores a evaluar y las metas

esperadas suelen no ser las mismas que realizan y gestionan mes a mes las proyecciones; además, en ocasiones no son muy expertas y ocasionan desviaciones o análisis incorrecto de las cifras o datos arrojados (Likierman, 2009). Es por esto que se recomienda que el comportamiento simétrico sea valorado en la construcción de cualquier tipo de indicador de gestión, en especial, sobre aquellos derivados de las variables que no puedan presentar valores negativos (como los indicadores de MAPE y WAPE), y que las personas destinadas para tales fines, conozcan de principio a fin toda la gestión y los procesos que se llevan a cabo dentro de la empresa o gestión, a fin de evitar sesgos y pronósticos que terminan influyendo negativamente en la toma de decisiones y en consecuencia, en la calidad, confiabilidad y transparencia de los resultados.

Referencias

- Arango, M., Pérez, G., & Rojas, M. (2008). Modelización de los indicadores de gestión en la calidad de suministro. Una visión sistémica. *DYNA*, 75(156), 19-28.
- Arango, M., Ruiz, S., Ortiz, L., & Zapata, J. (2017). Indicadores de desempeño para empresas del sector logístico: Un enfoque desde el transporte de carga terrestre. *Ingeniare. Revista chilena de Ingeniería*. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 25(4), 707-720.
- Bonnefoy, J. (2006). *Indicadores de desempeño del sector público: CEPAL*. Recuperado de <https://www.cepal.org/ilpes/noticias/paginas/2/23992/Indicadores%20de%20Desempe%C3%B1o.pdf>
- Boada, A. (2009). Limitaciones de los Errores Absolutos en los Pronósticos. *Memorias Arbitradas en el I Congreso Peruano de Investigación de Operaciones y Sistemas COPIOS'2009*, Ciudad de Lima, Perú.
- Boada, A., & Millán, A. (2011). Limitaciones de los errores relativos en los pronósticos, una nueva propuesta para cuantificar los errores porcentuales en predicciones. *CONHISREMI*, 7(3), 1-18.
- Boada, A., & Di Alessio, M. (2013). Limitación Simétrica de los Errores Relativos en los Pronósticos de Ventas. *XXXIV Congreso Nacional de Estadística e Investigación Operativa*. Sociedad Española de Estadística e Investigación Operativa (SEIO) y Universitat Jaume I de Castellón (UJI).
- Cerquitelli, T. (2017). *Predicting large-scale fine grain energy consumption*. *Energy Procedia*, 111, 1079-1088. DOI: 10.1016/j.egypro.2017.03.271.
- Chase, R. & Jacobs, F. (2005). *Operations Management for Competitive Advantage*. México: McGraw-Hill Companies.
- Chockalingam, M (2009). *Forecast Accuracy and Inventory Strategies*. Demand Planning LLC. Recuperado de: <https://demandplanning.net/documents/dmdaccuracywebVersions.pdf>
- Galar, D., Berges, L., Lámbar, M., & Tormos, B. (2014). La medición de la eficiencia de la función mantenimiento a través de KPI's financieros. *DYNA*, 81(184), 102-109.
- Godino, J., & Recio, A. (2001). Significados institucionales de la demostración. Implicaciones para la educación matemática. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(3), 405-414.
- Inboundlead. (2016). *Los 7 mejores ejemplos de objetivos SMART: Inboundlead*. Recuperado de: <https://blog.inboundlead.com/los-7-mejores-ejemplos-de-objetivos-smart-o-inteligentes-para-empresas>

- Likierman, A. (2009). Las cinco trampas de la medición del desempeño. *Harvard Business Review*, 1, 1-5.
- Meyer, P. (1999). *Probabilidad y Aplicaciones Estadísticas*. Addison - Wesley Iberoamericana.
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2010). *Instructivo para la formulación de indicadores de desempeño: Ministerio de Economía y Finanzas*. Recuperado de: [https://www.mef.gob.pe/contenidos/presupuesto_publico/normativa/Instructivo_Formulacion_I ndicadores_Desempeno.pdf](https://www.mef.gob.pe/contenidos/presupuesto_publico/normativa/Instructivo_Formulacion_Indicadores_Desempeno.pdf)
- Novobilski, A., & Kamangar, F. (2001). *Absolute Percent Error Based Fitness Functions for Evolving Forecast Models*. FLAIRS-01 Proceedings. Uncertainty 591-595. Recuperado de: <https://www.aaai.org/Papers/FLAIRS/2001/FLAIRS01-113.pdf>
- Parmenter, D. (2007). *Key Performance Indicators: Developing, Implementing and using winning KPI'S*. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc.
- Ping-Feng, P. & Chia-Hsin, L. (2018). *Predicting Vehicle Sales by Sentiment Analysis of Twitter Data and Stock Market Values*. Volume 6, pp. 57655-57662. DOI: 10.1109/ACCESS.2018.2873730.
- Shukla, K.N. & Pillai, R.G. (2016). Modelling of chloride diffusion coefficient in concrete with supplementary cementitious materials. *Concrete Repair, Rehabilitation and Retrofitting IV - Dehn et al.* Taylor & Francis Group, London. Recuperado de: https://books.google.es/books?id=5tCYCgAAQBAJ&dq=mape+wape&lr=&hl=es&source=gbs_navlinks_s
- SPSS FREE. (s.f). Medidas de distribución - asimetría y curtosis: SPSS FREE. Recuperado de: <http://www.spssfree.com/curso-de-spss/analisis-descriptivo/medidas-de-distribucion-curtosis-asimetria.html>
- Wilson, J.H., & Keating, B. (2007). *Business Forecasting with Accompanying Excel - Based ForecastX Software*. Mc Graw Hill Companies.



Riesgo moral e información oculta antes de la conformación de equipos

CENDALES, ANDRÉS

Departamento Nacional de Planeación (Colombia)

Correo electrónico: acendales@dnp.gov.co

MORA RODRÍGUEZ, JHON JAMES

Facultad de Ciencias Administrativas y Económicas. Universidad Icesi (Colombia)

Correo electrónico: jjmora@icesi.edu.co

RESUMEN

En el contexto de la teoría de equipos laborales, este artículo muestra que todo empleado comunicará, independientemente de su dotación de habilidades, tener una dotación de altas habilidades. Lo anterior permite demostrar que la conformación de equipos laborales puede dar lugar a agrupaciones cuya productividad es menor a la que deberían exhibir en términos de las habilidades que comunicaron antes de la conformación del equipo. La conformación de equipos con agentes cuyas habilidades y destrezas no corresponden con la información que han comunicado en sus mensajes, da lugar a problemas de coordinación que inciden sobre el desempeño del equipo debido a la heterogeneidad de los principales que conforman un equipo. Un ejemplo de esto es la conformación de equipos académicos en las universidades.

Palabras clave: riesgo moral en equipos, compatibilidad de incentivos, información oculta.

Clasificación JEL: C72; C70; D31.

MSC2010: 26A03, 46N10, 91B02.

Moral hazard and hidden information before the formation of the teams

ABSTRACT

In the context of the team's theory, this article shows that employees will be communicated, independent of their skill endowment, have a high skill endowment. In this way, the formation teams can lead to groups whose productivity is lower than that exhibited in terms of the skills they communicated before the formation of the team. The formation of teams with agents and skills does not correspond to the information they have communicated in their messages, it leads to coordination problems that affect the performance of the team due the heterogeneity of the principal's in the team. An example of this is the formation of academic teams in universities.

Keywords: moral hazard in teams, incentive compatibility, hidden information.

JEL classification: C72, C70, D31.

MSC2010: 26A03, 46N10, 91B02.



1. Introducción.

La conformación de equipos es un elemento crucial en las empresas debido al carácter colectivo del proceso productivo (Alchian & Demsetz, 1972). Los problemas que surgen no son simples ya que esta se realiza en un contexto de información asimétrica donde existe selección adversa, ya que la habilidad de cada miembro es solamente conocida por él, y además riesgo moral en tanto el esfuerzo no puede observarse directamente (McAfee & McMillan, 1991: 561).

Un sistema de incentivos (Groves, 1973), tanto con agentes neutrales al riesgo como con agentes aversos al riesgo (Vander, 1995), y con un esquema lineal de pagos, maximiza la utilidad de los agentes cuando se crea un equipo de trabajo. Sin embargo, una consideración a resolver con respecto al proceso de selección de los miembros de un equipo que este artículo discute, consiste en los incentivos que cada miembro de un equipo tiene de enviar un mensaje acerca de su habilidad. Como aquí se muestra, aun cuando exista una señal de la habilidad que los miembros podrían usar para seleccionar a sus colaboradores, como es el caso de los títulos o la educación, los agentes tienen incentivos para distorsionar dicha señal. La distorsión aquí se puede entender como adquirir el título en instituciones en el exterior de las que no se tiene ningún conocimiento pero que puede distorsionar la información sobre las auténticas habilidades.

La solución al problema sigue el mismo camino que el planteado por Holmstrom (1982) en el sentido de que, para la conformación de un equipo con una determinada productividad, es la organización quien debe comunicar a los equipos cuál es la meta esperada de productividad. De esta forma, en este artículo se hace un especial énfasis en el proceso de la selección de individuos para conformar un equipo y no en la dinámica del equipo una vez se ha conformado como es el caso de McAfee y McMillan (1991) o Vander (1995); igualmente, tampoco se discutirán los efectos posteriores a la conformación de los equipos de trabajo como la creación en equipo o el aprovechamiento individual de sus miembros (Drago & Turnbull, 1987, 1988).

El artículo está organizado como sigue. En la sección 2 definimos un juego en el que en la primera etapa el jugador naturaleza asigna a cada agente principal una dotación de habilidades y destrezas, de tal manera que en la etapa 2, los principales de manera simultánea observan sus dotaciones. En la etapa tres cada principal de manera simultánea comunica en un mensaje a los principales de la organización cuál es su dotación de habilidades. Aquí probaremos que independientemente de la dotación de habilidades que naturaleza le asigna a cada agente principal, cada uno siempre comunicará en su mensaje poseer una alta dotación de habilidades. Con base en la información que tiene cada principal sobre las habilidades que los demás principales han comunicado tener, cada uno de manera simultánea selecciona el equipo al que desea pertenecer, es decir, los principales con los que desearía hacer vínculo laboral en un equipo. En esta sección, se muestra cómo la organización puede incidir en la productividad de los equipos conformados a partir de parámetros institucionales.

La sección 3 define el modelo de equipo correspondiente a la organización definida arriba, y a partir del que se muestra cómo la organización tiene la capacidad de ejercer cierto control sobre la estrategia de mensaje seguida por cada empleado y en la que distorsiona la información acerca de sus verdaderas habilidades y destrezas.

2. El modelo.

Sea $I = \{1, 2\}$ el conjunto de agentes *principales* de una organización y 0 su líder. Sea $s_i \in S_i = \mathbb{R}_+^*$ una variable aleatoria tal que $\mathbb{R}_+^* = \mathbb{R}_+ \cup \{\infty\}$. Se interpreta s_i como la dotación de habilidades que Naturaleza le otorga al principal $i \in I$. Sea $s \in S = S_1 \times S_2$ una combinación de habilidades tal que la habilidad de cada principal i es observada única y exclusivamente por él.

Cada principal i observa su dotación de habilidades s_i , siguiendo una estrategia de observación $\zeta_i: S_i \rightarrow \mathbb{R}_+$ tal que $\zeta_i(s_i) = n_i \cdot s_i$, es decir, cada principal i observa con cierta distorsión sus propias habilidades, pues bien es sabido de las posibles situaciones en que un hombre se induce a sí mismo a engaño en la necesidad de su narcisismo.

Supuesto 1. *La información que tiene el principal sobre su dotación de habilidades es privada.*

Reconocemos que no es cierto en general que un individuo observe sus propias habilidades sin los sesgos inducidos por el auto-engaño, pues, el autoengaño es un proceso con el que una alta proporción de individuos buscan obtener ventajas selectivas, de tal manera que creyendo sus propias mentiras acerca de sus habilidades, son capaces de persuadir a los demás individuos de la mentira que se han establecido a sí mismos (Borges, 2007; Nicholson, 2007; Berkich, 2007; Mármol, 2007).

Una vez cada principal i ha observado su dotación de habilidades, siguiendo una estrategia de mensaje $\gamma_i: \mathbb{R}_+ \rightarrow \mathbb{R}_+$, él comunica al líder y el principal $-i$ cierta información sobre lo que ha observado acerca de su dotación de habilidades. Sea $f_i(s_i) \in [1, +\infty]$ un término de perturbación tal que $\gamma_i(n_i \cdot s_i) = f_i(s_i) \cdot n_i \cdot s_i$. Por lo tanto, el mensaje comunicado por el principal i involucra un escalar $f_i(s_i) \in \mathbb{R}_+$ que perturba la información que el principal quiere comunicar sobre su dotación de habilidades. En todo contexto organizacional, cada principal no necesariamente comunica de manera fidedigna sus verdaderas habilidades, esto es debido a su interés por construir una reputación al interior de la organización y de la que depende su capacidad para tener una cierta estabilidad laboral, ascender en salario e importancia de cargos. En adelante, se empleará la expresión $\gamma_i(n_i \cdot s_i)$ y γ_i de manera indistinta.

Por lo anterior, se asume que f_i es creciente en s_i ; y en consecuencia, cuanto más alta sea su dotación de habilidades $s_i \in \mathbb{R}_+^*$, menor será la magnitud con la que él distorsione la información que comunica. Más aún, si en el límite la dotación de habilidades de un principal tiende a ser muy baja, él tendrá incentivos para distorsionar en una proporción muy alta la información que comunica sobre su dotación de habilidades. Formalmente, se cumple que $\lim_{s_i \rightarrow 0} f_i(s_i) = +\infty$. Asimismo, si en el límite la dotación de habilidades de un principal tiende a ser muy alta, él tendrá incentivos para enviar un mensaje en el que comunica de manera fidedigna cuál es su dotación de habilidades. Formalmente, se cumple que $\lim_{s_i \rightarrow \infty} f_i(s_i) = 1$. Adicionalmente, se asume que cuanto más bajas/altas sean las habilidades de un principal, mayor/menor la tasa en la cual se incremente marginalmente la magnitud con la que distorsione la información acerca de su dotación de habilidades, más aún:

$$\frac{\partial f_i^2(s_i)}{\partial s_i^2} = -\frac{\partial f_i(s_i)}{\partial s_i} \quad (1)$$

Para cada $s_i \in \mathbb{R}_+$, cada principal $i \in I$ tiene conocimiento común sobre el conjunto de información:

$$k(s) = \{f_1(s_1) \cdot n_1 \cdot s_1, f_2(s_2) \cdot n_2 \cdot s_2\} \quad (2)$$

Está claro que cada principal i al comunicar tener habilidades más altas con respecto a las que verdaderamente tiene, el conjunto de información no revela la verdadera distribución de habilidades, lo que inaugura una situación de riesgo moral si los dos principales deciden conformar un equipo laboral con base en un conjunto de información sesgado acerca de sus dotaciones de habilidades.

Supuesto 1. Existe conocimiento común sobre el conjunto de información $k(s)$.

Cada principal en la organización realiza un esfuerzo $e_i \in [0,1]$, ya sea de manera individual o en equipo.

Supuesto 2. El esfuerzo e_i que realiza el principal i es observable.

Dado un esfuerzo e , la producción esperada es igual a $\gamma \cdot h(e)$ tal que $h'(e) > 0$ y $h''(e) < 0$. Por lo tanto, si el principal i realiza de manera individual su esfuerzo, espera que su producción sea igual a $\gamma_i \cdot h(e_i)$. Por el contrario, si los dos principales realizan de manera conjunta su esfuerzo en un equipo laboral, el líder espera que la producción conjunta sea igual a $\gamma \cdot f(e)$ tal que $e = e_i \cdot e_{-i}$ y $\gamma = \gamma_i \cdot \gamma_{-i}$, es decir, el principal i espera realizar una producción conjunta igual a $\gamma_i \cdot \gamma_{-i} \cdot f_i(e_i \cdot e_{-i})$.

Con cada esfuerzo e_i que realiza el principal i experimenta una desutilidad igual a $g(s_i) \cdot e_i$ tal que la desutilidad marginal $g(s_i)$ es decreciente en s_i .

Supuesto 3. La desutilidad marginal $g(s_i)$ es observable y de conocimiento común.

Timing del juego. El juego es de dos etapas. En la primera etapa el líder de la organización establece el esfuerzo mínimo $\rho \in S_0$ que cada principal debe realizar en la organización. En la segunda etapa mueven de manera simultánea los principales, de tal manera que el principal i debe decidir si realiza su esfuerzo de manera individual o en equipo con el principal $-i$.

Funciones de pagos. Si el principal i decide realizar su esfuerzo de manera individual, su pago es:

$$\pi_i(e_i) = \gamma_i \cdot h(e_i) - g(s_i) \cdot e_i$$

Si deciden cooperar, entonces su pago es:

$$\pi_i(e_i, e_{-i}) = \gamma_i \cdot \gamma_{-i} \cdot f_i(e_i \cdot e_{-i}) - g(s_i) \cdot e_i$$

3. Resultados.

Lema 1. Cada principal comunicará en su mensaje tener altas habilidades, independientemente de cuál sea su verdadera dotación de habilidades.

Lema 2. Si el principal i decide realizar su esfuerzo de manera individual se tiene que el esfuerzo óptimo es $f'(e_i^*) = \frac{g(s_i)}{\gamma_i}$.

Proposición 1. El principal incrementará su esfuerzo si en el mensaje enviado a la organización ha comunicado tener altas habilidades.

Proposición 2. El principal reducirá su esfuerzo en equilibrio si la desutilidad marginal de esforzarse aumenta.

Lema 3. Si el principal i realiza su esfuerzo en equipo con el principal $-i$, en equilibrio se cumple que $f'(e_i^* \cdot e_{-i}^*) = \frac{g(s_i) + g(s_{-i})}{\gamma_i \cdot \gamma_{-i}}$.

Proposición 3. La producción del equipo será mayor a la producción individual siempre que los mensajes comunicados por los principales sean menos distorsionados con respecto a sus verdaderas habilidades.

Si $\Omega \in \mathbb{R}_+$ es el nivel de esfuerzo mínimo exigido por el líder de la organización en equilibrio entonces i coopera con el principal $-i$ si, y solo si:

$$(e_i^*, e_{-i}^*) = \left(\frac{g(s_{-i})}{\gamma_i \cdot \gamma_{-i}}, \frac{g(s_i)}{\gamma_i \cdot \gamma_{-i}} \right)$$

Así, cada principal $p \in \mathbf{P}$ sigue una estrategia de decisión $\delta_p : K_p \rightarrow A_p(\nu)$ tal que $A_p(\nu) = \{B_t(\gamma_p(s_p)) : t \leq \nu\}$ es el conjunto de todos los posibles equipos laborales entre los que el principal p puede elegir tal que ν es un parámetro institucional fijado por el líder de la organización, y que se interpreta como el grado de heterogeneidad, en términos de las habilidades, con que el líder tolera que se conformen los equipos laborales (observe que A_p está contenido estrictamente en el conjunto partes de $\gamma(s)$, es decir, $A_p \subset 2^{|\gamma(s)|}$). Un principal q puede hacer vínculo con otro principal p en la conformación de un equipo laboral si, y solo si, las habilidades $\gamma_p(s_p)$ y $\gamma_q(s_q)$ que han comunicado tener se encuentran a una distancia menor o igual a ν . Por lo tanto, cada equipo laboral $B_t(\gamma_p(s_p))$ al que puede pertenecer el principal p es una bola con centro en $\gamma_p(s_p)$ y radio t en el sub-espacio métrico $\gamma(s)$ tal que $t \leq \nu$.

Asumimos que ν disminuirá siempre que la organización incremente la eficiencia $e \in \mathbb{R}_+$ con la que mide las habilidades de cada principal $p \in \mathbf{P}$, pues de este modo cada principal $p \in \mathbf{P}$ se encontrará más impedido para distorsionar la información que comunique sobre sus habilidades. Formalmente, sea $e \rightarrow \nu(e) = \nu \in \mathbb{R}_+$ una función decreciente, continuamente diferenciable dos veces y acotada inferiormente por un término constante $\nu^0 > 0$, tal que para todo $e \in \text{Dom}(\nu)$ se cumple que $\nu(e) \geq \nu^0 > 0$. Más aún, $\lim_{e \rightarrow \infty} \nu(e) = \nu^0$ y $\lim_{e \rightarrow 0} \nu(e) = \infty$. El término ν^0 se interpreta como el nivel más alto de especialización con el que el líder permite la conformación de un equipo laboral (este parámetro no podrá ser jamás igual a cero dada la heterogeneidad característica de los grupos).

Si ν^0 tomara un valor igual a cero, esto implicaría, por un lado, que el nivel de eficiencia con el que la organización mide las habilidades de cada agente principal es infinito y, por el otro, que la organización sólo consentiría que cada principal construya vínculos solo con principales que tengan exactamente sus mismas habilidades. Finalmente, la tasa a la que decrezca ν será cada vez mayor entre incrementos en e . Más aún, $\frac{\partial^2 \nu(e)}{\partial e^2} > 0$.

La elección del equipo laboral óptimo. Sea $\tau(B_t(\gamma_p(s_p)))$ el diámetro de la bola $B_t(\gamma_p(s_p)) \in A_p(\nu)$, es decir, mide la distancia entre las habilidades de los integrantes con las dotaciones más distantes en el equipo laboral $B_t(\gamma_p(s_p)) \in A_p(\nu)$. Asumimos que la productividad del equipo $B_t(\gamma_p(s_p)) \in A_p(\nu)$ será menor siempre que su diámetro sea mayor, pues entre más

heterogéneo sea el equipo laboral en términos de las habilidades de sus integrantes, mayores problemas de coordinación y trabajo en equipo. Sea $\theta: A_p(v) \rightarrow \mathbb{R}_+$ una función tal que:

$$\theta(B_t(\gamma_p(s_p))) = g(\tau(B_t(\gamma_p(s_p)))) \quad (3)$$

es la productividad del equipo $B_t(\gamma_p(s_p))$. Se asume que la productividad de un equipo laboral depende inversamente de que tan heterogéneas sean las habilidades de sus integrantes, de tal manera que cuanto más heterogéneo sea el equipo laboral, menor es su productividad laboral. Por lo anterior, se cumple que:

$$\frac{\partial g(\tau(B_s(\gamma_t(s_t))))}{\partial \tau(\cdot)} \leq 0 \quad (4)$$

Cada principal $p \in \mathbf{P}$ busca escoger aquel equipo laboral $B_s^*(\gamma_t(s_t))$ con la mayor productividad de equipo, es decir:

$$\theta(B_t^*(\gamma_p(s_p))) = \max_{B_t(\gamma_p(s_p)) \in A_p(v)} \theta(B_t(\gamma_p(s_p))) \quad (5)$$

De este modo, la estrategia de decisión $\delta_p: K_p \rightarrow A_p(v)$ para cada principal $p \in \mathbf{P}$ determina el equipo óptimo $\delta_p(k_p(s)) = B_t^*(\gamma_p(s_p))$ dado su conjunto de información $k_p(s)$, es decir,

$$\theta(B_t^*(\gamma_p(s_p))) = \max_{B_t(\gamma_p(s_p)) \in A_p(v)} \theta(B_t(\gamma_p(s_p))) \quad (6)$$

Una vez cada principal $p \in \mathbf{P}$ ha escogido su equipo laboral óptimo $\delta_p(k_p(s))$ se tiene la siguiente combinación de equipos laborales (en adelante, se empleará la siguiente notación $\delta_t(y_t(s)) = \delta_t$):

$$\delta(k(s)) = (\delta_1(k_1(s)), \delta_2(k_2(s)), \dots, \delta_p(k_p(s))) \quad (7)$$

tal que $\{\delta_1(k_1(s)), \delta_2(k_2(s)), \dots, \delta_p(k_p(s))\}$ es una partición del conjunto de principales \mathbf{P} de la organización.

En síntesis, una vez que cada principal ha observado sus habilidades en una segunda etapa, enviado un mensaje a la organización sobre sus habilidades en la tercera etapa, que le permite alcanzar un conjunto de información $k_t(s)$ sobre las habilidades de los principales en la organización, escoge en una cuarta etapa aquel equipo laboral $\delta_p(k_p(s))$ con el que busca maximizar la productividad laboral de equipo. Por lo tanto, cada principal ha elegido una estrategia $\beta_p = (\zeta_p(s_p), \gamma_p(\zeta_p(s_p)), \delta_p(k_p(s))) \in B_p$ que resulta ser una tripla de estrategias que son tomadas en el orden temporal definido por su posición en la tripla. Se denotará por B_p el espacio de estrategias del principal $p \in \mathbf{P}$. Diremos que $B_1 \times B_2 \times \dots \times B_p = B$ es el espacio de estrategias conjuntas de P principales.

Proposición 2. Sean v_0 y v_1 distintos. Sean Σ_t^* y Σ_t^{**} tal que $\theta(\Sigma_t^*) = \max_{\Sigma_t \in A_p(v_0)} \theta(\Sigma_t)$ y $\theta(\Sigma_t^{**}) = \max_{\Sigma_t \in A_p(v_1)} \theta(\Sigma_t)$. Si $v_0 < v_1$ entonces $\theta(\Sigma_t^*) \geq \theta(\Sigma_t^{**})$.

4. Conformación de equipos.

Dada una estrategia conjunta:

$$(\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_T) = ((s_1, f(s_1) \cdot s_1, \delta_1), (s_2, f(s_2) \cdot s_2, \delta_2), \dots, (s_T, f(s_T) \cdot s_T, \delta_T))$$

Sea $\{\delta^1, \delta^2, \dots, \delta^E\} = \{\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_E\}$. La partición del conjunto de principales de la organización \mathbf{P} en E equipos, es decir, cada principal $t \in \mathbf{P}$ ha escogido su estrategia:

$$(\zeta_t(s_t), \gamma_t(\zeta_t(s_t)), \delta_t(y_t(s))) = (\zeta_t(s_t), \gamma_t(\zeta_t(s_t)), \delta_t)$$

tal que $\delta_t(y_t(s)) = \delta^e$ para algún $e \in \{1, \dots, E\}$; y el conjunto \mathbf{P} de principales de la organización se ha distribuido en E equipos laborales, entonces, se tiene una combinación de K niveles de productividad, esto es:

$$(\hat{\theta}(\delta^1), \hat{\theta}(\delta^2), \dots, \hat{\theta}(\delta^E)) \in \mathbb{R}_+^E$$

Por lo anterior, la función de pagos de la organización $\omega_0: B \times S \rightarrow \mathbb{R}_+$ se define como la productividad total de los distintos equipos conformados, esto es:

$$\omega_0(\beta, s) = \sum_{e=1}^E \hat{\theta}(\delta^e)$$

Un primer *modelo de equipo* para la organización considerada en este artículo se define como:

$$\mathbf{T} = \langle I, \{B_t : t \in \mathbf{P}\}, \omega_0 \rangle$$

Luego, \mathbf{T} es un modelo de equipo que describe una organización en la que el pago ω_0 que percibe el líder, quien representa las preferencias de la organización, depende de las contribuciones de productividad de los equipos conformados. Pero el nivel de productividad que exhibe un equipo depende de los conjuntos de información que posean los principales acerca de sus niveles de habilidades y destrezas.

Por lo anterior, este artículo se propone estudiar la relación que existe entre los distintos niveles de información a los cuales pueden dar lugar los principales a partir de los mensajes intercambiados y los niveles de productividad para cada combinación de equipos óptimos.

Se debe observar que el término v involucrado en la definición del conjunto:

$$\hat{\theta}(A_t; v) = \{\Sigma_t : \max \{d(s_i, f_i(s_i)s_i) : i \in \Sigma_t\} \leq v\} \subset A_t$$

No afecta los términos $f_i(s_i)$ para cada $i \in \mathbf{P} - \{t\}$; de hecho, $f_i(s_i)$ es el valor que toma la función f_i dado un nivel de habilidades y destrezas s_i del principal i , es decir, el comportamiento de

f_i no depende del comportamiento de v . Queremos probar, que cualquiera que sea el valor que tome s_t para cada $t \in \mathbf{P}$, se cumple que v afecta el comportamiento de $f_i(s_t)$, es decir, afecta los términos de perturbación $f_i(s_t)$.

Teorema 3. *Cada término de perturbación $f_i(s_t)$ para cada $t \in \mathbf{P}$ involucrado en el mensaje $f_i(s_t)s_t$ que cada principal $t \in \mathbf{P}$ envía acerca de sus habilidades y destrezas, se controla en un intervalo con centro en 1 y radio igual a $\frac{2v}{s_i}$.*

Teorema 4. *Si $e \rightarrow +\infty$ y $v^o \rightarrow 0$ entonces $f_i(s_t) = 1$ para cada $t \in \mathbf{P}$.*

Si bien es cierto que el nivel de eficiencia en el contraste de las habilidades de los principales permite controlar los efectos de distorsión que los principales involucran en la información que comunican en sus mensajes acerca de sus habilidades, se puede constatar que independientemente de dicho control, de cumplirse que los principales exhiban bajos niveles de habilidades, cada principal decidirá permanecer sólo a involucrarse con cualquier otro principal en la organización en algún equipo laboral.

Teorema 5. *Si el nivel de habilidades y destrezas s_t de cada principal $t \in \mathbf{P}$ tiende a ser muy pequeño, entonces, cada principal evadirá la conformación de equipos laborales sin importar con qué nivel de eficiencia e la organización mida de manera individual las habilidades y destrezas de los principales.*

Teorema 6. *A menor nivel de eficiencia en el testeo de las habilidades y destrezas, menor el nivel de productividad involucrado en un equipo.*

5. Conclusiones.

Este artículo muestra cómo la conformación de equipos laborales puede dar lugar a agrupaciones cuya productividad es menor a la que deberían exhibir en términos de las habilidades que comunicaron antes de la conformación del equipo. La conformación de equipos con agentes cuyas habilidades y destrezas no corresponden con la información que han comunicado en sus mensajes, da lugar a problemas de coordinación que inciden sobre el desempeño del equipo debido a que éstos son muy heterogéneos en términos de los principales que lo conforman.

Con el fin de corregir este problema, las organizaciones deben implementar el control de los márgenes con los que los principales de la organización distorsionen la información sobre sus habilidades y que comunican a través de sus mensajes. Tal capacidad de control aparece a través de mecanismos que contrastan las habilidades de sus principales. El uso de pruebas que tienen en cuenta los diplomas de educación no son suficientes ya que éstos no constituyen indicios suficientes para revelar el tipo de los principales -considérese el caso de economistas con título de Ph.D. cuya producción académica es muy poca, por lo que, el diploma es poco relevante para la construcción de conocimiento al interior de las facultades académicas en las universidades.

Ya será en los trabajos por Grooves (1973) y McAfee y McMillan (1991) entre otros, donde se muestra la existencia de esquemas de incentivos con los que se corrige la situación descrita en este artículo; de tal forma que habrá lugar a una compensación que depende positivamente de la productividad de equipo. Así, una alta productividad de equipo será permitida y bajos niveles de productividad serán castigados. Lo anterior permitirá a la organización maximizar su pago como organización.

En esta misma idea, si la compensación que un equipo recibe por parte de la organización depende de su productividad, entonces, cada principal querrá pertenecer a aquel equipo en el que la productividad se maximice y, en este sentido, maximizar su compensación en el equipo que conforma. Por ello, cada principal buscando maximizar su compensación en el equipo elegido, minimizará la distorsión que haga efectiva en su mensaje acerca de sus habilidades y destrezas, pues, de este modo será como cada principal alcance un conjunto de información que contenga datos muy cercanos a las verdaderas habilidades y destrezas de los principales, y en consecuencia, sea posible la elección de aquel equipo que efectivamente maximice la productividad una vez que sus miembros han comunicado tener habilidades y destrezas muy cercanas a las asignadas por Naturaleza. De allí, que cada principal escogiendo su respectivo equipo con un conjunto de información que minimiza la distorsión acerca de las habilidades y destrezas de los principales, es como será posible que los equipos una vez han sido conformados exhiban una productividad real que se ajuste a la estimada por los principales al momento de resolver su problema de elección y, de este modo, se maximiza la productividad de equipo y, por tanto, su compensación individual.

Referencias

- Alchian, A., & Demsetz, H. (1972). Production, Information Costs, and Economic Organization. *American Economic Review*, 62(5), 777-795.
- Berkich, D. (2007). A Puzzle About Akrasia. *Teorema. Revista Internacional de Filosofía*, XXVI(3), 59-72.
- Borges, H. (2007). La etiología del autoengaño. ¿Pretendo engañarme o me engañan mis mecanismos? *Teorema. Revista Internacional de Filosofía*, XXVI(3), 19-30.
- Drago, R., & Turnbull, G. (1987). *Competitive and Non-Competitive Incentives in Team Settings: Notes Toward a Theory of Promotion Systems*. Working Paper, Louisiana State University.
- Drago, R., & Turnbull, G. (1988). The incentive effects of tournaments with positive effects among workers. *Southern Economic Journal*, 55(1), 100-106.
- Groves, T. (1973). Incentive in teams. *Econometrica*, 41(4), 617-631.
- Holmstrom, B. (1982). Moral Hazard in Teams. *Bell Journal of Economics*, 13(2), 324-340.
- Marmol, C. (2007). Autoengaño y responsabilidad. *Teorema. Revista Internacional de Filosofía*, XXVI(3), 145-160.
- McAfee, P. & McMillan, J. (1991). Optimal Contracts for Teams. *International Economic Review*, 32(3), 561-577.
- Nicholson, A. (2007). Cognitive Bias, Intentionality and Self-Deception. *Teorema. Revista Internacional de Filosofía*, XXVI(3), 45-58.
- Vander, T. (1995). Optimal Contracts For Teams: A Note On The Results Of McAfee And McMillan. *International Economic Review*, 36(4), 1051-1056.

APÉNDICE

Demostración del teorema 1. La demostración es por disyunción de casos.

Caso 1. $f_p(s_p) \cdot s_p \rightarrow \infty$ siempre que $s_p \rightarrow 0$. Se cumple que $\lim_{s_p \rightarrow 0} f_p(s_p) \cdot s_p = \lim_{s_p \rightarrow 0} \frac{s_p}{\frac{1}{f_p(s_p)}}$

es una forma indeterminada de la forma $\frac{0}{0}$. Aplicando el teorema de *l'hospital* se tiene que

$\lim_{s_t \rightarrow 0} \frac{s_t}{\frac{1}{f_t(s_t)}} = \lim_{s_t \rightarrow 0} \frac{1}{\frac{f_t'(s_t)}{(f_t(s_t))^2}} = \lim_{s_t \rightarrow 0} \frac{[f_t(s_t)]^2}{-f_t'(s_t)}$. Que resulta ser otra forma indeterminada de la forma

$\frac{\infty}{\infty}$. Aplicando por segunda vez el teorema de *l'hospital* se tiene que $\lim_{s_t \rightarrow 0} \frac{[f_t(s_t)]^2}{-f_t'(s_t)} = \lim_{s_t \rightarrow 0} \frac{2f_t(s_t) \cdot f_t'(s_t)}{-f_t''(s_t)}$

. Pero, $f_t'' = -f_t'$ y $\lim_{s_t \rightarrow 0} 2f_t(s_t) = +\infty$. En consecuencia, $\lim_{s_t \rightarrow 0} \frac{2f_t(s_t) \cdot f_t'(s_t)}{-f_t''(s_t)} = \lim_{s_t \rightarrow 0} 2f_t(s_t) = +\infty$.

Por lo tanto, $\lim_{s_t \rightarrow 0} f_t(s_t) \cdot s_t = +\infty$. Esto quiere decir, que entre más bajo sea el nivel de habilidades y destrezas del principal t , él envía un mensaje $\gamma_t(\zeta_t(s_t))$ con el que comunicará tener habilidades y destrezas considerablemente altas.

Caso 2. Si $s_t \rightarrow \infty$ entonces $f_t(s_t) \cdot s_t \rightarrow +\infty$. En efecto, $\lim_{s_t \rightarrow \infty} f_t(s_t) \cdot s_t = \lim_{s_t \rightarrow \infty} s_t = +\infty$. Por lo tanto, sean los niveles de habilidades y destrezas altos o bajos, cada principal $t \in \mathbf{P}$ comunicará tener altos niveles de habilidades y destrezas. *Q.E.D.*

Demostración del teorema 2.

Si $\Sigma_t^o \in \hat{\theta}(A_t; \nu_0)$ entonces $\max\{d(s_t, f_t(s_t) \cdot s_t) : i \in \Sigma_t^o\} \leq \nu_0$; pero $\nu_0 < \nu_1$, luego, $\Sigma_t^o \in \hat{\theta}(A_t; \nu_1)$; en consecuencia, se tiene que $\hat{\theta}(A_t; \nu_0) \subset \hat{\theta}(A_t; \nu_1)$. Por lo anterior, afirmamos que $\hat{\theta}(\Sigma_t^*) \geq \hat{\theta}(\Sigma_t^{**})$.

En efecto, razonemos por contradicción y supongamos lo contrario, es decir, supongamos que $\hat{\theta}(\Sigma_t^*) < \hat{\theta}(\Sigma_t^{**})$. Por lo tanto:

$$g(\tau(s_{\beta(1)}, s_{\beta(2)}^{e*}, \dots, s_{\beta(P)}^{e*})) < g(\tau(s_{\beta(1)}, s_{\beta(2)}^{e**}, \dots, s_{\beta(P)}^{e**}))$$

Por cómo se ha definido la aplicación g , se cumple que la diferencia entre los principales de mayor habilidad y menor habilidad que pertenecen al equipo Σ_t^* es mayor a la diferencia entre los principales de mayor habilidad y menor habilidad que pertenecen al equipo Σ_t^{**} , en símbolos:

$$\tau(s_{\beta(1)}, s_{\beta(2)}^{e*}, \dots, s_{\beta(P)}^{e*}) > \tau(s_{\beta(1)}, s_{\beta(2)}^{e**}, \dots, s_{\beta(P)}^{e**})$$

Sean $s_i^o, s_j^o \in \{s_i : i \in \Sigma_t^{**}\}$ los principales de mayor habilidad y menor habilidad que pertenecen al equipo Σ_t^{**} , esto es, $d(s_i^o, s_j^o) = \tau(s_{\beta(1)}, s_{\beta(2)}^{e**}, \dots, s_{\beta(P)}^{e**})$. Sean $s_i^*, s_j^* \in \{s_i : i \in \Sigma_t^*\}$ los principales

de mayor habilidad y menor habilidad que pertenecen al equipo Σ_t^* , esto es, $d(s_i^*, s_j^*) = \tau(s_{\beta(1)}, s_{\beta(2)}^{e*}, \dots, s_{\beta(P)}^{e*})$.

Por desigualdad triangular tenemos que $d(s_i^o, s_j^o) \leq d(s_i^o, s_t) + d(s_t, s_j^o) < 2\nu_1$ y $d(s_i^*, s_j^*) \leq d(s_i^*, s_t) + d(s_t, s_j^*) < 2\nu_0$. Afirmamos que:

$$\underbrace{2\nu_0 > d(s_i^*, s_j^*)}_{(a)} > \underbrace{2\nu_1 > d(s_i^o, s_j^o)}_{(b)}$$

Las desigualdades (a) y (b) se tienen, falta mostrar que $d(s_i^*, s_j^*) > 2\nu_1$. Supongamos lo contrario. Entonces se pueden dar dos casos: $d(s_i^o, s_j^o) \leq d(s_i^*, s_j^*) < 2\nu_1$ o $d(s_i^*, s_j^*) \leq d(s_i^o, s_j^o) < 2\nu_1$

Caso 1. $d(s_i^o, s_j^o) \leq d(s_i^*, s_j^*) < 2\nu_1$. Esta condición es equivalente a la siguiente desigualdad:

$$\tau(s_{\beta(1)}, s_{\beta(2)}^{e**}, \dots, s_{\beta(P)}^{e**}) < \tau(s_{\beta(1)}, s_{\beta(2)}^{e*}, \dots, s_{\beta(P)}^{e*}) < 2\nu_1$$

Esto quiere decir, por un lado que $\Sigma_t^{**} \in \hat{\theta}(A_t; \nu_0)$ y por otro lado, quiere decir que, la productividad media de Σ_t^{**} es mayor a la productividad media de Σ_t^* , esto es, $g(\tau(k_t^*(\Sigma_t^{**}))) > g(\tau(k_t^*(\Sigma_t^*)))$, i.e., $\hat{\theta}(\Sigma_t^{**}) > \hat{\theta}(\Sigma_t^*)$. Pero si $\Sigma_t^{**} \in \hat{\theta}(A_t; \nu_0)$ y $\hat{\theta}(\Sigma_t^{**}) > \hat{\theta}(\Sigma_t^*)$ entonces $\hat{\theta}(\Sigma_t^{**}) > \hat{\theta}(\Sigma_t^*) = \max_{\Sigma_t \in \hat{\theta}(A_t; \nu_0)} \hat{\theta}(\Sigma_t)$ lo cual es una contradicción.

Caso 2. $d(s_i^*, s_j^*) \leq d(s_i^o, s_j^o) < 2\nu_1$. Esta condición es equivalente a la siguiente desigualdad:

$$\tau(k_t^*(\Sigma_t^*)) < \tau(k_t^*(\Sigma_t^{**})) < 2\nu_1$$

Esto quiere decir por un lado que $\Sigma_t^* \in \hat{\theta}(A_t; \nu_1)$, y por otro lado, hemos encontrado que:

$$\hat{\theta}(\Sigma_t^*) > \hat{\theta}(\Sigma_t^{**}) = \max_{\Sigma_t \in \hat{\theta}(A_t; \nu_1)} \hat{\theta}(\Sigma_t)$$

Lo cual es una contradicción. Luego la expresión (45) es falsa. Si las expresiones (44) y (45) son falsas, entonces, la desigualdad $d(s_i^*, s_j^*) < 2\nu_1$ es falsa. Por consecuencia, es cierto que $d(s_i^*, s_j^*) > 2\nu_1$. Esto significa que la desigualdad (42) es verdadera. Pero si la expresión (42) es cierta entonces, por transitividad tenemos que $2\nu_0 > 2\nu_1$ es verdad. Pero esta desigualdad implica que $\nu_0 > \nu_1$; lo cual entra en contradicción con la hipótesis, a saber: $\nu_0 \leq \nu_1$. En consecuencia, la expresión (42) es falsa. Esto es, se debe cumplir que $d(s_i^*, s_j^*) \leq d(s_i^o, s_j^o)$, i.e., $\tau(k_t^*(\Sigma_t^*)) \leq \tau(k_t^*(\Sigma_t^{**}))$. En consecuencia, se ha probado que $g(\tau(k_t^*(\Sigma_t^*))) \geq g(\tau(k_t^*(\Sigma_t^{**})))$, i.e., $\hat{\theta}(\Sigma_t^*) \geq \hat{\theta}(\Sigma_t^{**})$. Luego, hemos demostrado que si $\nu_0 \leq \nu_1$ entonces, $\hat{\theta}(\Sigma_t^*) \geq \hat{\theta}(\Sigma_t^{**})$ con lo que se completa la prueba. *Q.E.D.*

Demostración del teorema 3.

Sean i, j dos principales arbitrarios tal que δ_i y δ_j son sus estrategias de decisión respectivamente. Se cumple que $d(s_j, f_j(s_j)s_j) \leq d(s_j, s_i) + d(s_i, f_j(s_j)s_j)$ y $d(s_i, f_i(s_i)s_i) \leq d(s_i, s_j) + d(s_j, f_i(s_i)s_i)$ por desigualdad triangular. Además, $d(s_j, s_i) \leq d(s_j, f_i(s_i)s_i)$ y $d(s_i, s_j) \leq d(s_i, f_j(s_j)s_j)$ por definición de la *estrategia de mensaje*. En consecuencia, $d(s_j, f_j(s_j)s_j) \leq d(s_j, s_i) + d(s_i, f_j(s_j)s_j) \leq d(s_j, f_i(s_i)s_i) + d(s_i, f_j(s_j)s_j)$ y $d(s_i, f_i(s_i)s_i) \leq d(s_i, s_j) + d(s_j, f_i(s_i)s_i) \leq d(s_i, f_j(s_j)s_j) + d(s_j, f_i(s_i)s_i)$. Por otro lado, $d(s_i, f_j(s_j)s_j) \leq \nu$ y $d(s_j, f_i(s_i)s_i) \leq \nu$ por propiedad de los conjuntos $\hat{\theta}(A_i)$ y $\hat{\theta}(A_j)$ respectivamente. En consecuencia, $d(s_j, f_j(s_j)s_j) \leq 2\nu$ y $d(s_i, f_i(s_i)s_i) \leq 2\nu$. Y por propiedad de la función distancia inducida por la norma en \mathbb{R}_+ y $s_i \in \mathbb{R}_+$ se tiene que $d(1, f_j(s_j)) \leq \frac{2\nu}{s_j}$ y

$$d(1, f_i(s_i)) \leq \frac{2\nu}{s_i}. \text{ Por lo tanto, } f_i(s_i) \in \left[1 - \frac{2\nu}{s_i}, 1 + \frac{2\nu}{s_i}\right]. \text{ Q.E.D.}$$

Demostración del teorema 4.

En efecto, siendo $d: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ una métrica inducida por una norma $\|\cdot\|: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$, por la proposición anterior se tiene que $\|1 - f_i(s_i)\| \leq \frac{2\nu}{s_i}$. Es decir, $1 - \frac{2\nu}{s_i} \leq f_i(s_i) \leq 1 + \frac{2\nu}{s_i}$. Por lo tanto, el término $f_i(s_i)$ oscilará en el intervalo $\left[1 - \frac{2\nu}{s_i}, 1 + \frac{2\nu}{s_i}\right]$. Luego, si $e \rightarrow +\infty$ entonces, $\nu(e) \rightarrow \nu^o$. Es decir, para cada $t \in \mathbf{P}$ se cumple que $1 - \frac{2\nu^o}{s_t} \leq f_t(s_t) \leq 1 + \frac{2\nu^o}{s_t}$. Pero $\nu^o \rightarrow 0$, y en consecuencia, para cada $t \in \mathbf{P}$ se cumple que $1 \leq f_t(s_t) \leq 1$. Luego, $f_t(s_t) = 1$ para cada $t \in \mathbf{P}$ y para cada $s_t \in \mathbb{R}_+$. Q.E.D.

Demostración del teorema 5.

Si $s_i \rightarrow 0$ entonces $f_i(s_i)s_i \rightarrow \infty$ para cada $i = 1, \dots, T$ por teorema 1. Por consecuencia, para $t \in \mathbf{P}$ fijo se cumple que $d(s_t, f_i(s_i)s_i) \rightarrow \infty$ para cada $i \in \mathbf{P} - \{t\}$. Luego, dado que $\nu(e) = \nu$ se tiene que:

$$\hat{\theta}(A_t; \nu) = \left\{ \sum_t : \max \{d(s_t, f_i(s_i)s_i) : i \in \sum_t\} \leq \nu \right\} = \left\{ \{t\} \right\}$$

En efecto, supongamos que existe un equipo laboral $\sum_t \neq \{t\}$ tal que \sum_t pertenece al conjunto $\hat{\theta}(A_t; \nu)$. Entonces, un principal $k \neq t$ pertenece al equipo \sum_t tal que su estrategia de mensaje $f(s_k)s_k$ tiende a ∞ , pues, $s_k \rightarrow 0$.

Por consiguiente:

$$d(s_t, f(s_k)s_k) = \max \{d(s_t, a_t s_i) : i \in \Sigma_t\} = \infty > v(e)$$

Lo que es una contradicción. Por lo tanto, $\hat{\theta}(A_t; v) = \{\{t\}\}$ para cada $t \in \mathbf{P}$.

Luego:

$$\delta_t(y_t(s)) = \{t\} \Leftrightarrow \hat{\theta}(\{t\}) = \max_{\Sigma_t \in \{\{t\}\}} \hat{\theta}(\Sigma_t)$$

Esto es, el conjunto de principales de la organización \mathbf{P} se ha distribuido en un conjunto de T equipos como sigue: $\{\{1\}, \{2\}, \dots, \{T\}\}$. *Q.E.D.*

Demostración del teorema 6.

Sean e_0 y e_1 distintos tal que $e_0 > e_1$. En consecuencia, $v_1 = v(e_1) \gg v(e_0) = v_0$. Sean δ_t y δ_t^* tal que $\hat{\theta}(\delta_t) = \max_{\Sigma_t \in \hat{\theta}(A_t; v_0)} \hat{\theta}(\Sigma_t)$ y $\hat{\theta}(\delta_t^*) = \max_{\Sigma_t \in \hat{\theta}(A_t; v_1)} \hat{\theta}(\Sigma_t)$. Por lo anterior, se cumple que $\hat{\theta}(\delta_t) > \hat{\theta}(\delta_t^*)$ por teorema 2. *Q.E.D.*