

## A New Index for Public Investment Management

**Antonio Rojas Canela**<sup>1</sup> - Universidad Nacional Autónoma de México, México  
**Juan Carlos Moreno-Brid**<sup>2</sup> - Universidad Nacional Autónoma de México, México

### Abstract

The objective of this article is to improve the most widely used indicator of quality in public investment management (the PIMI). The methodology was to use an alternative algorithm to build a new version of the PIMI and calculate it for sixteen Latin American countries. The result is a New PIMI that appears better than the original one, as it has a positive correlation with an objective indicator of the efficiency of public investment, which is not achieved by the original PIMI. We recommend the use of the New PIMI, proposed here, as a control variable in studies on aggregated public investment and its impacts on economic growth and social welfare. One limitation of the New PIMI is that it reflects the quality of public investment management at the aggregate level and based on de jure criteria, thus not capturing key differences that occur at a more disaggregated or informal level. Even so, the relevance, originality and replicability of the New PIMI make it a significant contribution to knowledge in this field.

*JEL Classification: H54, H6, C43.*

*Keywords: public investment management, national system of public investment, public investment efficiency, PIMI, New PIMI.*

## Un nuevo índice para la gestión de la inversión pública

### Resumen

El objetivo de este artículo es mejorar el indicador más utilizado sobre la calidad en la gestión de la inversión pública (Public Investment Management Index, PIMI). La metodología fue utilizar un algoritmo alternativo para construir una nueva versión del PIMI y calcularlo para dieciséis países latinoamericanos. El resultado es un Nuevo PIMI que parece mejor que el anterior, ya que tiene una correlación positiva con un indicador objetivo de la eficiencia de la inversión pública, lo que no logra el PIMI original. Recomendamos el uso del Nuevo PIMI, aquí propuesto, como variable de control en los estudios sobre la inversión pública agregada y sus impactos en el crecimiento económico y bienestar social.

Una limitación del Nuevo PIMI es que refleja la calidad de la gestión de la inversión pública a nivel agregado y con base en criterios de jure, pero no permite capturar las diferencias en la eficiencia de dicha gestión que pueden ocurrir a nivel más desagregado o informal. Aun así, la originalidad y replicabilidad del Nuevo PIMI constituyen un aporte significativo al conocimiento del tema.

*Clasificación JEL: H54, H6, C43.*

*Palabras clave: gestión de la inversión pública, sistemas nacionales de inversión pública, eficiencia de la inversión pública, PIMI, nuevo PIMI.*

1 Corresponding author. Facultad de Economía, UNAM. Email: [antonio.rocana@gmail.com](mailto:antonio.rocana@gmail.com)

2 Email: [mbrid@economia.unam.mx](mailto:mbrid@economia.unam.mx)

\* No source of funding for research development



## 1. Introduction

The benefits of governmental investments could be very low or even null if they are geared to projects that are not suitable (Pritchett, 2000). Some studies (McKinsey Global Institute, 2013) have shown that there can be considerable economic and social gains if the selection of such investment projects is improved and existing assets are used to the best of their ability. Others have provided evidence that correlation between public investment and economic growth depends to a certain extent on the, say, quality of such investment (Gupta et. al., 2014). Thus, making better public investment decisions can help to free up resources for other important needs, to have a more favorable impact on infrastructure with the same amount of resources, and thus to enhance growth. This issue is very relevant in developing countries, like those of Latin America, characterized by having significant infrastructure gaps, of the order of various points of GDP (Sánchez et. al. 2017).

Some recent studies have focused on the task of how to close the infrastructure gaps relying less on increasing the aggregate level of investment and more on a more efficient allocation of resources (Serebrisky et. al., 2017; Suárez-Alemán, Serebrisky & Perelman, 2019). Some of these authors (Serebriky et. al., op. cit.) estimated savings equivalent to 1% of Latin America's GDP if countries improve the efficiency of public investments. Clearly, a powerful tool to close infrastructure gaps -and thus stimulate long-term economic growth- can be a better management of investment projects.

Large infrastructure projects require a lot of planning in the pre-investment phase, including studies on technical, socioeconomic, and environmental issues. Besides, these projects normally face political challenges that range from public debate on their relevance to parliamentary work to grant them financing. Clearly an institutional and organizational framework is indispensable to better ensure that different stages in the life cycle of projects are carried out optimally.

Since every country has its own legal framework, there are notable differences in the public investment processes among countries. This creates an opportunity for making comparative studies and finding the best practices to recommend improvements for the quality of public investment management. However, there is not much literature on this topic, and there is just one index aimed at measuring that quality: The Public Investment Management Index (PIMI) by Dabla-Norris et. al. (2012). This index filled an unattended gap in the literature and works well for cross-country comparisons, but it is not replicable since most of the information used on its construction is not open to public access.

This paper solves this problem by constructing a New PIMI, based on public information, theoretically robust and with a better performance in capturing key traits of management of public investment than the original one. The main contribution of this article is this New PIMI, which can be used to better compare the quality of public investment management between countries. This is relevant because existing studies on public investment generally try to measure its impact on other variables like economic growth or private investment (see Sturm et. al, 1998; Romp & De Haan, 2007; Das, Das & Ray, 2018; Afonso & Aubin, 2019), but they never take its quality into account. With the New PIMI, it is possible to include such trait as a control variable in future studies on public investments and their macroeconomic impacts.

The remainder of this article proceeds as follows. Section 2 provides a brief literature review, while section 3 describes the original PIMI and the construction of a new one. Section 3 also elaborates on the robustness of this New PIMI under different weighting schemes. Section 4 presents the relation between PIMI and other indices related to some institutional characteristics. In this fourth section, the New PIMI is correlated against the ratio between increases in public capital and the amount of public investment, as a *proxy* of its efficiency. Finally, section 5 draws conclusions and topics for further research.

## 2. Literature review

In recent years there has been an increasing interest regarding the relationship between public investment and the quality of institutions, management, and governance. This is not surprising since institutions and state capacity play a critical role in determining whether public investments will generate productive assets, or be a waste of valuable resources. For instance, Grigoli and Mill (2014) studied the relation between institutional quality and the level of public investment and provided tentative evidence of a positive effect from the quality of governance to the quality of infrastructure. This last point was also stated by Albino-War et. al. (2014), and Baum, Mogues, and Vernier (2020), among others, and was the starting point for an International Monetary Fund's Staff Report (2015).

With the World Bank as the main supporter institution, another part of the literature has put the emphasis on finding the best practices for public investment management. In this regard, authors like Rajaram et. al. (2010) have contributed by constructing the first diagnostic framework for assessing this management, identifying eight "must-have" features of a well-functioning public investment system: i) investment guidance, project development, and preliminary screening; ii) formal project appraisal; iii) independent review of appraisal; iv) project selection and budgeting; v) project implementation; vi) project adjustment; vii) facility operation; and viii) project evaluation. Subsequently, Rajaram et. al. (2014) built on this framework to apply it to country experiences and explain in detail some of the features aforementioned.

But the theoretical foundations of evaluation of public investment projects (and therefore of its management) can be traced back to Harberger's (1971) three postulates<sup>3</sup>, which are the underlying assumptions of cost-benefit analysis (CBA), a mandatory requirement for the execution of investment projects in most of the countries.

Since Harberger's contributions were made in the early seventies, it was back then when countries started to establish the evaluation of public investment projects as a legal requirement to assign them resources. In Latin America, this led to the creation of National Systems of Public Investment (NSPI), with Chile as the pioneer.

Since then, NSPI have been studied extensively from a *de jure* perspective. Some authors evaluated the hits and misses of the NSPI in a particular country (Ahmad y Viscarra, 2016; Fontaine, 1997; Gómez-Lobo, 2012), while others have made comparisons between different NSPI (Rojas, 2019; Perroti & Vera, 2015; Contreras, Cartes y Pacheco, 2010; Ortegón y Pacheco, 2005; Vizzio,

---

<sup>3</sup> These postulates are 1) the competitive demand price for a given unit measures the value of that unit to the demander; 2) the competitive supply price for a given unit measures the value of that unit to the supplier; and 3) when evaluating the net benefits or costs of a given action, the costs and benefits accruing to each member of the relevant group should normally be added without regard to the individual(s) to whom they accrue.

2000). Also, there are different classifications on NSPI and different approaches from which they are studied. Ortegón and Pacheco (op.cit.), for instance, distinguished between federal countries, in which there are intermediate levels of government with their own legal personality and the right to draft their own laws; and unitary, strongly centralized countries. The following analysis is closer to this last perspective.

### 3. The Public Investment Management Index (PIMI) and its new version

As Pritchett (2000) convincingly argued, when public investment is ineffective, cumulated and depreciated investment effort is not equal to capital. “A public sector steel mill may absorb billions as an ‘investment’, but if it cannot produce steel it has zero value as capital” (op. cit., p. 1). This means that only a fraction ( $\gamma$ ) of total public investment ( $PI_t$ ) is effectively converted into public capital stock in the next period ( $PKS_{t+1}$ ).

$$PKS_{t+1} = \gamma PI_t + (1 - \delta)PKS_t \quad (1)$$

Where  $\delta$  is the depreciation rate, and  $\gamma$  could then be said to be a parameter of public investment efficiency. Dabla-Norris et. al. (op. cit.) tried to approximate to this parameter through the institutional environment underpinning its management by focusing on four stages of the public investment process: strategic guidance and project appraisal; project selection; project management and implementation; and project evaluation and audit. These four stages were made up of several individual components (17 in total), each of which was presented as a question and then evaluated with a score that ranges from zero to four, where higher values correspond to a better performance of the country in that specific component.

The data used in the construction of the PIMI were compiled from many different sources, with the World Bank Public Investment Management (PIMs) case studies and the World Bank Public Expenditure Reviews (PERs) as the primary source of information. However, these sources have a serious problem. As the authors stated explicitly, PIMs and PERs “relied on in-country discussion with country officials, review of published and unpublished material, and discussions with relevant stakeholders” (op. cit. 244). Thus, much of the information used for those studies and, therefore, in the construction of the index is not open to public access. Furthermore, Dabla-Norris et. al. warned that PIMs and PERs were not sufficient to score the 17 questions for every country, so they “sent a short questionnaire to World Bank public finance experts and country economists” to supplement the information. Therefore, it is impossible to replicate the PIMI unless the researcher could contact local officials and a lot of experts from organizations such as the World Bank.

Despite the above, the PIMI works well for cross-country comparisons and is fairly robust in the sense that notable changes in the weighting and aggregation do not reflect in substantial changes in the country scores and ranking. The PIMI also has the expected correlation with other variables, such as per capita GDP, and control of corruption, but it does not have the expected correlation when plotted against an objective indicator of public investment efficiency, as it will be seen in section 4 of

this work. This implies that original PIMI could be substantially enhanced, which is why we build a new one in the following section.

### **3.1 Construction of a New PIMI: the cases of Latin America**

As it was stated in the introduction to this paper, an institutional-organizational framework is needed to ensure that the processes through which public investments go through are carried out optimally. Unlike other regions in the world, many Latin American countries have formally recognized these frameworks in their laws, as National Systems of Public Investment (NSPI). Moreover, supported by the Inter-American Development Bank and the Economic Commission of Latin America and the Caribbean, they have created a “Red SNIP (NSPI Network)” in which they share their experiences. This makes Latin American countries especially comparable between them.

Since Dabla-Norris et. al. (op. cit.) did not calculate the PIMI for most of the Latin American countries, Armendáriz et. al. (2016) replicated it for these countries, using the very same 17 characteristics as the former authors, but instead of presenting them as being continuous variables, they presented them as being dichotomous.

The New PIMI presented in this paper was constructed following this idea, by taking desirable characteristics on the NSPI and adding a point to each country for each of those characteristics that are present in its case. Each characteristic could be said to be a dichotomous variable, which takes a value of one if it is present and zero otherwise. Twelve characteristics were considered that deal with the process and evaluations that investment projects go through, the faculties and duties that the NSPI authorities have, and the transparency of information on public investments. Another non-binary variable was considered, which stands for the antiquity of the NSPI as part of the legal framework (question three in table 1). Since Chile and Costa Rica created their NSPI in 1975, they now have been operable for 45 years, so this third variable takes a value of one in the cases of these two countries, zero in the cases where NSPI does not formally exist yet, and fluctuates in the interval (0,1) in the other countries, according to the age of the NSPI in each one. Then, these thirteen characteristics were grouped into four categories (legal support and experience, processes and methodologies for the pre-investment phase, planning and budgeting, and accountability and transparency) each of which was evaluated on a 100 scale based on the values obtained for the dichotomous variables that make them up.

The first one considers the existence of a legally/formally recognized NSPI and its authority, for this is important to give legal support to the system. The second category captures the technical capacities of the system to evaluate investment projects at a micro level, while the third one captures its capacity to select and prioritize projects and to plan the investments in the medium and long terms (a political and macro-level). Finally, the fourth category captures the transparency of the system and its institutional capacities to evaluate projects while they are being executed and once they are operating. Table 1 presents these characteristics and categories, which are in line with what Rajaram et. al. (2010) and the World Bank (Kim, Fallov & Groom, 2020) understand as “Must Have” features for an efficient public investment system. Moreover, characteristics presented in table 1 address, to a lesser extent, the same four stages of the public investment process considered by Dabla-Norris et. al. (op. cit).

**Table 1.** Desirable characteristics for public investment systems

Legal support and experience	(1) Is the existence of the NSPI legally recognized?
	(2) Is there a specific technical authority for investments by the central government?
	(3) How long has the NSPI been formally recognized? (45 years = 1, 0 if not yet recognized)
Quality of pre-investment phase (technical/micro)	(4) Are there general methodologies for the ex-ante evaluation of projects?
	(5) Are there specific-sectorial methodologies for the preparation of the projects?
	(6) Is there a social discount rate and other relevant shadow prices issued by the authority?
Planning and budgeting (political/macro)	(7) Are there specific and well-defined criteria for the selection and prioritization of projects?
	(8) Is there a multi-annual national plan for public investment?
	(9) Does the technical authority have the power to prevent the projects that it deems inappropriate from being carried out?
Accountability and transparency	(10) Are ex-post evaluations mandatory for projects evaluated by the investment authority?
	(11) Are ex-post evaluations carried out by an organization other than the one executing the project?
	(12) Is the information on investment projects open to public access?
	(13) Is it possible to count on the participation of civil society in the selection or evaluation of projects?

Source: Authors' elaboration

To answer the questions presented above, an extensive review of the legal framework was carried out at the national level for each one of sixteen Latin American countries. Most countries in this cohort have a specific law to control and regulate public investments, and a single website that gathers all the information regarding it, from planning to project banks and official reports. Nonetheless, there are some countries (Brazil, Colombia, El Salvador, Nicaragua, and Mexico) in which this information is dispersed within several documents and websites, but the information obtained from official sources was enough to complete table 2, where it is shown if these sixteen countries meet the desirable characteristics exposed in table 1, and the obtained score for each country in each one of the four categories. The last column shows the value of the New PIMI for each country as the unweighted average of the four categories.

**Table 2.** Answering the questions: the New PIMI

Country / Question	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Legal support and experience	Quality of pre-investment phase	Planning and budgeting	Accountability and transparency	New PIMI
Chile	1	1	1.0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	100	100	67	100	<b>92</b>
Paraguay	1	1	0.2	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	73	100	100	67	<b>85</b>
Costa R.	1	1	1.0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	100	100	100	33	<b>83</b>
Bolivia	1	1	0.5	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	84	100	67	67	<b>79</b>
Peru	1	1	0.4	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	81	100	100	33	<b>79</b>
Panama	1	1	0.4	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	81	67	100	67	<b>79</b>
Dom. Rep.	1	1	0.3	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	77	33	100	100	<b>78</b>
Colombia	1	1	0.2	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	74	67	67	100	<b>77</b>
Mexico	0	1	0.0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	34	100	33	100	<b>67</b>
Argentina	1	1	0.6	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	86	67	67	33	<b>63</b>
Nicaragua	1	1	0.4	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	81	100	33	33	<b>62</b>
Ecuador	1	1	0.3	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	77	67	33	67	<b>61</b>
Uruguay	1	1	0.2	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	73	100	0	67	<b>60</b>
Guatemala	1	1	0.2	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	72	33	100	33	<b>60</b>
El Salvador	1	1	0.7	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	89	67	33	33	<b>56</b>
Brazil	0	0	0.0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	33	33	67	<b>33</b>

Source: Authors' calculations based on laws and official documents (see reference list)

According to the New PIMI, Chile is the country with the highest quality on its public investment management, followed by Paraguay, Costa Rica, Bolivia, Peru, and Panama; while the worst evaluated countries are El Salvador and Brazil. This notably contrasts with the original PIMI, where Brazil was the highest-ranked of four Latin American countries, followed by Colombia, Peru, and Bolivia.

### 3.2 Alternative aggregating schemes

The New PIMI presented above is constructed as the unweighted average of four sub-indexes. However, it could be said that some characteristics are more important than others and that scores and rankings could substantially change if different weights are assigned for every category or sub-index. In what follows, we test how big these changes are by assigning, both discretionally and randomly, different weights to each one of the sub-indexes.

#### 3.2.1 The discretionary weighting

Four different weighting schemes were constructed, assigning a higher weight to each one of the four categories. In the first one ("legal" scheme in table 3), legal support and experience account for twice

the weight of the other categories, while in the second one (“technical” scheme in table 3), the double weight is assigned to quality of the pre-investment phase. In the third one (“political” scheme in table 3), the double weight is assigned to planning and budgeting and the last scheme (“accountable” in table 3) considered a double weight for accountability and transparency.

The first column in Table 3 shows the score and ranking of the New PIMI with the original non-weighted scenario, while the other columns do the same under the four discretionary-alternative weighting schemes. As can be seen, and with exception of Costa Rica in scenario D, the top three highest values for New PIMI are always composed of the same countries (Chile, Paraguay, and Costa Rica); while Brazil is always the worst-ranked country, followed by El Salvador, which has some of the lowest values for every alternative weighting. Thus, it could be said that the New PIMI is robust to alternative-discretionary weighting schemes. Only Uruguay, Mexico, and Costa Rica have a score that notably changes from one weighting to another, which can be seen in the last column of Table 3, where these three countries show a standard deviation higher than 6 in their scores.

**Table 3.** New PIMI: Country scores and ranking unweighted and with four discretionary weighting schemes (rank in parenthesis)

Country	Unweighted	Legal	Technical	Political	Accountable	Std. Dev.
Chile	92 (1)	93 (1)	93 (1)	87 (2)	93 (1)	2.6
Paraguay	85 (2)	83 (3)	88 (2)	88 (1)	81 (4)	3.0
Costa Rica	83 (3)	87 (2)	87 (3)	87 (2)	73 (7)	6.1
Bolivia	79 (4)	80 (4)	84 (4)	77 (7)	77 (5)	2.9
Peru	79 (4)	79 (5)	83 (5)	83 (4)	70 (9)	5.3
Panama	79 (4)	79 (5)	76 (6)	83 (4)	76 (6)	2.9
Dom. Rep.	78 (7)	77 (7)	69 (10)	82 (6)	82 (2)	5.3
Colombia	77 (8)	76 (8)	75 (7)	75 (8)	81 (3)	2.5
Mexico	67 (9)	60 (15)	73 (8)	60 (11)	73 (7)	6.5
Argentina	63 (10)	68 (9)	64 (12)	64 (10)	57 (12)	3.9
Nicaragua	62 (11)	66 (10)	69 (9)	56 (12)	56 (13)	5.8
Ecuador	61 (12)	64 (11)	62 (13)	55 (13)	62 (10)	3.4
Uruguay	60 (13)	62 (12)	68 (11)	48 (15)	61 (11)	7.3
Guatemala	60 (13)	62 (12)	54 (15)	68 (9)	54 (14)	5.9
El Salvador	56 (15)	62 (12)	58 (14)	51 (14)	51 (15)	4.7
Brazil	33 (16)	27 (16)	33 (16)	33 (16)	40 (16)	4.6

Note: See the first paragraph of this section for a definition of each of the weighting schemes Source: Authors’ calculations.

### 3.2.2 The random weighting

500 different scenarios were constructed with a random weighting, using the next algorithm:

1. A  $500 \times 4$  order matrix “w” was constructed, which contains 500 different random combinations of weights for each one of the four categories. By construction, the sum of the four weights adds to one.
2. The next step was to solve the following expression:



$$W = w * c$$

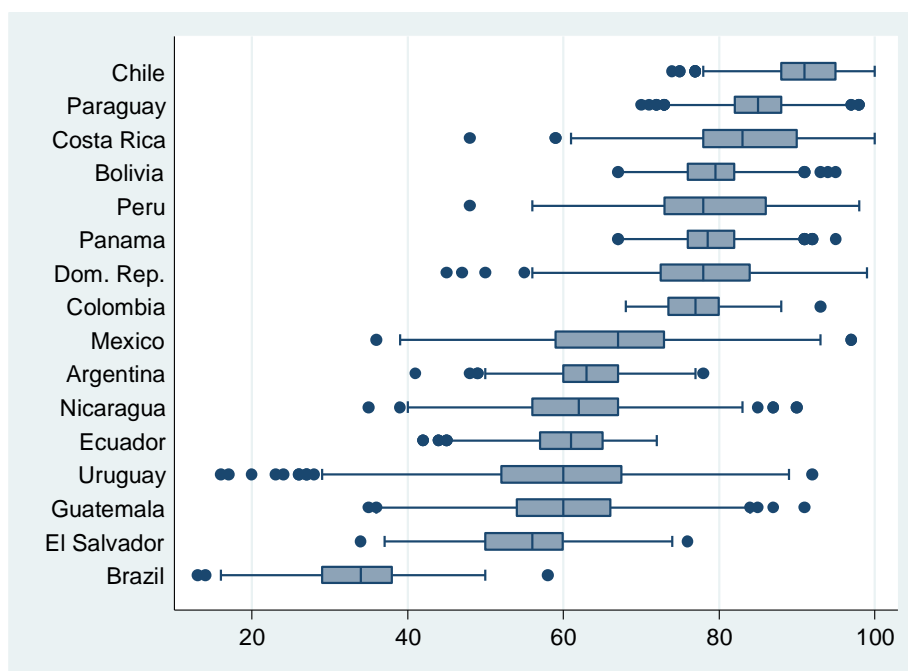
Where  $c$  is a  $4 * 16$  order matrix that contains the shadowed values of table 2. The result is a  $500 * 16$  order matrix that contains the New PIMI with 500 alternative random weighting schemes. Table 4 presents the descriptive statistics of matrix  $W$ .

**Table 4.** New PIMI: Descriptive statistics for 500 alternative-random weighting schemes

Country / Statistic	Max	Mean	Min	Std. Dev.	Number of times that the country reached the three highest values	Number of times that the country reached the three lowest values
Argentina	74	61	41	4.9	0	17
Bolivia	94	77	67	4.3	75	0
Brazil	58	33	13	6.8	0	492
Chile	100	91	74	4.9	422	0
Colombia	92	74	64	4.6	82	0
Costa Rica	100	83	48	8.7	280	0
Dom. Rep.	99	75	44	8.7	159	19
Ecuador	67	58	40	4.8	0	35
El Salvador	73	54	34	6.7	0	342
Guatemala	89	57	35	8.8	0	237
Mexico	98	70	41	9.1	22	91
Nicaragua	89	59	35	8.8	0	63
Panama	93	76	67	4.6	30	0
Paraguay	98	82	63	6.3	342	0
Peru	97	77	48	8.8	88	0
Uruguay	90	56	14	11.7	0	204

Source: Authors' calculations

Judging by the number of times that a country reaches the top three highest values of New PIMI, it could be said that Chile remains the country with the best public investment management, followed by Paraguay, Costa Rica, and the Dominican Republic. Excluding the latter, these countries were at the top of the ranking under both the basic-unweighted scheme and the discretionary ones, so, again, the New PIMI appears to be fairly robust. On the other hand, Brazil, El Salvador, Guatemala, and Uruguay remain the worst performers since they are ranked at the bottom in almost every weighting scheme. It is important to say that, judging by the mean value, the random weighting would generate the very same ranking as the unweighted PIMI. Nonetheless, this would not capture differences in the variability of scores obtained for each country. Figure 1 presents the distribution of these 500 different scores on a box plot and, as shown, some countries have outliers that are concentrated at the top of the distribution (such as Nicaragua), while outliers from other countries (like Chile) are concentrated at the bottom. In other words, the frequency distribution is different for each country, so the mean is not a good indicator to construct the ranking.



**Figure 1.** Box plot of the New PIMI for 500 different weightings  
Source: Authors' calculations

#### 4. The relationship between the New PIMI with other selected indicators

As was stated above, the objective of Dabla-Norris et. al. (op. cit.) was to approximate to parameter  $\gamma$  in equation (1), which represents the amount of public investment that effectively becomes public capital. However, there is an easier way to calculate this parameter directly.

Solving for  $\gamma$  in equation (1), we obtain it as the ratio of the increase in public capital stock, discounting depreciation, to the total amount of public investment:

$$\gamma = \frac{PKS_{t+1} - PKS_t + \delta PKS_t}{PI_t} \quad (2)$$

Then,  $\gamma$  can be obtained if we know the depreciation rate, public investment amount, and the initial and final values of public capital stock. Nonetheless, there is no cross-country comparable data for the depreciation rate, at least to the Authors' knowledge, so we must accept the erroneous assumption that depreciation rates are invariant across countries<sup>4</sup>. Assuming a depreciation rate of 3%<sup>5</sup>, equation (2) becomes:

4 There are many reasons why depreciation rates could vary across countries, like financial constrains that induce the investors to choose less durable capital goods (Schündeln, 2013)

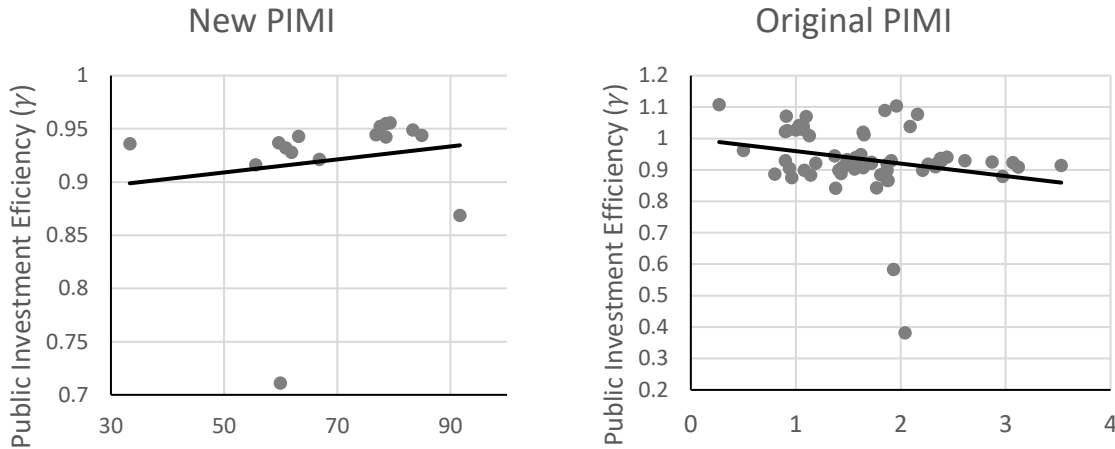
5 We choose this rate because it is the one used by some governments in Latin America (like Mexico and Peru) to calculate depreciation for infrastructure and buildings, while other countries (e.g. Ecuador) use a little higher depreciation rate (4%).

$$\gamma = \frac{(PKS_{t+1} - 0.97PKS_t)}{PI_t} \tag{3}$$

The higher the value of this ratio, the more efficient is the public investment, in the sense that a larger portion of it incorporates into the economy as new capital stock. To compare the value of  $\gamma$  between countries, it was used the next index:

$$PIE_i = \sum_{t=1989}^{2014} \frac{1}{26} \left[ \frac{(PKS_{i,t+1} - 0.97PKS_{i,t})}{PI_{i,t}} \right] \tag{4}$$

Where  $PIE_i$ , which stands for Public Investment Efficiency in country  $i$ , is the average of equation (3) in the period 1990-2015, and is expected to be highly and positively correlated with PIMI. Surprisingly, neither the original nor the New PIMI have this expected correlation, and, moreover, the correlation between the original PIMI and  $PIE$  is negative, which is exactly the opposite of the expected.

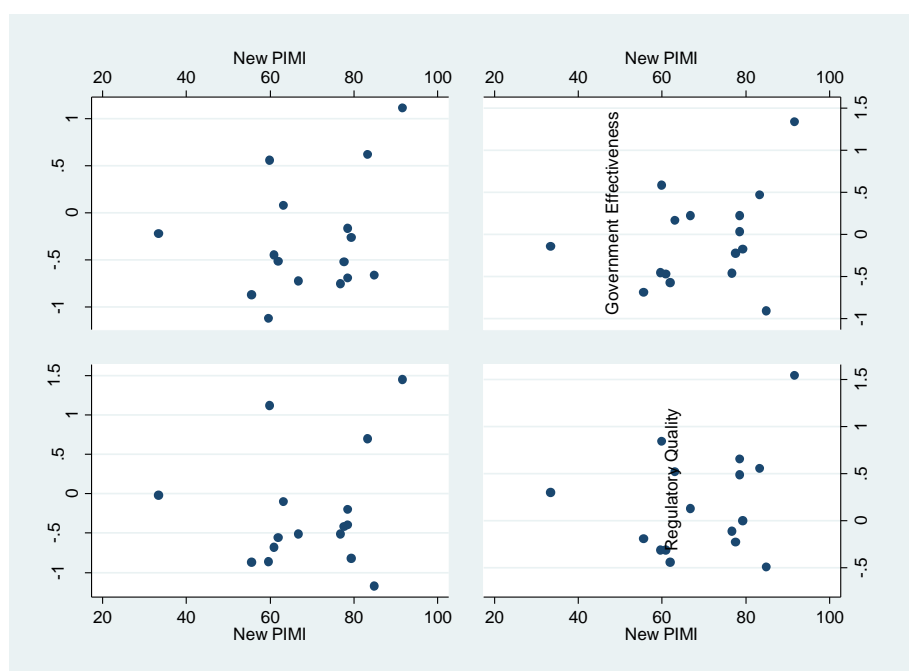


**Figure 2.** Public Investment Efficiency against new and original PIMI  
 Source: Authors' calculations

Despite the above, both the original and New PIMI have reasonable correlations against other institutional variables, such as the rule of law, government effectiveness, control of corruption, and regulatory quality. As is shown in table 5, the New PIMI fits better than the original when correlated against variables as political stability and rule of law, but fits a little worse when correlated against government effectiveness, regulatory quality, and control of corruption. However, the main difference between new and original PIMI is that the latter shows a negative correlation against the  $PIE$  (which is exactly contrary to the expected), while the former shows a positive though low correlation. Since the  $PIE$  is a direct, aggregated, and objective way to measure public investment efficiency, it could be said that the best PIMI is the one that shows the highest correlation with  $PIE$ . It should be said that this difference is bigger when there are no assumptions on depreciation rates across countries.

---

Governments use this rate following the International Public Sector Accounting Standards by the International Federation of Accountants.



**Figure 3.** New PIMI against other institutional indices  
Source: Authors' calculations

**Table 5.** Spearman correlations among PIMI and New PIMI with other indices

Index	PIMI	New PIMI
<b>Public Investment Efficiency (with no consideration of depreciation)</b>	-0.09	0.52
<b>Public Investment Efficiency (assuming an invariant three percent annual depreciation rate)</b>	-0.24	0.15
<b>Government Effectiveness</b>	0.34	0.31
<b>Control of Corruption</b>	0.18	0.16
<b>Regulatory Quality</b>	0.39	0.26
<b>Political Stability</b>	0.10	0.16
<b>Rule of Law</b>	0.24	0.29

Source: Authors' calculations based on World Governance Indicators (WGI), Dabla-Norris et. al. (2012), and IMF (2019). Institutional indices from WGI correspond to the year 1996.

## 5. Concluding remarks

The efficiency of public investment and its management are hard-to-measure variables. Dabla-Norris et. al. (op. cit) proxied this efficiency by constructing indices that aggregate indicators across four key stages of the investment process. These indices were then aggregated in the PIMI, which is the most widely used indicator of quality in public investment management. However, the PIMI was constructed with non-open access information and shows a correlation that deviates from the expected when plotted against a direct and objective indicator of public investment efficiency (PIE).

In this paper, we built a New PIMI that takes into account the most recognized features that literature suggests as desirable traits for an adequate public investment system, and calculate it for the cases of sixteen Latin American countries. This new index relies on public access information, which makes it easily replicable and applicable to other countries as well. A key difference between the New and the original PIMI is that the former has a much better tracking performance of the PIE.

Nonetheless, the New PIMI's correlation with PIE has margin to be strengthened, which indicates that our new index can still be improved. Moreover, the PIE itself has limitations that need to be addressed, among them that its construction relies on very strict assumptions regarding the depreciation rate of public fixed capital stock between countries. Little is known about this variable at the aggregated level. Our results, on Latin America, lead to the main conclusion that the management of public investment in Chile, Paraguay, and Costa Rica compound the top three highest ranked in the region for almost all the alternative weighting scheme here considered. On the other hand, Brazil is by far the worst performer, followed by El Salvador, Guatemala, and Uruguay.

## References

- [1] Afonso, A., St. Aubyn, M. (2018). Economic growth, public, and private investment returns in 17 OECD economies. *Portuguese Economic Journal*, 18, 47-65. doi: 10.1007/s10258-018-0143-7
- [2] Albino-War, M., Cerovic, S., Grigoli, F., Flores, J. C., Kapsoli, J., Qu, H., Said, Y., Shukurov, B., Sommer, M., Yoon, S. (2014). Making the most of public investment, Washington DC, USA: International Monetary Fund <https://doi.org/10.5089/9781498311397.006>
- [3] Ahmad, E., Viscarra, H. (2016). Public Investment for Sustainable Development in Chile. Building on the National Investment System. IDB Discussion Paper No. 469. Washington D.C, USA: Inter American Development Bank. <https://doi.org/10.18235/0000431>
- [4] Armendáriz, E., Contreras, E., Orozco, S., Parra, G. (2016). La eficiencia del gasto de inversión pública en América Latina. XXI Congreso Internacional del CLAD sobre la Reforma del Estado y de la Administración Pública, Santiago de Chile, November. <https://doi.org/10.18042/cepc/rap.199.02>
- [5] Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica (1974, May 18). Ley 5525. Ley de Planificación Nacional <https://www.mideplan.go.cr/marco-legal-inversion-publica>
- [6] Asamblea Legislativa de la República de Panamá (2001, December 11). Decreto Ejecutivo N° 148. Gaceta Oficial N° 24,458. <https://docs.panama.justia.com/federales/decretos-ejecutivos/148-de-2001-dec-26-2001.pdf>
- [7] Cámara de Diputados de los Estados Unidos Mexicanos (2006, March 6). Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria. Diario Oficial de la Federación [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LFPRH\\_191119.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LFPRH_191119.pdf)
- [8] Congreso de la Nación Argentina (1994, July 28). Ley de Inversión Pública N° 24.354. <https://www.argentina.gob.ar/dnip/normativa>
- [9] Congreso de la Nación Paraguaya (2020, January 6). Ley 6490. Ley de Inversión Pública. [http://snip.hacienda.gov.py/Snip\\_Web/portal/marco\\_normativo.html](http://snip.hacienda.gov.py/Snip_Web/portal/marco_normativo.html)
- [10] Congreso de la República de Colombia (2013, May 21). Resolución 1450. <https://www2.dnp.gov.co/programas/inversiones-y-finanzas-publicas/Paginas/marco-legal.aspx>
- [11] Congreso de la República de Guatemala (1997, December 12). Decreto N° 114-97. Diario de Centro América N° 96.

- [https://www.minfin.gob.gt/images/downloads/dcp\\_marcolegal/bases\\_legales/DECRETO%20114-97.pdf](https://www.minfin.gob.gt/images/downloads/dcp_marcolegal/bases_legales/DECRETO%20114-97.pdf)
- [12] Congreso Nacional de la República Dominicana (2006, December 27). Ley 498-06. Ley de Planificación e Inversión Pública <https://www.transparencia.portuaria.gob.do/ley-498-06-ley-de-planificacion-e-inversion-publica-no-498-6>
- [13] Contreras, E., Cartes F., Pacheco, J. F. (2010). Los SNIP de América Latina y el Caribe: Historia, evolución y lecciones aprendidas. Documentos de Trabajo, Serie Gestión No. 124, Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES), CEPAL. <https://doi.org/10.18235/0001952>
- [14] Dabla-Norris, E., Brumby, J., Kyobe, A., Mills, Z., Papageorgiou, C. (2012). Investing in Public Investment: An Index of Public Investment Efficiency. *Journal of Economic Growth*, 17, 235-266. [doi.org/10.1007/s10887-012-9078-5](https://doi.org/10.1007/s10887-012-9078-5)
- [15] Das, R., Das, C., Ray, K. (2018). Examining Forward and Backward Linkages Between Public and Private Investments. *Review of Market Integration*, 10, 45-75. <https://doi.org/10.1177/0974929218761080>
- [16] Fontaine, E. (1997). Project Evaluation Training and Public Investment in Chile. *American Economic Review*, 87, Papers and Proceedings of the Hundred and Fourth Annual Meeting of the American Economic Association, May, 63-67.
- [17] Gómez-Lobo, A. (2012). Institutional Safeguards for Cost-Benefit Analysis: Lessons from the Chilean National Investment System. *Journal on Benefit Cost Analysis*, 3, 1-30. <https://doi.org/10.1515/2152-2812.1102>
- [18] Grigoli, F., Mills, Z. (2014). Institutions and public investment: an empirical analysis. *Economics of Governance*, 15(2), 131-153. [doi:10.1007/s10101-013-0137-y](https://doi.org/10.1007/s10101-013-0137-y)
- [19] Gupta, S., Kangur, A., Papageorgiou, C., Wane, A. (2014). Efficiency-Adjusted Public Capital and Growth. *World Development*, 57, 164-178. [doi.org/10.1016/j.worlddev.2013.11.012](https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2013.11.012)
- [20] Harberger, A. (1971). Three Basic Postulates for Applied Welfare Economics: An Interpretive Essay. *Journal of Economic Literature*, 9, 785-797
- [21] International Monetary Fund (2015). Making public investment more efficient. Staff Report. Washington D.C.
- [22] International Monetary Fund (2019). Estimating the stock of public capital in 170 countries. August 2019 update.
- [23] Jay-Hyung, K., Fallov, J. A., & Groom, S. (2020). *Public Investment Management Reference Guide. International Development in Practice*. World Bank
- [24] McKinsey Global Institute (2013). *Infrastructure productivity: how to save \$1 trillion a year* (full report). New York, USA.
- [25] Ministerio de Desarrollo Social y Ministerio de Hacienda de la República de Chile (2020, May 14). Ord. N° 1611. <http://sni.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/evaluacion-iniciativas-de-inversion/evaluacion-ex-ante/normas-instrucciones-y-procedimientos-inversion-publica-nip/>
- [26] Ministerio de Finanzas del Ecuador (2010, October 19). Código Orgánico de Planificación y Finanzas Públicas [https://www.finanzas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/CODIGO\\_PLANIFICACION\\_FINAZAS.pdf](https://www.finanzas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/CODIGO_PLANIFICACION_FINAZAS.pdf)
- [27] Ministerio de Hacienda de la República de Bolivia. (1990, July 20). Ley 1178. Sistema Nacional de Inversión Pública. Normas básicas [https://medios.economiayfinanzas.gob.bo/MH/documentos/normas\\_leyes/normas/NB-SNIP.pdf](https://medios.economiayfinanzas.gob.bo/MH/documentos/normas_leyes/normas/NB-SNIP.pdf)
- [28] Ortégón, E., Pacheco, J. F. (2005). Los sistemas nacionales de inversión pública en Argentina, Brasil, México, Venezuela y España como caso de referencia (cuadros comparativos). Santiago: CEPAL.
- [29] Perroti, D., Vera, M. (2015). Avances y retos de los Sistemas Nacionales de Inversión Pública en América Latina. Resultados de la encuesta 2014. Serie Gestión Pública: Santiago CEPAL. <https://doi.org/10.18235/0001952>

- 
- [30] Presidência da República (2000, May 4). Lei Complementar N° 101. Lei de Responsabilidade Fiscal. [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/lcp/lcp101.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp101.htm)
- [31] Presidencia de la República de Nicaragua (2001, June 26). Decreto N° 61-2001. <http://www.snip.gob.ni/Normativa/MarcoLegal>
- [32] Presidencia de la República del Uruguay (2012, November 22). Ley 18.996. Ley de Rendición de Cuentas y Balance de Ejecución Presupuestal. Diario Oficial de la Federación N° 28601 <https://www.bps.gub.uy/bps/file/13503/1/snip-ley18.996.pdf>
- [33] Presidencia del Perú (2000, June 28). Ley 27293. Ley del Sistema Nacional de Inversión Pública. <https://www.mef.gob.pe/es/normatividad-inv-publica/archivos-historicos/temas-historico/del-sistema-nacional-de-inversion-publica-snip>
- [34] Pritchett, L. (2000). The tyranny of concepts: CUDIE (cumulated, depreciated, investment effort) is not capital. *Journal of Economic Growth*, 5, 361-384. [doi.org/10.1023/A:1026551519329](https://doi.org/10.1023/A:1026551519329)
- [35] Rajaram, A., Le, T., Biletska, N., Brumby, L. (2010). A Diagnostic Framework for Assessing Public Investment Management. World Bank Policy Research Working Paper No. 5397: Washington: World Bank. <https://doi.org/10.1596/1813-9450-5397>
- [36] Rajaram, A., Le T., Kaiser, K., Kim, J., & Frank, J., Eds. (2014). *The Power of Public Investment Management: Transforming Resources into Assets for Growth. Directions in Development*. Washington DC, USA: World Bank. [doi:10.1596/978-1-4648-0316-1](https://doi.org/10.1596/978-1-4648-0316-1)
- [37] Rojas, A. (2019). Inversión pública en Chile y México: Dinámica y marco institucional desde una perspectiva comparativa. Tesis de Maestría, UNAM
- [38] Romp, W., De Haan, J. (2007). Public Capital and Economic Growth: A Critical Survey. *Perspektiven der Wirtschaftspolitik*, 8, 6-52. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2516.2007.00242.x>
- [39] Sánchez, R., Lardé, J., Chauvet, P., Azhar, J. (2017). Inversiones en infraestructura en América Latina. Tendencias, brechas y oportunidades. Santiago de Chile: CEPAL
- [40] Schündeln, M. (2013). Appreciating depreciation: physical capital depreciation in a developing country. *Empirical Economics*, 44, 1277-1290. [doi.org/10.1007/s00181-012-0592-2](https://doi.org/10.1007/s00181-012-0592-2)
- [41] Serebrisky, T., Suárez-Aleman, A., Pastor, C., Wholhueter, A. (2017). Increasing the efficiency of public investment delivery. Evidence-based potential efficiency gains in public infrastructure investment in Latin America and the Caribbean. Technical Report. Washington DC: IDB. <https://doi.org/10.18235/0000846>
- [42] Suárez-Alemán, A., Serebrisky, T., Perelman, S. (2019). Benchmarking economic infrastructure efficiency: How does the Latin American and Caribbean region compare? *Utilities Policy*, 58, 1-15. [doi.org/10.1016/j.jup.2019.03.003](https://doi.org/10.1016/j.jup.2019.03.003)
- [43] Sturm, J.E., Kuper, G. H., De Haan, J. (1998). Modelling Government Investment and Economic Growth on a Macro Level: A Review. In S. Brakman, H. van Ees and S.K. Kuipers (eds.), *Market Behaviour and Macroeconomic Modelling* (pp.359-406) London, UK: Macmillan Press. [https://doi.org/10.1007/978-1-349-26732-3\\_14](https://doi.org/10.1007/978-1-349-26732-3_14)
- [44] Vizzio, M. A. (2000). Los sistemas de inversión pública en América Latina y el Caribe. Santiago de Chile: CEPAL.

## Descomposición de la brecha salarial de género en el Ecuador

Diego Emilio Linthon-Delgado<sup>1</sup> - Universidad de Guayaquil, Ecuador

Lizethe Berenice Méndez-Heras<sup>2</sup> - Universidad Ecotec, Ecuador

### Resumen

Objetivo: Estimar los componentes que determinan la brecha salarial de género en el mercado laboral de los empleados de públicos y privados del Ecuador. Metodología: Se utilizó el método de descomposición Blinder-Oaxaca (1973) con corrección por sesgo de selección sobre los datos de la Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo (ENEMDU) de septiembre de 2020. Resultados: La brecha salarial de género es de 35.6 puntos porcentuales. Las dotaciones de las mujeres (escolaridad y experiencia laboral) contribuyen a reducir la brecha mientras que los factores no observados (discriminación) la incrementan. Recomendaciones: La política pública debe orientarse hacia combatir la discriminación para reducir la desigualdad de género. Limitaciones e implicaciones: Se sugiere que más investigaciones se dediquen a estudiar los factores determinantes de la discriminación de género. Originalidad: Este trabajo aporta evidencia sobre la desigualdad salarial de género basada en un método de descomposición con corrección de selección. Conclusiones: La discriminación hacia las mujeres es la principal causa de la desigualdad salarial de género en el mercado laboral del Ecuador.

*Clasificación JEL: C13, C52, J16, J31, J71, O54.*

*Palabras clave: Género, Brecha salarial, Discriminación, Econometría, Ecuador.*

## Decomposition of the gender wage gap in Ecuador

### Abstract

Objective: Estimate the components that determine the gender wage gap in the labor market of public and private employees in Ecuador. Methodology: We used the Blinder-Oaxaca (1973) decomposition method with correction for selection bias on the data from the Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo (ENEMDU) for September 2020. Results: The gender wage gap is 35.6 percentage points. Women's endowments (schooling and work experience) contribute to reduce the gap while unobserved factors (discrimination) increase it. Recommendations: Public policy should be oriented towards combating discrimination to reduce gender inequality. Limitations and implications: More research should be focus on studying the determinants of gender discrimination. Originality: This paper provides evidence on gender wage inequality based on a decomposition method with correction for selection bias. Conclusions: We conclude that discrimination against women is the main cause of gender wage inequality in the Ecuadorian labor market.

*JEL Classification: C13, C52, J16, J31, J71, O54.*

*Keywords: Gender, Wage differentials, Discrimination, Econometrics, Ecuador.*

<sup>1</sup> Correo electrónico: [diego.linthondel@ug.edu.ec](mailto:diego.linthondel@ug.edu.ec)

<sup>2</sup> Autor de correspondencia. Correo electrónico: [lmendez@ecotec.edu.ec](mailto:lmendez@ecotec.edu.ec)

\*Sin fuente de financiamiento para el desarrollo de la investigación





## 1. Introducción

En los últimos años las desigualdades salariales de género<sup>3</sup> se han convertido en un tema de interés económico, político, y social debido a que numerosas investigaciones y organizaciones internacionales han evidenciado la presencia de una brecha en las retribuciones monetarias entre hombres y mujeres que poseen características productivas (educación, experiencia laboral y antigüedad en la empresa) similares, e incluso cuando las mujeres poseen mejores características productivas que los hombres<sup>4</sup>. Además, estas brechas no muestran signos de desaparecer en el corto plazo<sup>5</sup>, por lo que organismos como la Organización Internacional del Trabajo (OIT), la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), y los gobiernos locales tienen dentro de sus agendas de desarrollo el problema de la desigualdad de género<sup>6</sup>.

La igualdad salarial entre hombres y mujeres es una aspiración que se remonta a la propia constitución de la OIT, que desde su origen incorporaba el principio de “igual salario por trabajo de igual valor”. Desafortunadamente, como reconoce la misma organización, el progreso para cerrar la brecha salarial ha sido lento por lo que el cumplimiento de las metas de los Objetivos de Desarrollo Sostenible están comprometidas (OIT, 2019).

El problema de la brecha salarial de género ha ganado protagonismo a partir de la segunda mitad del siglo XX debido a que mujeres en todo el mundo, en particular en América Latina, se han incorporado al mercado laboral de manera creciente, sin embargo, las condiciones laborales que encontraron no son las más favorables, desencadenando que sufran desempleo, informalidad y, relegación en ocupaciones de baja jerarquía, valor social y retribución económica (OIT, 2019).

Este problema no es ajeno para el Ecuador puesto que de acuerdo con el Índice Global de Brecha de Género, que mide la igualdad entre hombres y mujeres para un total de 153 países, el Ecuador ocupa el puesto 48 en igualdad de género; el 74 en el tema de oportunidades y participación económica para las mujeres; y el 56 en asistencia educativa para las mujeres. Además, en el plano regional ocupa apenas el puesto 13 de 25 países en igualdad entre hombres y mujeres.

En la literatura se encuentran varias explicaciones para la desigualdad salarial. Según la teoría del capital humano, el salario que recibe el trabajador está determinado por su dotación de características productivas (años de escolaridad, experiencia laboral, capacitación, entre otras) por lo que de existir diferencias salariales entre trabajadores se deberían únicamente por las diferencias en sus dotaciones de capital humano. En este contexto, la desigualdad salarial de género se atribuye a factores no observados o no medidos en las características del trabajador o del puesto de trabajo entre hombres y mujeres (Wood *et al.*, 1993; Blau y Kahn, 2000).

---

<sup>3</sup> La OIT señala que la desigualdad salarial a menudo se entiende como la brecha que resulta de la diferencia entre los ingresos medios de mujeres y hombres como porcentaje de los ingresos de los hombres, si los ingresos medios mensuales de la mujer suponen un 70% de los ingresos medios mensuales del hombre, entonces, la brecha de remuneración entre hombres y mujeres es de 30 puntos porcentuales (Oelz *et al.*, 2013)

<sup>4</sup> Véase Olivetti and Petrongolo (2008); Brown, Pagán, and Rodríguez-Oreggia (1999); Calónico and Ñopo (2009); Weichselbaumer and Winter-Ebmer (2005a); Kahn (2012).

<sup>5</sup> Algunos estudios sobre la evolución de la brecha salarial de género son los siguientes: Arceo-Gómez & Campos-Vázquez (2014); Jarrell & Stanley (2004); Wellington (1993). (De, 2009)

<sup>6</sup> Véase OIT (2019); CEPAL (2016); Piras (2006).

Por el contrario, el enfoque de la *discriminación laboral* señala que la diferencia o brecha salarial a favor de los hombres se atribuye principalmente a la discriminación, que ocurre cuando los salarios y oportunidades para los trabajadores con iguales niveles de educación, experiencia y otras características productivas en los mismos trabajos, son diferentes debido a su raza, género, nacionalidad u otros atributos personales.

En cuanto a la evidencia empírica recopilada, esta muestra de manera consistente que existe una brecha salarial entre hombres y mujeres con similar capital humano, indicando que la “discriminación” hacia las mujeres podría explicar la presencia de esa brecha. No obstante, estos resultados varían según la metodología empleada y el período de estudio.

En el caso del Ecuador, a pesar del creciente interés sobre la desigualdad salarial de género, pocas investigaciones se han dedicado específicamente a este problema. Sin embargo, los escasos resultados apuntan hacia la presencia de discriminación en el mercado laboral ecuatoriano. Vale la pena mencionar que la mayoría de estas investigaciones abordan el problema desde un enfoque meramente descriptivo.

En la actualidad no hay consenso sobre el tamaño, los determinantes y las técnicas de estimación de la brecha salarial de género por lo que el tema sigue vigente y en continuo debate.

Por lo anterior, el propósito de esta investigación fue estimar la brecha salarial de género y analizar sus componentes para el caso del Ecuador. En particular, se persiguió el objetivo de cuantificar la contribución de la discriminación a la brecha salarial. Esto se logró mediante la aplicación de la metodología Blinder-Oaxaca a los datos correspondientes al mes de septiembre de 2020 de la Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo (ENEMDU) que suministra el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC).

Este trabajo es importante por varias razones. Primero, contribuye a la limitada evidencia empírica sobre los determinantes de la brecha salarial de género en el Ecuador. Segundo, emplea la metodología de Blinder-Oaxaca con ajuste de selección muestral de Heckman (1979), lo que permite obtener la contribución de los factores observados y no observados a la brecha salarial de género, esto significa que ofrece una estimación de la “discriminación” laboral hacia las mujeres. Tercero, los resultados pueden resultar altamente útiles para el diseño y aplicación de medidas económicas correctivas para la desigualdad del ingreso laboral en el Ecuador.

El resto del artículo se estructura de la siguiente forma: la primera sección describe la revisión de la literatura, la cual se divide en dos secciones, teórica y empírica. La segunda sección explica la metodología empleada y se presentan otras vigentes en la literatura. La tercera sección describe los datos utilizados. Por último, se expone un análisis de los resultados obtenidos, así como conclusiones e implicaciones para la política pública.

## 2. Revisión de la literatura

### 2.1 Antecedentes teóricos

En la literatura sobresalen las siguientes tres teorías que explican la brecha salarial de género<sup>7</sup>: la teoría del capital humano (G. Becker, 1964; G. S. Becker, 1962; Mincer, 1974; Perrotta, 2018; Schultz, 1971); la teoría de la discriminación laboral<sup>8</sup>, en esta última destacan dos modelos: el modelo de gusto por la discriminación *-taste based-* (G. Becker, 1957) y el modelo de la discriminación estadística *-statistical discrimination-* (Aigner y Cain, 1977; Arrow, 1972; Phelps, 1972) y, por último, la teoría de la segregación del mercado laboral.

La teoría del capital humano desarrollada por Schultz (1963), Becker (1964) y Mincer (1974) plantea que los individuos invierten en sí mismos a través de la adquisición de educación, entrenamiento y capacitación, alimentación, salud, etc., lo que eleva su ingreso futuro al incrementar su productividad (Woodhall, 1987). Esta teoría sienta sus bases metodológicas en la teoría neoclásica, por lo que asume que el salario está determinado por la productividad marginal del trabajo, lo que a su vez implica que las diferencias salariales entre los trabajadores son producto de un proceso heterogéneo de inversión en capital humano.

En este contexto, la brecha salarial de género se explicaría por las diferencias en la acumulación de capital humano (educación, experiencia laboral, capacitación, entre otros componentes) entre hombres y mujeres, lo cual se atribuye a la autoselección laboral, es decir, la participación y la jornada laboral de las mujeres son menores que las de los hombres debido a que el embarazo o la crianza de los hijos tienen un impacto en la oferta laboral de las mujeres, ocasionando que sean más propensas a elegir ocupaciones que no exigen inversiones continuas en habilidades específicas para una empresa en particular, u ocupaciones donde las habilidades adquiridas no se deprecian significativamente ante interrupciones de la carrera profesional (Ayala 2017; Biltagy 2014; Erosa, Fuster, y Restuccia 2016). En consecuencia, las mujeres tienden a estar concentradas en este tipo de ocupaciones que, en promedio, pagan menores salarios que en las ocupaciones en las que están concentrados los hombres, produciéndose así la brecha salarial (Görlich y Grip, 2008; ILO, 2010; Kunze, 2008).

Por otro lado, las diferencias salariales también pueden ser resultado de discriminación laboral. Esta ocurre cuando los salarios y oportunidades para trabajadores con educación, experiencia laboral y características similares en los mismos puestos de trabajo son diferentes debido a su raza, género, nacionalidad u otras características personales (Borjas y Van Ours, 2000).

---

<sup>7</sup> Otra teoría es la de las *diferencias compensatorias*, según la cual en el mercado de trabajo existen ocupaciones con condiciones laborales indeseables (jornadas largas, turnos nocturnos, viajes frecuentes, peligro de accidentes, bajo reconocimiento social, etc.) y es posible que la remuneración en esas ocupaciones incluya un premio monetario para compensar a los trabajadores. Si en general los hombres tienen menor aversión a colocarse en ese tipo de ocupaciones, entonces la brecha salarial de género se podría explicar por dicha diferencia compensatoria, sin que esto signifique un acto de discriminación (Tenjo et al., 2006).

<sup>8</sup> Para Stiglitz (1973), la discriminación salarial existe cuando dos individuos con las mismas características económicas reciben salarios diferentes y tales diferencias se encuentran sistemáticamente correlacionadas con ciertas características no económicas de los individuos en cuestión (raza, religión, género).

Dos modelos opuestos explican este proceso de discriminación: el modelo de gusto por la discriminación *-taste based-* y el modelo de la discriminación estadística *-statistical discrimination-*.

El primero fue desarrollado por Becker (1957), quien consideró que la discriminación de mercado está vinculada netamente con la productividad, por tanto, define la discriminación por parte de los empleadores como “el rechazo a contratar una persona con un valor de producto marginal más alto que su costo marginal”. En otras palabras, la discriminación basada en gustos o preferencias ocurre cuando los agentes (principalmente los empleadores) están dispuestos a pagar un costo laboral más alto para evitar contratar o compartir el espacio laboral con individuos pertenecientes a determinados grupos sociales (Tenjo, Ribero, y Bernat 2006).

En cambio, el segundo fue propuesto por Aigner y Cain (1977); Arrow (1972) y Phelps (1972). En particular Arrow, enfatizó que la diferencia entre los salarios de los trabajadores se debe a que el mercado asigna valor a las características personales y no sólo a las productivas, ocasionando que grupos de trabajadores con determinados atributos personales tengan un valor distinto. De igual modo, Phelps argumentó que los empleadores afrontan dificultades para obtener información confiable sobre los niveles de productividad de los trabajadores, la cual es necesaria para fijar los salarios pero que, según este autor, los empleadores pueden observar la productividad de los trabajadores a través de su información pero sobre todo de la del grupo al que pertenecen. Y aunque esta información esté plagada de “ruido” estadístico y de creencias a priori, sí les permite a los empleadores predecir la productividad del trabajador (Rivera 2013; Tenjo, Ribero, y Bernat 2006). Este tipo de discriminación puede ser aplicada a todo tipo de empleador o trabajador, puesto que no está basada en un gusto particular por determinado grupo sino en un problema de información imperfecta (Phelps, 1972).

Desde otra perspectiva, el enfoque de la segregación del mercado laboral<sup>9</sup> plantea que el origen de la desigualdad salarial de género radica en la división sexual del trabajo, es decir, en el hecho de que existe una serie de roles y mandatos sociales, políticos y económicos específicos para hombres y otros para mujeres. A los hombres se les asigna la responsabilidad de ser los proveedores económicos de su hogar, mientras que a las mujeres se les adjudica la responsabilidad del cuidado familiar, ocasionando que el salario de las mujeres se considere como un complemento del ingreso principal (OIT, 2019) . Además, la desigualdad se concreta cuando se impide que las mujeres desempeñen ocupaciones que tradicionalmente han sido realizadas por hombres, o cuando a las actividades realizadas por los hombres se les atribuye un valor mayor –social y económicamente– que a las realizadas por las mujeres ya sea por alguna norma o costumbres y que se observa incluso cuando desempeñan la misma ocupación (Hegewisch y Hartmann, 2014)<sup>10</sup>.

En esa misma línea, dos conceptos destacados en la literatura para comprender la disparidad salarial de género son: segregación vertical y segregación horizontal del mercado de trabajo. El primero se refiere a que las mujeres enfrentan lo que se conoce como techo de cristal (*glass ceiling*) al momento de acceder a puestos de trabajo de mayor jerarquía, lo que las obliga a concentrarse en puestos de menor responsabilidad y, en consecuencia, de menor remuneración (Celiberti y Ardanche,

---

<sup>9</sup> Para una revisión detallada sobre este enfoque véase (Bayard et al., 2003; Bergmann, 2011; Blau et al., 2013; Blau & Hendricks, 1979)

<sup>10</sup> La restricción en el acceso a la educación o la existencia de sistemas educativos de distinta calidad para hombres y mujeres pueden constituir tácticas discriminatorias que refuercen la desigualdad económica y social entre hombres y mujeres (Tenjo et al., 2006)

2011). El segundo término se refiere a que las mujeres están concentradas en ocupaciones de menor valor social y económico como las labores relacionadas al cuidado o la reproducción de la vida, que normalmente tienen bajas remuneraciones (Hegewisch y Hartmann, 2014; OIT, 2019).

En síntesis, desde la perspectiva teórica la disparidad salarial de género responde a diferentes causas: diferencias en dotación de capital humano entre hombres y mujeres, discriminación hacia las mujeres ya sea por gusto o de índole estadística, y/o por segregación de las mujeres hacia puestos de trabajo con menor prestigio social y reconocimiento económico.

## 2.2 Revisión de la literatura empírica

Un vasto número de investigaciones se han dedicado a estimar la brecha salarial de género para diferentes países y períodos empleando diversas técnicas. En este apartado mostramos los resultados de algunos de los estudios más destacados (Cuadro 1.)<sup>11</sup>

Un estudio pionero en el tema fue el de Oaxaca (1973), este autor estimó el grado de discriminación entre hombres y mujeres considerando el grupo étnico al que pertenecían en los Estados Unidos de América. Aplicó una regresión sobre los salarios y una descomposición de ingreso con datos de la Encuesta de Oportunidad Económica del año 1967. Encontró que había 58.4% de discriminación entre hombres y mujeres blancos y 55.6% entre hombres y mujeres negros.

En un estudio más reciente para el mismo país, Blau y Kahn (2017), empleando microdatos para el período 1980-2010, aplicaron un análisis de panel dinámico y encontraron que la brecha salarial de género se redujo considerablemente durante el periodo de estudio. Sin embargo, su investigación reveló que la discriminación no puede tomarse por descontada porque pese a que encontraron evidencia de que los factores de capital humano son actualmente menos importantes en el agregado, al igual que las interrupciones de carrera de las mujeres y el hecho de que trabajan menos horas, estos factores continúan siendo significativas en las ocupaciones de alta calificación, debido posiblemente a *diferencias compensatorias*. Además, hallaron que las diferencias en ocupaciones e industrias, así como en roles y división del trabajo son importantes.

Otro interesante estudio fue el realizado por Matuszewska-Janica (2018) para España y Polonia. Este autor utilizó datos del año 2014 provenientes de la Eurostat Structure of Earnings Survey (SES) y empleó el método de descomposición de Blinder-Oaxaca a lo largo de la distribución de ingreso para ambos países. Halló que el componente de discriminación en la brecha salarial de género fue de alrededor de 15.7% para España y 15.2% para Polonia.

Investigaciones similares se han efectuado para América Latina, por ejemplo, la OIT reveló en su Informe Global de 2019 que la brecha salarial de género es de 20% en la región (OIT, 2019). La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) realizó una comparación del salario promedio de las mujeres del sector urbano de entre 20 y 49 años de edad y que trabajaban 35 horas o más a la semana respecto al salario promedio de los hombres con iguales características. Estimaron que en el año 2014 las mujeres asalariadas obtuvieron en promedio el 83.9% del salario promedio que reciben los hombres, lo que representa una brecha de 16.1%. Sin embargo, la CEPAL también

---

<sup>11</sup> Otros estudios dedicados a este tema son Arulampalam *et al.* (2007); Kahn (2003), Christofides *et al.*, (2013) Jarrell y Stanley (2004), y Weichselbaumer y Winter-Ebmer (2005).

mostró que en las últimas décadas la brecha salarial de género se ha venido reduciendo, puesto que en 1990 el salario promedio de las mujeres representaba el 71.8% del de los hombres y en 2014 el 83.9% (CEPAL, 2016).

Además de esta estimación general, la CEPAL calculó que la brecha salarial aumenta cuando se incrementa el nivel educativo. En concreto, el salario promedio de las mujeres que tienen entre 0 y 5 años de escolaridad es el 77.9% el de los hombres con igual años de escolaridad, mientras que el salario promedio de las mujeres con más de 13 años de escolaridad representa el 74.4% del de los hombres con ese nivel de estudios (CEPAL, 2016).

Para el caso de Argentina, Gasparini *et al.* (2007) estimaron que la brecha salarial de género se encontraba cerca de 3% en el año 1998. Además, mostraron que los salarios promedios de los hombres fueron superiores que el de las mujeres en los años 1986, 1992 y 1998. Sin embargo, su trabajo reveló que la reducción de la desigualdad del ingreso laboral en dicho país se debe, en parte, al estrechamiento de la brecha salarial de género.

Arceo-Gómez y Campos-Vázquez (2014) estudiaron la evolución de la brecha salarial en México. Utilizando datos de censos de población entre 1990 y 2010 aplicaron un método semiparamétrico con corrección de selección y estimaron que, en promedio, la brecha salarial de género disminuyó en el período de análisis, alcanzando un 6% en el año 2010. Además, hallaron un patrón estable de “piso pegajoso” y un patrón creciente de “techo de cristal”. Por último, confirmaron que la mayor parte de la brecha se explicaba por diferencias en los retornos, con la excepción de 1990.

Desde un enfoque diferente, Llamas Rembao *et al.*, (2019), midieron el efecto del impuesto sobre la renta en los salarios de los trabajadores mexicanos según sexo y por horas trabajadas. Utilizando técnicas no paramétricas con microdatos, hallaron que los hombres soportan una carga tributaria mayor que las mujeres, independientemente del número de horas que trabajan y el nivel de ingreso. Esto significa que las tasas impositivas tienen un impacto sobre la brecha salarial de género en México.

Otro estudio de brechas salariales para el caso de México fue realizado por Rodríguez (2019). La autora analizó las diferencias salariales entre los trabajadores del sector público y privado formal-informal utilizando la metodología de Fortin *et al.* (2011) con datos de la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE) 2017. Encontró que en el sector público las diferencias salariales se explican por las diferencias en las características productivas y en el sector privado se explican por la parte no observado por los atributos productivos. Además, comprobó que las mujeres perciben mejores salarios en el sector público que en el privado formal e informal, y que las diferencias salariales varían a lo largo de la distribución.

Por otro lado, Borraz y Robano (2010) estudiaron el comportamiento de la brecha salarial de género en Uruguay. Para ello, emplearon la descomposición de Machado y Mata (2005) con corrección por sesgo de selección a datos de la Encuesta Continua de Hogares (CH) del año 2007 del Instituto Nacional de Estadística (INE). Sus principales resultados sobre la brecha salarial de género fueron 3: 1) La brecha era 50% mayor que la observada cuando se aplicaba el ajuste por selección; 2) La brecha era mayor en la parte superior de la distribución salarial, lo cual sugiere una situación de “techo de cristal”, y 3) La brecha presentó forma de *U*.

Un trabajo con un enfoque diferente fue el que llevaron a cabo Jarrell y Stanley (2004). Estos autores realizaron un meta-análisis con 104 investigaciones relacionadas al tema de discriminación

de género. Encontraron que las investigaciones sobre el tema cambiaron y mejoraron con el tiempo y que las estimaciones de discriminación han disminuido. Igualmente, su análisis mostró que los investigadores hombres reportan estimaciones más grandes de brecha salarial de género que las investigadoras. Por último, recomiendan que no hay necesidad de corregir por sesgo de selección, lo cual sugieren es un indicador de la reducción de la discriminación de género.

**Cuadro 1.** Evidencia empírica de discriminación salarial de género. Estudios selectos

País	Autor(es) y año de publicación	Método de estimación	Datos utilizados	Principales resultados
Estados Unidos de América	(Oaxaca, 1973)	Descomposición	Encuesta de Oportunidad económica de 1967.	Estimó 58.4% de discriminación entre hombres y mujeres blancos; 55.6% entre hombres y mujeres negras.
América Latina y el Caribe	(OIT, 2019)		Periodo 2018-2019	La brecha salarial de género es de 20% en América Latina y el Caribe
Argentina	(Paz, 1998)	Análisis de regresión	Datos de la Encuesta Permanente de Hogares (EPH)	La brecha por factores observados puede ser mayor que 0.85 y la brecha por discriminación no difiere entre los dos mercados laborales y está en el orden del 90%
Colombia	(Bernat, 2005)	Descomposición Oaxaca-Blinder con sesgo de selección	Periodo 2000-2004	Estimó que la discriminación fue de 20% para los asalariados y 21% para los no asalariados en siete ciudades de Colombia
Ecuador	(Nopo y Gallardo, 2009)	Técnica de comparaciones de Ñopo (2008)	ENEMDU 2003-2007	Encontraron que las brechas salariales étnicas son mucho mayores que las de género.
	(Ayala, 2017)	Estimación semiparamétrica de la discriminación utilizando la descomposición de Oaxaca-Blinder	ENEMDU para diciembre Años 2007, 2013 y 2016	Concluyeron que la brecha salarial de género entre 2007 y 2013 se redujo del 10.06% al 3.37%, para volver a subir al 4.09% en 2016
	(Pérez y Torresano, 2015)	Método Blinder-Oaxaca; Neumark(1988); Machado y Mata(2005)	ENEMDUR para los años 2007 y 2013	Las mujeres e indígenas ganaban aproximadamente un 13% y 12% menos que los hombres y los no indígenas, respectivamente.
	(Rivera, 2013)	Método de Blinder-Oaxaca con ajuste de Heckman	ENEMDUR Periodo diciembre 2007 y diciembre 2012	Estimaron que las brechas salariales entre hombres y mujeres se han reducido de 15.1% para el año 2007 a 10.1% para el año 2012.
	(Nereyda Espinoza, 2008)	Método de Blinder-Oaxaca con ajuste de Heckman	Encuesta de Condiciones de Vida (2005)	Los hombres ganan más en toda la distribución por cuantiles.

México	(Arceo-Gómez y Campos-Vázquez, 2014)	Método semiparamétrico con corrección de selección	Censos de población entre 1990 y 2010	La brecha salarial disminuyó en el periodo de estudio. En 2010 la brecha salarial de género fue de 6%. Hallaron un patrón estable de "piso pegajoso" y un patrón decreciente de "techo de cristal".
Uruguay	(Borraz y Robano, 2010)	Descomposición de Machado y Mata con corrección por sesgo de selección	Encuesta Continua de Hogares (CH) del año 2007 del Instituto Nacional de Estadística (INE)	Encuentran que la brecha por selección es 50% mayor que la brecha observada. Que la brecha salarial está aumentando en la parte superior de la distribución salarial lo cual sugiere un techo de cristal. Encuentran que la brecha salarial presenta forma de U

Fuente: Elaboración propia.

En general, la evidencia empírica recopilada indica que efectivamente existe una brecha salarial de género en los mercados laborales alrededor del mundo y que parte de ella se atribuye a discriminación. No obstante, otro resultado uniformemente consistente es que esta brecha se ha reducido en los últimos años.

Para el caso del Ecuador, este problema ha sido estudiado en algunas ocasiones<sup>12</sup>. Por ejemplo, Ayala (2017) utilizó una variación del método Tobit III con la descomposición de Blinder-Oaxaca y datos de la Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo (ENEMDU) para diciembre de los años 2007, 2013 y 2016. Estimó que entre 2007 y 2013 la brecha salarial de género se redujo del 10.6% al 3.4%, y luego aumentó al 4.1% en 2016. De acuerdo con la autora, las diferencias salariales entre hombres y mujeres se debieron únicamente a discriminación en contra de las mujeres.

Un análisis que incorporó la brecha por origen étnico fue el de Pérez y Torresano (2015), quienes utilizaron la Encuesta de Empleo y Desempleo Urbano y Rural (ENEMDUR) de los años 2007 y 2013 y aplicaron 4 metodologías de descomposición para estimar las brechas salariales: 1) Blinder-Oaxaca; 2) Neumark (1988); 3) Machado y Mata (2005), y 4) Juhn *et al.* (1993). En promedio, sus resultados fueron que las mujeres y los indígenas ganaban aproximadamente 13% y 12% menos que los hombres y los no indígenas, respectivamente, solo por el hecho de no pertenecer a dichos grupos poblacionales. Con la metodología de Machado y Mata (2005) hallaron que hay diferencias salariales en la parte alta y baja de la distribución, lo cual podría sugerir la existencia de "techo de cristal" y "piso pegajoso". Con la metodología propuesta por Juhn *et al.* (1993), que permite observar la evolución de las brechas salariales, encontraron que la brecha salarial se redujo tanto por género como por grupo étnico.

De igual forma, Benítez y Espinoza (2018) estudiaron la discriminación salarial por género en el sector formal del Ecuador, por rama de actividad y tamaño de empresa. Aplicaron la metodología de Oaxaca-Blinder y, encontraron que existe discriminación salarial en contra de las mujeres en la mayoría de las ramas de actividad, aunque en diferentes niveles. Sin embargo, no hallaron evidencia de brecha salarial. Es más, según los autores, si existe una brecha salarial es en

<sup>12</sup> Otros estudios sobre desigualdad para el caso del Ecuador son Nopo y Gallardo (2009); García-Aracil y Winter (2006); Larrea y Montenegro Torres (2006); Cabrera *et al.* (2016); Espinoza y Sanchez (2009).



contra de los hombres. Los resultados de la descomposición Oaxaca Blinder sugiere que, la discriminación está compensada porque en promedio las mujeres muestran mejores características.

Por último, Rivera (2013) utilizó la Encuesta de Empleo y Desempleo Urbano y Rural (ENEMDUR) del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) para estimar la brecha salarial para el período 2007-2012 mediante el método de Blinder-Oaxaca con ajuste de selección y sus resultados fueron que las brechas salariales entre hombres y mujeres se redujo de 15.1% a 10.1% entre los años 2007 y 2012. Además, el autor afirma que las diferencias salariales se debieron a la presencia de discriminación.

En suma, en Ecuador sólo unos pocos trabajos han estudiado específicamente el problema de la brecha salarial de género. La mayoría de ellos optan por incluir en la investigación el problema de la discriminación por grupos étnicos o por realizar un análisis general de la desigualdad salarial. Además, muy pocos emplean técnicas de descomposición y de corrección por selección, y optan por realizar un análisis descriptivo de los datos.

La escasa evidencia empírica para el Ecuador sobre la brecha salarial de género empleando técnicas de descomposición del ingreso con ajuste de selección es lamentable, porque como muestran estudios para otros países, estas técnicas permiten una mejor estimación de la brecha salarial de género así como de sus determinantes, lo cual es relevante para el diseño de la política pública.

En este estudio se aplica la metodología de descomposición de Blinder-Oaxaca con ajuste por selección muestral de Heckman (1979) lo que permite contribuir a la evidencia empírica actual sobre la magnitud y determinantes de la disparidad salarial entre hombres y mujeres en el Ecuador.

### 3. Metodología

En esta investigación se aplica el método Blinder-Oaxaca<sup>13</sup>, que consiste en descomponer las diferencias salariales entre dos grupos -en este caso hombres y mujeres- en dos partes: los efectos de las características individuales (factores observables) y los efectos de un componente no explicado (factores no observables), que se asume comúnmente como el efecto discriminación.

Para realizar esta descomposición se estiman regresiones de Mincer para los salarios de hombres y mujeres, de las que se obtienen los retornos a las características de hombres y mujeres por separado (ecuaciones 1 y 2).

$$\ln W_i^H = \beta_0^H + \sum_{j=1}^n \beta_j^H X_{ji}^H + \mu_i^H \quad (1)$$

$$\ln W_i^M = \beta_0^M + \sum_{j=1}^n \beta_j^M X_{ji}^M + \mu_i^M \quad (2)$$

---

<sup>13</sup> Normalmente se conoce de esta manera porque aunque fue desarrollada de manera independiente, ambos autores llegaron a resultados similares. Para más detalle sobre esta metodología véase, Oaxaca (1973); Blinder (1973), Bourguignon y Ferreira (2007); Fortin *et al.* (2011) y, Ospino *et al.* (2010).

donde los subíndices “i” y “j” representan a los trabajadores y coeficientes, respectivamente.  $\ln W$  es el logaritmo natural de los ingresos laborales,  $X$  representa el componente de capital humano de los trabajadores, tales como educación, experiencia, y otras variables de control;  $\beta$ , son los regresores, y reflejan los retornos del mercado laboral a las características de los trabajadores o los “precios” de los servicios asociados a ellos (Bourguignon y Ferreira, 2007); y  $\mu$ , es el término de error.

Restando la ecuación (1) de (2), la descomposición Blinder-Oaxaca resulta en la siguiente expresión<sup>14</sup>:

$$\sum_j \beta_j^H \bar{X}_j^H - \sum_j \beta_j^M \bar{X}_j^M = \sum_j \beta_j^H (\bar{X}_j^H - \bar{X}_j^M) + \sum_j \bar{X}_j^M (\beta_j^H - \beta_j^M) \quad (3)$$

donde el primer término representa la parte de la brecha salarial que puede ser explicada por las diferencias en las características observadas de los hombres y las mujeres; esto es, el cambio en los ingresos laborales que se debe a un cambio en la dotación media a los precios constantes (esto es, el *efecto dotación*); y el segundo término refleja la parte de la brecha salarial que se explica por las diferencias en los coeficientes relacionados a cada una de la estimaciones de las ecuaciones de ingresos de los hombres y las mujeres, es decir, el cambio en los precios con la dotación media constante (esto es, el *efecto precio*).

En otras palabras, la brecha de género se descompone en lo que es debido a: 1) el hecho de que los hombres y mujeres trabajadores no tienen las mismas características (educación, edad, experiencia laboral, ocupación, etc.), y 2) al hecho de que, con las características constantes, hombres y mujeres no son retribuidos a la misma tasas. (Bourguignon y Ferreira, 2007).

Frecuentemente, a este segundo término - la diferencia en coeficientes- se ha interpretado como una medida de discriminación salarial. El argumento es que las betas son un resumen de las reglas que usa el mercado para valorar las cantidades de capital humano de los trabajadores, y en la medida en que las reglas sean diferentes para hombres y mujeres, se puede hablar de un tratamiento discriminador (Tenjo, Ribero, y Bernat 2006).

En este sentido, para Neumark (1988), si ambos grupos recibieran idénticos retornos para las mismas características, y las diferencias salariales pudieran deberse únicamente a las diferencias en las retribuciones a las características, entonces el segundo término de las ecuación (3) puede interpretarse como la parte de la brecha salarial que se debe a la discriminación.

Para Blinder (1973), el segundo término expresa la diferencia entre cómo la ecuación de salarios de los hombres valora las características de las mujeres y cómo la ecuación de las mujeres realmente las valora.

Siguiendo a Ospino *et al.* (2010), las mediciones expuestas por Blinder (1973) son:  
 R: diferencia bruta

$$\beta_0^H + \sum_j \beta_j^H \bar{X}_j^H - \left( \beta_0^M + \sum_j \beta_j^M \bar{X}_j^M \right) = E + C + U \quad (4)$$

<sup>14</sup> Los resultados de la descomposición de las brechas salariales depende de la elección de la estructura salarial, es decir, de los precios que sirven para valorar las características observables y por ende, para la valoración de las diferencias salariales (Pérez y Torresano, 2015).

E: Porción de la diferencia atribuible a la diferencia en las dotaciones

$$= \sum_j \beta_j^H (\bar{X}_j^H - \bar{X}_j^M) \quad (5)$$

C: Porción de la diferencia atribuible a la diferencia en los coeficientes

$$= \sum_j \bar{X}_j^H (\beta_j^H - \beta_j^M) \quad (6)$$

U: Porción no explicada de la diferencia salarial

$$= \beta_0^H - \beta_0^M \quad (7)$$

D: Porción de la diferencia salarial atribuible a discriminación = C+U

Esta metodología de descomposición salarial ha sido ampliamente empleada debido a que permite identificar cuál parte de la brecha salarial es debido a las diferencias en las características individuales, y cuál es debido a las diferencias en los efectos de estas características (Nieto y Ramos, 2015).

Por otro lado, a pesar de que esta metodología ha sido la más utilizada para estimar brechas salariales, no está exenta de críticas. Entre las principales se encuentran: 1) la interpretación del “residuo” como una medida de discriminación es discutible debido a que los estimadores de los coeficientes capturan todos los sesgos generados por los problemas de información, errores en las variables y en el procesos de selección (Tenjo, Ribero, y Bernat 2006); 2) la especificación de la forma funcional de la estructura salarial es lineal y está basada en las medias antes que en toda la distribución de ingreso, lo que puede producir inferencias incorrectas en ciertos casos donde hay diferencias significativas en la distribución de las variables explicativas (Atal *et al.*, 2009; García-Aracil y Winter, 2006a; Salardi, 2012). Asimismo, J. Heckman, Lochner, y Todd (2006) señalan que suponer que el logaritmo de los ingresos laborales se relaciona linealmente con la educación y de manera cuadrática con la experiencia, ha mostrado que se incurre en una incorrecta especificación de la relación entre los salarios, la educación y la experiencia, lo cual puede conducir a conclusiones inadecuadas sobre la brecha salarial y posiblemente sobredimensionar la discriminación; 3) No considera el problema de selección muestral (Heckman, 1979).

Además de la metodología Blinder-Oaxaca hay otras que permiten descomponer brechas salariales. De acuerdo con Jemberie (2017), las metodologías de descomposición se pueden dividir en dos: las de primera y las de segunda generación. Entre las de primera generación se encuentran: Blinder (1973); Oaxaca (1973); Neumark (1988); Reimers (1983) Cotton (1988;). Las diferencias entre estos enfoques son pequeñas. La evolución y aplicación de esta generación de técnicas de descomposición dominaron principalmente la literatura hasta principios de la década de los 2000.

Por otro lado, la segunda generación de metodologías de descomposición se enfoca en estimar las diferencias sobre el total de la distribución de los salarios. Trabajos tempranos en este

grupo incluyen: Juhn *et al.*(1993); DiNardo *et al.* (1996); Donald, Green, y Paarsch (2000), y trabajos posteriores incluyen los de Machado y Mata (2005), Melly (2005, 2006) y Fortin *et al.*(2011).

El método de Juhn *et al.*(1993) consiste en descomponer las diferencias salariales sobre toda la distribución salarial y no solo en la media como el método Blinder-Oaxaca. Además, en este método no se requieren estimaciones separadas para hombres y mujeres, sino que, los salarios estimados se utilizan para derivar distribuciones hipotéticas que sirven para extender la descomposición de la brecha salarial no ajustada por un efecto de estructura salarial.

Desde otra perspectiva, Machado y Mata (2005) sugieren estimar distribuciones salariales marginales usando regresiones cuantílicas en las distribuciones contrafactuales, mientras que (B Melly, 2006; Blaise Melly, 2005) propone el uso de funciones de distribución incondicional estimadas a través de regresiones cuantílicas. La sugerencia de trabajar con este tipo de regresiones se basa en que diversas investigaciones han revelado que la educación tiene un mayor efecto en los salarios promedio de los trabajadores en la parte superior de la distribución de salarios que en la parte inferior de dicha distribución.

En el mismo sentido, el método de DiNardo *et al.* (1996) permite estimar un contrafactual de la distribución salarial completa de los hombres como si éstos tuvieran las dotaciones de las mujeres.

En suma, existen diversos métodos para descomponer las diferencias salariales de los trabajadores, pero como ya se mencionó, en esta investigación empleamos la metodología Blinder-Oaxaca, la cual puede ser generalizada fácilmente para controlar el sesgo de selección muestral, que es uno de los principales problemas presentes en las regresiones salariales.

### **3.1 La metodología Blinder-Oaxaca y el sesgo de selección**

El sesgo por selección muestral ocurre cuando en una función de salarios las variables que explican el salario influyen en la decisión de trabajar o no y, en consecuencia, la muestra considerada en la regresión sólo incluye a aquellos que participan en el mercado laboral. En el contexto de brecha salarial género, este sesgo se produce porque generalmente las mujeres que participan en el mercado laboral no son una muestra aleatoria sino que presentan ciertas características que las hacen más propensas a participar. Según Maradona y Calderón (2000), el sesgo de selección proviene en gran medida de las mujeres que tienen un salario de reserva más alto o que tienen costos de oportunidad más bajos de estar en casa, o de aquellas con características que les dificulta conseguir un empleo.

El sesgo de selección se debe corregir porque produce que los estimadores de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) sean sesgados e inconsistentes y porque viola la condición de aleatoriedad de los modelos econométricos (Borraz y Robano 2010; Tenjo, Ribero, y Bernat 2006). Por lo tanto, ignorar este problema puede generar que las conclusiones sobre la brecha salarial y la discriminación de género sean equivocadas (J. J. Heckman 1979; Hernández y Méndez 2005).

El método más empleado para subsanar el sesgo de selección es el propuesto por Heckman (1979), quien desarrolló un método de dos etapas para corregir este problema. En la primera etapa se estima la probabilidad de trabajar de un individuo mediante un modelo Probit. En la segunda se agrega una transformación de las probabilidades individuales de trabajar con la forma de un ratio de Mills como variable explicativa y se evalúa su significancia estadística.

Siguiendo el método de Heckman (1979), para corregir el sesgo de selección se debe incluir el término de corrección de error en las funciones salariales para hombres y mujeres de manera independiente de la siguiente forma:

$$\ln W_H = X_H \beta_H + \sigma_H \lambda_H + \mu_H \quad (8)$$

$$\ln W_M = X_M \beta_M + \sigma_M \lambda_M + \mu_M \quad (9)$$

donde  $\lambda$  es el término de corrección de error (inversa del ratio de Mills) y  $\sigma$  es la covarianza de los factores no observados que afectan la participación laboral y aquellos factores no observados que afectan el salario (Ospino, Roldán, y Barraza 2010).

Luego, se incluye el término de corrección en la descomposición Blinder-Oaxaca:

$$\ln W_H - \ln W_M = \bar{X}_H \beta_H - \bar{X}_M \beta_M + (\sigma_H \lambda_H - \sigma_M \lambda_M) \quad (10)$$

Por último, se agrega y subtrae el término  $\bar{X}_M \beta_H$  y resulta la siguiente expresión:

$$\ln W_H - \ln W_M = (\bar{X}_H - \bar{X}_M) \beta_H + (\beta_H - \beta_M) \bar{X}_M + (\sigma_H \lambda_H - \sigma_M \lambda_M) \quad (11)$$

El término  $(\bar{X}_H - \bar{X}_M) \beta_H$  corresponde a la parte de la brecha salarial que puede ser explicada por las diferencias en las características observadas de los individuos; el término  $(\beta_H - \beta_M) \bar{X}_M$  expresa la parte no explicada de la brecha salarial, la cual es debido a la diferencia en los coeficientes de  $X_i$ , esta parte se considera resultado de la discriminación. El término  $(\sigma_H \lambda_H - \sigma_M \lambda_M)$  es la parte de la ecuación atribuible al sesgo de selección y es producto de las distintas pautas de incursión en el mercado laboral que tienen los hombres y las mujeres.

## 4. Descripción de los datos

Los datos empleados corresponden al mes de septiembre de 2020 de la Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo (ENEMDU), construida por el Instituto Nacional de Estadística y Censos del Ecuador (INEC). La ENEMDU se reporta de manera trimestral y contiene información sobre las características del mercado laboral del Ecuador. Esta información es de fuente oficial y posee representatividad nacional.

La muestra se ha restringido a las personas que se encuentran entre los 18 y 65 años de edad y que son empleados en el sector privado o público.

Las variables empleadas para los modelos empíricos son: La variable dependiente es logaritmo natural del salario por hora, dado por el logaritmo natural del ingreso laboral dividido entre horas trabajadas a la semana multiplicadas por 4.33. Las variables explicativas son: años de escolaridad, años de experiencia laboral, calculada con la fórmula presente en la bibliografía, *edad-años de escolaridad-6*; experiencia laboral al cuadrado; variables dicotómicas para sexo (hombre o mujer); estado civil (casado o vive en unión libre); jefe de hogar; área de residencia (urbana o rural).

El cuadro 2 presenta estadísticas descriptivas de las variables que se usan en la estimación de los modelos empíricos para hombres y mujeres. La muestra alcanza las 4,812 observaciones. El salario promedio de los hombres es mayor que el de las mujeres. Las mujeres tienen más escolaridad promedio que los hombres (1.6 años más) pero menos años de experiencia laboral (1.4 años menos). Alrededor del 55% de los hombres de la muestra son jefes de hogar, mientras que tan sólo el 25% de las mujeres tienen ese rol en el hogar. Asimismo, el 61% de los hombres y el 47% de las mujeres son casados o viven en unión libre.

**Cuadro 2.** Estadísticas descriptivas de las variables a analizar.

Personas de 18-65 años de edad con empleo en el sector público o privado. Ecuador, 2020

<i>Variable</i>	<i>Hombres</i>		<i>Mujeres</i>		<i>Total</i>	
	<i>Media (μ)</i>	<i>Desv. Est. (σ)</i>	<i>Media (μ)</i>	<i>Desv. Est. (σ)</i>	<i>Media (μ)</i>	<i>Desv. Est. (σ)</i>
Log salario por hora	1.28	1.05	1.39	1.09	1.32	1.07
Escolaridad	12.33	3.44	14.02	3.19	13.01	3.44
Experiencia	19.04	12.57	17.66	11.77	18.49	12.27
Experiencia al cuadrado	520.46	583.64	450.49	508.78	492.25	555.68
Edad	37.38	11.75	37.68	11.14	37.50	11.51
Jefe de hogar	0.55	0.50	0.25	0.43	0.43	0.50
Casado o en unión libre	0.61	0.49	0.47	0.50	0.55	0.50
Urbana	0.80	0.40	0.86	0.35	0.82	0.38
N	2,872	-	1,940		4,812	-

Elaboración propia con datos de la ENEMDU (septiembre-2020).

El cuadro 3 muestra con mayor detalle la estructura de la oferta laboral por grupos. Del total de la oferta laboral, las mujeres representan el 42.39%. En el grupo etario de 18 a 24 años, la participación laboral de las mujeres es menor en 4 puntos porcentuales que la de los hombres, mientras que en el grupo etario de 35 a 49 años, la participación laboral de las mujeres es 3 puntos porcentuales mayor que la de los hombres. De igual forma que lo mostrado en el cuadro 2, el porcentaje de mujeres que participan en el mercado laboral y que son jefes de hogar es de 25.16%, en contraste, el porcentaje de hombres que son jefes de hogar alcanza el 57.34%. En lo referente a los grupos educativos, la oferta laboral de hombres y mujeres con estudios de secundaria es la de mayor participación, 45.93% y 31.41% respectivamente, sin embargo, las mujeres con educación superior y de posgrado tienen mayor participación (32.81%) que los hombres con esos niveles educativos (22.33%); es decir, que la oferta laboral de los hombres es primordialmente de trabajadores con baja escolaridad y la de las mujeres con alta escolaridad. Estos resultados, acompañados con los del cuadro 2, justifican la necesidad de corregir por selección al momento de comparar las brechas salariales de género.

**Cuadro 3.** Oferta laboral por género. Ecuador, 2020

<i>Variable</i>	<i>Trabajo</i>	
	<i>Hombres</i>	<i>Mujeres</i>
Todos	57.61	42.39
Edad		
18-24	17.12	13.08
25-34	23.45	25.39
35-49	32.92	35.91
50+	26.51	25.63
Casado o en unión libre	60.28	52.75
Jefe de hogar	57.34	25.16
Mestizo o blanco	83.41	84.16
Educación		
Sin escolaridad	1.79	2.99
Educación básica	29.95	26.79
Secundaria	45.93	37.41
Superior	20.36	29.78
Posgrado	1.97	3.03
Área urbana	63.14	66.98

Elaboración propia con datos de la ENEMDU (septiembre-2020).

El cuadro 4 muestra las brechas salariales de género para diferentes grupos. La brecha salarial es mayor para las mujeres mayores (50+). Las mujeres jefes de hogar también perciben un ingreso laboral menor que los hombres en el mismo grupo. En los grupos educativos las brechas salariales son mayores para las mujeres con baja escolaridad y con educación superior. En suma, aunque en promedio no se observa una brecha salarial de género, ésta sí se evidencia en grupos específicos.

**Cuadro 4.** Brecha salarial para diferentes grupos. Ecuador, 2020

	<i>Hombre</i>	<i>Mujer</i>	<i>Brecha salarial</i>
	<i>(1)</i>	<i>(2)</i>	<i>(1)-(2)</i>
Promedio	0.93	0.93	0.00
Edad			
18-24	0.67	0.72	-0.06
25-34	0.95	1.06	-0.11
35-49	1.00	0.94	0.06
50+	0.94	0.83	0.11
Estado Civil			
Casado o en unión libre	0.98	0.96	0.02
Otro	0.83	0.89	-0.06
Jefe de hogar	0.97	0.83	0.14

Grupo étnico			
Mestizo o blanco	0.99	0.98	0.01
Grupos minoritarios	0.60	0.53	0.07
Educación			
Sin escolaridad	0.46	0.25	0.21
Educación básica	0.63	0.47	0.16
Secundaria	0.82	0.69	0.13
Superior	1.56	1.39	0.18
Posgrado	2.15	2.31	-0.16
Área urbana	1.08	1.03	0.05

Nota: En grupos minoritarios se encuentran los Indígenas, afroecuatorianos, negros, mulatos, y montubios. Elaboración propia con datos de la ENEMDU (septiembre-2020).

## 5. Resultados

En esta sección se presentan los principales resultados de esta investigación<sup>15</sup>. Primero, se muestran los resultados del modelo de participación laboral, el cual es necesario para corregir el sesgo de selección por el método de Heckman. Segundo, se presentan los resultados de las funciones de Mincer estimadas para cada género y para el total de la muestra, todas con ajuste de selección. Por último, se exponen los resultados de la descomposición de la brecha salarial de género obtenidos con la metodología Blinder-Oaxaca.

En el cuadro 5 se exhiben los resultados del modelo de participación laboral, el cual incluye variables continuas y categóricas que inciden en la probabilidad de emplearse en el sector público o privado, como son: años de edad y de escolaridad, ser el jefe de hogar, el estado civil y, el área de residencia.

El coeficiente de la variable edad tiene signo en el grupo de los hombres, esto significa que mientras más años de edad tenga el individuo es menos probable que se emplee en el sector público o privado. Esta variable no es estadísticamente significativa para el grupo de las mujeres. Por otro lado, para hombres y mujeres, ser jefe de hogar incide positivamente sobre la probabilidad de emplearse en el sector público o privado, lo que puede explicarse por la responsabilidad que acompaña tener ese rol en el hogar. De igual forma, las personas que residen en el área urbana tienen mayor probabilidad de emplearse que aquellas residentes en el área rural. También se observa que mientras más años de escolaridad tenga la persona, más alta será la probabilidad de emplearse. Finalmente, la incidencia del estado civil sobre la probabilidad de emplearse difiere según el género de la persona. Los hombres casados o que viven en unión libre tienen mayor probabilidad de emplearse que aquellos que no están casados ni viven en unión libre. Por el contrario, las mujeres casadas o que viven en unión libre tienen menor probabilidad de emplearse que aquellas que no están casadas ni viven en unión libre. Estos resultados son consistentes con la teoría económica y la evidencia empírica revisada.

<sup>15</sup> Los resultados se estimaron utilizando el software Stata 14.



**Cuadro 5.** Modelo de participación laboral. Ecuador, 2020.

<b>Variable dependiente: Empleado en el sector público o privado</b>			
	<b>Hombres</b>	<b>Mujeres</b>	<b>General</b>
<b>Variabes independientes</b>	<b>Coficiente (error estándar)</b>	<b>Coficiente (error estándar)</b>	<b>Coficiente (error estándar)</b>
Edad	-0.0094355**	.0002472	-.0075494**
	(.001303)	(.0013758)	(.0009165)
Escolaridad	.0563011**	.1428662**	.0926876**
	(.0041799)	(.0049965)	(.0031109)
Jefe de hogar	.1108807 *	.2879877**	.4162347**
	(.0395052)	(.0447252)	(.0240768)
Casado o en unión libre	.3576954**	-.0286405	.1220653**
	(.0370438)	(.036123)	(.0225774)
Urbana	.5221224**	.3433704**	.4210986**
	(.0332503)	(.0409377)	(.0253566)
Constante	-1.363374**	-2.867366**	-1.952128**
	(.0700748)	(.0864896)	(.0530312)
N	8,887	9,277	18,164

\*y\*\* indican significancia estadística al 1% y 5%, respectivamente.

Elaboración propia con datos de la ENEMDU (septiembre-2020).

Los resultados de las funciones de Mincer se presentan en el cuadro 6. Se estimó un modelo que incluye la variable independiente *Hombre*, que es una variable *dummy* con valor igual a 1 si el individuo es hombre e igual a cero si es mujer y, por supuesto, se estimaron dos modelos específicos para cada grupo. Los tres modelos se corrigieron por selección.

Los resultados muestran que tanto para hombres como para mujeres la escolaridad tiene un impacto positivo mayor sobre el salario por hora que la experiencia laboral. Sin embargo, la escolaridad adicional retribuye mejor a las mujeres que a los hombres, mientras que la experiencia laboral recompensa más a los hombres que a las mujeres. Además, el modelo general muestra que los hombres tienen un salario por hora promedio mayor que el de las mujeres. Más detalladamente, el modelo general muestra que cada año adicional de escolaridad produce un aumento en 11.5% en el salario por hora de los trabajadores públicos o privados. Los hombres reciben un aumento en su salario de 10.9% por cada año adicional de escolaridad, mientras que las mujeres reciben un aumento de 18.5%. Cada año adicional de experiencia laboral genera un incremento en el salario por hora de 3.1% en el modelo general, de 3.7% en el modelo para los hombres y en 2.6% en el modelo para las mujeres. Por último, el modelo general revela, mediante la variable *dummy*, que el salario promedio por hora de los hombres es 8.9% más alto que el de las mujeres.

**Cuadro 6.** Estimaciones de las funciones de Mincer. Ecuador, 2020.

<b>Variable dependiente: Logaritmo natural del ingreso laboral por hora</b>			
<b>Variables independientes</b>	<b>Hombres</b>	<b>Mujeres</b>	<b>General</b>
	<b>Coficiente</b>	<b>Coficiente</b>	<b>Coficiente</b>
	<b>(Errores estándar robustos)</b>	<b>(Errores estándar robustos)</b>	<b>(Errores estándar robustos)</b>
Escolaridad	.1093383**	.1853757 **	.1150296**
	(.0078449)	(.0219997)	(.0076897)
Experiencia	.0371307**	.0264173**	.0319673**
	(.004431)	(.0085837)	(.0041821)
Experiencia^2	-.0004345**	-.000356	-.0003901**
	(.0000884)	(.0001842)	(.0000853)
Hombre			.0892147 *
			(.0337122)
Lambda	-.1565751	.4932438*	-.0799465
	(.0885965)	(.1740789)	(.0793999)
Constante	-.3968078*	-2.113602**	-.5507459*
	(.1737275)	(.5160168)	(.1946323)
N	2,501	1,605	4,106
R cuadrado	0.153	0.135	0.143

Notas: a. Los coeficientes y errores estándar estimados son robustos; b. \*\*y\* indican significancia estadística al 1% y 5%, respectivamente.

Elaboración propia con datos de la ENEMDU (septiembre-2020).

Finalmente, la *lambda* es estadísticamente significativo en el modelo estimado para las mujeres, lo que quiere decir que existe problema de selección y que de no corregirse se estaría subestimando el salario de las mujeres.

Los resultados de la descomposición de la brecha salarial de género utilizando el método Blinder-Oaxaca se encuentran en el cuadro 7. La brecha salarial se descompone en tres partes: factores observables, factores no observables y, el factor de interacción. El primero registra la parte de la brecha salarial que es debido a las diferencias en las dotaciones entre hombres y mujeres. El segundo componente mide la contribución de las diferencias en los coeficientes (incluyendo las diferencias en el intercepto). El tercero es un término de interacción que se registra por el hecho de que las diferencias en las características y coeficientes existen de manera simultánea entre los dos grupos (Jann, 2008).

**Cuadro 7.** Descomposición Blinder-Oaxaca ajustada por selección. Ecuador, 2020.

	Hombres	Mujeres
Logaritmo del salario por hora (promedio)	1.276218**	.8224665**
Brecha salarial	.4537518*	
Factores observables (Efecto dotaciones)	-.3328401**	
Factores no observables (Efecto discriminación)	.6523371**	
Factor de interacción	.1342547**	
Logaritmo del salario por hora sin discriminación (promedio)		1.4748036

\*\*y\* indican significancia estadística al 1% y 5%, respectivamente.

Elaboración propia con datos de la ENEMDU (septiembre-2020).

Los resultados muestran que el salario promedio de las mujeres representa el 64.4%  $((.8224665/1.276218)*100)$  el de los hombres, es decir, que la brecha salarial entre hombres y mujeres en el Ecuador es de 35.6 puntos porcentuales. El primer componente (efecto dotaciones) es negativo  $(-.3328401)$  e indica que si el salario por hora se determinara únicamente por las dotaciones de los trabajadores, las mujeres deberían recibir un salario promedio superior al de los hombres, esto debido a que el promedio de años de escolaridad de las mujeres (14.0 años) es mayor que el de los hombres (12.3 años) de la muestra. El coeficiente del segundo componente (efecto discriminación) es positivo y significa que factores no observables determinan una parte de los salarios de hombres y mujeres. Esto último implica que el valor de la discriminación representa el 79.3% del valor promedio del salario por hora de las mujeres, por lo que en ausencia de discriminación su salario debería ser 55.8% más alto de lo que es en realidad. Por último, el tercer componente es estadísticamente significativo lo que conduce a inferir que una parte de la brecha salarial se debe a una interacción simultánea entre dotaciones y retornos.

## 6. Conclusiones

El objetivo de esta investigación fue estimar la brecha salarial de género en el Ecuador aplicando la metodología Blinder-Oaxaca con corrección por selección muestral sobre los datos de la ENEMDU de septiembre de 2020. Esta metodología permite descomponer la brecha salarial en factores observables y no observables. Los primeros constituyen la parte de la brecha salarial que se explica por la diferencia en las dotaciones o características de hombres y mujeres y, el segundo la parte que se debe a la diferencia en las retribuciones o premios a las dotaciones. Este segundo factor comúnmente se considera como el componente de “discriminación”.

De acuerdo con los resultados obtenidos, existe una brecha salarial a favor de los hombres. En promedio, las mujeres perciben un salario por hora que representa el 64.4% del que sus contrapartes hombres perciben. La brecha se explica principalmente por la diferencia en los retornos a los factores, es decir, por discriminación y no por escasez relativa del capital humano (escolaridad y experiencia laboral) de las mujeres. De hecho, los resultados indican que los mujeres tienen, en promedio, más años de escolaridad que los hombres, por lo que, dentro del marco analítico de la

teoría del capital humano, en ausencia de discriminación las mujeres deberían ganar más que ellos. Este resultado coincide con el hallado por Benítez & Espinoza (2018). Actualmente, las características laborales de las mujeres permiten mermar, en cierta medida, los efectos de la discriminación. Los resultados también confirmaron la importancia de corregir por selección tal como señalan estudios similares para aplicados al caso del Ecuador (Pérez y Torresano 2015; Rivera 2013).

Los hallazgos de esta investigación sugieren que las políticas públicas enfocadas en reducir la desigualdad salarial entre hombres y mujeres en el Ecuador deberían orientarse más hacia combatir la discriminación contra las mujeres y menos en elevar los niveles de escolaridad de las mujeres, puesto que realmente ellas cuentan con mejor escolaridad que los hombres. No obstante, se sugiere que futuras investigaciones se enfoquen en 2 temas: 1) explorar a fondo dicha brecha por grupos específicos: étnicos, industrias, categorías ocupacionales; áreas de residencia, ciudades y regiones, entre otros, y 2) estudiar la evolución de la brecha salarial de género y con ello, recoger el impacto de la crisis del covid-19 sobre la oferta laboral y la desigualdad salarial. Esto aportará evidencia empírica necesaria para comprender mejor el problema y de esta manera contar con bases sólidas para el diseño de política pública que fomente la igualdad de género en el mercado laboral ecuatoriano.

## Referencias

- [1] Aigner, D., & Cain, G. (1977). Statistical Theories of Discrimination in Labor Markets. *Industrial and Labor Relations Review*, 30(2).
- [2] Arceo-Gómez, E. O., & Campos-Vázquez, R. M. (2014). Evolución de la brecha salarial de género en México. *El Trimestre Económico*, 81(323), 619. <https://doi.org/10.20430/ete.v81i323.125>
- [3] Arrow, K. (1972). Models of Job Discrimination. In A. Pascal (Ed.), *Racial Discrimination in Economic Life* (pp. 83–102).
- [4] Arulampalam, W., Booth, A. L., & Bryan, M. L. (2007). Is there a glass ceiling over Europe? Exploring the gender pay gap across the wage distribution. *Industrial and Labor Relations Review*, 60(2), 163–186. <https://doi.org/10.1177/001979390706000201>
- [5] Atal, J., Nopo, H., & Winder, N. (2009). New Century, Old Disparities: Gender and Ethnic Wage Gaps in Latin America. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.1815933>
- [6] Ayala, V. (2017). *Análisis semiparamétrico de la brecha salarial de género en el Ecuador* [Universidad San Francisco de Quito]. <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/6514/1/131449.pdf>
- [7] Bayard, K., Hellerstein, J., Neumark, D., & Troske, K. (2003). New Evidence on Sex Segregation and Sex Differences in Wages from Matched Employee-Employer Data. *Journal of Labor Economics*, 21(4), 887–922. <https://doi.org/10.1086/377026>
- [8] Becker, G. (1957). *The economics of discrimination*. The University of Chicago Press.
- [9] Becker, G. (1964). *Human Capital: A theoretical and Empirical Analysis*. The University of Chicago Press.
- [10] Becker, G. S. (1962). Investment in Human Capital: A Theoretical Analysis. *Journal of Political Economy*, 70(5, Part 2), 9–49. <https://doi.org/10.1086/258724>
- [11] Benítez, D., & Espinoza, B. (2018). Discriminación salarial por género en el sector formal en Ecuador usando registros administrativos. *Cuadernos de Trabajo Temáticos*, 6. <https://doi.org/10.1177/0891243210389813>

- [12] Bergmann, B. R. (2011). Sex Segregation in the Blue-collar Occupations: Women's Choices or Unremedied Discrimination? *Gender & Society*, 25(1), 88–93. <https://doi.org/10.1177/0891243210389813>
- [13] Bernat, L. (2005). Análisis de género de las diferencias salariales en las siete principales áreas metropolitanas colombianas: ¿Evidencia de discriminación? In *Investigaciones sobre género y desarrollo en Colombia* (pp. 65–144). Cuadernos Pnud, Consejería Presidencial Para La Equidad De La Mujer. Investigaciones Sobre Género Y Desarrollo En Colombia.
- [14] Biltagy, M. (2014). Estimation of Gender Wage Differentials Using Oaxaca Decomposition Technique. *Topics in Middle Eastern and North African Economies*, 16(1), 17–42. <http://www.luc.edu/orgs/meea%5Cnhttp://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=ecn&AN=1493691&site=ehost-live>
- [15] Blau, F. D., Brummund, P., & Liu, A. Y.-H. (2013). Trends in Occupational Segregation by Gender 1970–2009: Adjusting for the Impact of Changes in the Occupational Coding System. *Demography*, 50(2), 471–492. <https://doi.org/10.1007/s13524-012-0151-7>
- [16] Blau, F. D., & Hendricks, W. E. (1979). Occupational Segregation by Sex: Trends and Prospects. *The Journal of Human Resources*, 14(2), 197. <https://doi.org/10.2307/145642>
- [17] Blau, F. D., & Kahn, L. M. (2000). Gender Differences in Pay. *Journal of Economic Perspectives*, 14(4), 75–100. <https://doi.org/10.1257/jep.14.4.75>
- [18] Blau, F. D., & Kahn, L. M. (2017). The Gender Wage Gap: Extent, Trends, and Explanations. *Journal of Economic Literature*, 55(3), 789–865. <https://doi.org/10.1257/jel.20160995>
- [19] Blinder, A. S. (1973). Wage Discrimination: Reduced Form and Structural Estimates. *The Journal of Human Resources*, 8(4), 436. <https://doi.org/10.2307/144855>
- [20] Borjas, G., & Van Ours, J. (2000). *Labor Economics* (2nd ed.). McGraw-Hill.
- [21] Borraz, F., & Robano, C. (2010). Brecha Salarial en Uruguay. *Revista de Análisis Económico (RAE)*, 25(1), 49–77. <https://doi.org/10.4067/S0718-88702010000100003>
- [22] Bourguignon, F., & Ferreira, F. (2007). Decomposing Changes in the Distribution of Household Incomes: Methodological Aspects. In *The Microeconomics of Income Distribution in East Asia and Latin America* (pp. 17–46).
- [23] Brown, C. J., Pagán, J. A., & Rodríguez-Oreggia, E. (1999). Occupational attainment and gender earnings differentials in Mexico. *Industrial and Labor Relations Review*, 53(1), 123–135. <https://doi.org/10.1177/001979399905300107>
- [24] Cabrera, D., Espinoza, E., & Mazaira, Z. (2016). Diferencias salariales y satisfacción laboral entre géneros y etnias en el Ecuador. *ECOCIENCIA*, 3(4), 1–26.
- [25] Calónico, S., & Ñopo, H. (2009). Gender segregation in the workplace and wage gaps: Evidence from urban Mexico 1994–2004. *Research on Economic Inequality*, 17(2009), 245–270. [https://doi.org/10.1108/S1049-2585\(2009\)0000017015](https://doi.org/10.1108/S1049-2585(2009)0000017015)
- [26] Celiberti, L., & Ardanche, M. (2011). Entre el techo de cristal y el piso pegajoso. El trabajo como herramienta de inclusión en el Uruguay de 2011. *Cotidiano Mujer*.
- [27] CEPAL. (2016). *Nota para la Igualdad N°18*.
- [28] Christofides, L. N., Polycarpou, A., & Vrachimis, K. (2013). Gender wage gaps, 'sticky floors' and 'glass ceilings' in Europe. *Labour Economics*, 21(april), 86–102. <https://doi.org/10.1016/j.labeco.2013.01.003>
- [29] Cotton, J. (1988). On the Decomposition of Wage Differentials. *The Review of Economics and Statistics*, 70(2), 236. <https://doi.org/10.2307/1928307>
- [30] De, M. (2009). *Tendencias mundiales del empleo de las mujeres*.

- [31] DiNardo, J., Fortin, N. M., & Lemieux, T. (1996). Labor Market Institutions and the Distribution of Wages, 1973-1992: A Semiparametric Approach. *Econometrica*, 64(5), 1001. <https://doi.org/10.2307/2171954>
- [32] Donald, S. G., Green, D. A., & Paarsch, H. J. (2000). Differences in wage distributions between Canada and the United States: An application of a flexible estimator of distribution functions in the presence of covariates. *Review of Economic Studies*, 67(4), 609–633. <https://doi.org/10.1111/1467-937X.00147>
- [33] Erosa, A., Fuster, L., & Restuccia, D. (2016). A quantitative theory of the gender gap in wages. *European Economic Review*, 85, 165–187. <https://doi.org/10.1016/j.eurocorev.2015.12.014>
- [34] Espinoza, N., & Sanchez, L. (2009). *Estimación de la brecha salarial entre hombres y mujeres: un análisis por cuantiles para el Ecuador*. ESPOL.
- [35] Espinoza, Nereyda. (2008). *Estimación de la brecha salarial entre hombres y mujeres: un análisis por cuantiles para el Ecuador*. Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- [36] Fortin, N., Lemieux, T., & Firpo, S. (2011). Decomposition Methods in Economics. In *Handbook of Labor Economics* (Vol. 4, Issue PART A). Elsevier Inc. [https://doi.org/10.1016/S0169-7218\(11\)00407-2](https://doi.org/10.1016/S0169-7218(11)00407-2)
- [37] García-Aracil, A., & Winter, C. (2006). Gender and ethnicity differentials in school attainment and labor market earnings in Ecuador. *World Development*, 34(2). <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2005.10.001>
- [38] Gasparini, L., Marchionni, M., & Escudero, W. (2007). Characterization of Inequality Changes through Microeconomic Decompositions: The Case of Greater Buenos Aires. In *Microeconomics of Income Distribution Dynamics in East Asia and Latin America* (pp. 47–82).
- [39] Görlich, D., & Grip, A. (2008). Human Capital Depreciation during Home Time. *Oxford Economic Papers*, 61.
- [40] Heckman, J. J. (1979). Sample selection bias as a specification error. *Econometrica*, 47(1). <https://doi.org/10.2307/1912352>
- [41] Heckman, J. J., Lochner, L. J., & Todd, P. E. (2006). Earnings Functions, Rates of Return and Treatment Effects: The Mincer Equation and Beyond. In *Handbook of the Economics of Education* (1st ed., pp. 307–458). [https://doi.org/10.1016/S1574-0692\(06\)01007-5](https://doi.org/10.1016/S1574-0692(06)01007-5)
- [42] Hegewisch, A., & Liepmann, H. (2014). Occupational segregation and the gender wage gap in the US. In *Handbook of Research on Gender and Economic Life* (pp. 200–217). Edward Elgar Publishing. <https://doi.org/10.4337/9780857930958.00024>
- [43] Hernández, P., & Méndez, I. (2005). *La corrección del sesgo de selección en los análisis de corte transversal de discriminación salarial por sexo: estudio comparativo en los países de la Unión Europea* (pp. 179–214). Estadística Española.
- [44] ILO. (2010). *Women in Labor Markets: Measuring Progress and Identifying Challenges*. International Labor Organization.
- [45] Jann, B. (2008). A Stata implementation of the Blinder-Oaxaca. *ETH Zurich Sociology Working Paper*, 8(5), 453–479.
- [46] Jarrell, S. B., & Stanley, T. D. (2004). Declining Bias and Gender Wage Discrimination? A Meta-Regression Analysis. *Journal of Human Resources*, XXXIX(3), 828–838. <https://doi.org/10.3368/jhr.XXXIX.3.828>
- [47] Jemberie, M. (2017). *Estimating the causes and consequences of gender wage discrimination in Ethiopia*. Southern Illinois University Carbondale.
- [48] Juhn, C., Murphy, K., & Pierce, B. (1993). Wage Inequality and the Rise and Returns to Skill. *Journal of Political Economy*, 101(3), 410–442.
- [49] Kahn, L. M. (2012). Understanding International Differences in the Gender Pay Gap. In *Gender, Inequality, and Wages* (Vol. 21, Issue 1, pp. 177–212). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199665853.003.0007>

- 
- [50] Kunze, A. (2008). Gender wage gap studies: consistency and decomposition. *Empirical Economics*, 35(1), 63–76. <https://doi.org/10.1007/s00181-007-0143-4>
- [51] Larrea, C., & Montenegro Torres, F. (2006). Ecuador. In G. Hall & H. . Patrinos (Eds.), *Indigenous Peoples, Poverty and Human Development in Latin America*. Palgrave Macmillan UK.
- [52] Llamas Rembao, L. I., Huesca Reynoso, L., & González, J. J. (2019). Impact of Income Taxes on Wages. A Non Parametric Analysis of the Mexican Case. *Revista Mexicana de Economía y Finanzas*, 14(1), 79–94. <https://doi.org/10.21919/remef.v14i1.360>
- [53] Machado, J. A. F., & Mata, J. (2005). Counterfactual decomposition of changes in wage distributions using quantile regression. *Journal of Applied Econometrics*, 20(4), 445–465. <https://doi.org/10.1002/jae.788>
- [54] Maradona, P., & Calderón, M. (2000). *Estimación del sesgo de selección para el mercado laboral de Mendoza*. Universidad Nacional del Cuyo.
- [55] Matuszewska-Janica, A. (2018). Men and women wage differences in Spain and Poland. *Montenegrin Journal of Economics*, 14(1), 45–52. <https://doi.org/10.14254/1800-5845/2018.14-1.3>
- [56] Melly, B. (2006). *Estimation of Counterfactual Distributions using Quantile regression* (No. 50).
- [57] Melly, Blaise. (2005). Public-private sector wage differentials in Germany: Evidence from quantile regression. *Empirical Economics*, 30(2), 505–520. <https://doi.org/10.1007/s00181-005-0251-y>
- [58] Mincer, J. (1974). Schooling, experience, and earnings. Human behavior & social institutions. In *National Bureau of Economic Research*. <https://www.nber.org/books-and-chapters/schooling-experience-and-earnings>
- [59] Neumark, D. (1988). Employers' Discriminatory Behavior an the Estimation of Wage Discrimination. *The Journal of Human Resources*, 23(3), 279–295.
- [60] Nieto, S., & Ramos, R. (2015). Educational outcomes and socioeconomic status: A decomposition analysis for middle-income countries. *Prospects*, 45(3), 325–343. <https://doi.org/10.1007/s11125-015-9357-y>
- [61] Nopo, H., & Gallardo, L. (2009). Ethnic and Gender Wage Gaps in Ecuador. In *SSRN Electronic Journal* (No. 679). <https://doi.org/10.2139/ssrn.1821916>
- [62] Oaxaca, R. (1973). Male-Female Wage Differentials in Urban Labor Markets. *International Economic Review*, 14(3), 693. <https://doi.org/10.2307/2525981>
- [63] Oelz, M., Olney, S., & Tomei, M. (2013). ¿Cuáles son las causas de la brecha de remuneración entre hombres y mujeres? In *Igualdad salarial - Guía introductoria*.
- [64] OIT. (2019). *La brecha salarial entre hombres y mujeres en América Latina: En el camino hacia la igualdad salarial*.
- [65] Olivetti, C., & Petrongolo, B. (2008). Unequal pay or unequal employment? A cross-country analysis of gender gaps. *Journal of Labor Economics*, 26(4), 621–654. <https://doi.org/10.1086/589458>
- [66] Ospino, C., Roldán, P., & Barraza, N. (2010). Oaxaca-Blinder wage decomposition: Methods, critiques and applications. A literature review. *Revista de Economía Del Caribe*, 5, 237–274.
- [67] Paz, J. (1998). *Brecha de ingresos entre géneros (Comparación entre el Gran Buenos Aires y el Noroeste Argentino)*. Anales de la AAEP.
- [68] Pérez, F., & Torresano, D. (2015). *Etnia y género en el mercado laboral ecuatoriano: cuatro aplicaciones empíricas para la descomposición salarial*.
- [69] Perrotta, C. (2018). Investment in human capital. In *Unproductive Labour in Political Economy* (Vol. 51, Issue 1, pp. 102–115). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315620893-12>
- [70] Phelps, E. (1972). The Statistical Theory of Racism and Sexism. *American Economic Review*, 62, 659–661.

- [71] Piras, C. (Ed.). (2006). *Mujeres y trabajo en América Latina: Desafíos para las políticas laborales* (BID). <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Mujeres-y-trabajo-en-América-Latina-Desafíos-para-las-políticas-laborales.pdf>
- [72] Reimers, C. W. (1983). Labor Market Discrimination Against Hispanic and Black Men. *The Review of Economics and Statistics*, 65(4), 570. <https://doi.org/10.2307/1935925>
- [73] Rivera, J. (2013). Teoría y práctica de la discriminación en el mercado laboral ecuatoriano (2007-2012). *Analítica : Revista de Análisis Estadístico*, 5, 7-24.
- [74] Rodríguez Pérez, R. E. (2020). Diferencial salarial por género entre el sector público y privado formal-informal en México. *Revista de Economía, Facultad de Economía, Universidad Autónoma de Yucatán*, 36(93), 62-89. <https://doi.org/10.33937/reveco.2019.108>
- [75] Salardi, P. (2012). *Wage Disparities and Occupational Intensity by Gender and Race in Brazil: An Empirical Analysis Using Quantile Decomposition Techniques*. University of Sussex.
- [76] Schultz, T. (1963). *The economic value of education*. Columbia University Press.
- [77] Schultz, T. (1971). *Investment in Human Capital. The Role of Education and of Research*. The Free Press.
- [78] Stiglitz, J. E. (1973). Approaches to the Economics of Discrimination. *The American Economic Review*, 63(2).
- [79] Tenjo, J., Ribero, R., & Bernat, L. (2006). Evolución de las brechas salariales de género en seis países de América Latina. In *Mujeres y trabajo en América Latina: Desafíos para las políticas laborales* (pp. 149-199).
- [80] Weichselbaumer, D., & Winter-Ebmer, R. (2005). A meta-analysis of the international gender wage gap. *Journal of Economic Surveys*, 19(3), 479-511. <https://doi.org/10.1111/j.0950-0804.2005.00256.x>
- [81] Wellington, A. J. (1993). Changes in the Male/Female Wage Gap, 1976-85. *The Journal of Human Resources*, 28(2), 383. <https://doi.org/10.2307/146209>
- [82] Wood, R. G., Corcoran, M. E., & Courant, P. N. (1993). Pay Differences among the Highly Paid: The Male-Female Earnings Gap in Lawyers' Salaries. *Journal of Labor Economics*, 11(3), 417-441. <https://doi.org/10.1086/298302>
- [83] Woodhall, M. (1987). Human Capital Concepts. In *Economics of Education* (Second, pp. 21-24). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-033379-3.50011-5>



## Desigualdad del ingreso y desarrollo del sistema financiero un enfoque multidimensional

Tomás Gómez Rodríguez<sup>1</sup> - Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México

Humberto Ríos Bolívar - Instituto Politécnico Nacional, México

Adriana Zambrano Reyes - Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México

### Resumen

Este trabajo explora la relación entre el sistema financiero y la desigualdad del ingreso. Se utilizó el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios como estimación base y el método de Mínimos Cuadrados Generalizados Estimados con efectos aleatorios de dos vías como prueba de robustez. Los resultados para el sector bancario indican que profundidad, eficiencia y estructura de mercado exhiben evidencia a favor de la hipótesis de un aumento de la desigualdad del ingreso. De igual manera, se encuentra evidencia de una relación positiva entre menores niveles de competencia y la desigualdad del ingreso. Se recomienda de acuerdo a los resultados garantizar condiciones equitativas en la utilización de los servicios financieros. La limitante de este estudio es que no se consideró la dimensión acceso para el sector bancario. La aportación original es utilizar cuatro medidas diferentes de desigualdad del ingreso. La dimensión profundidad tanto para el sector bancario como para los mercados financieros, tiene el efecto de aumentar la desigualdad del ingreso. Mientras que la dimensión estabilidad del sector bancario y la dimensión eficiencia de los mercados financieros tienen un efecto redistributivo.

*Clasificación JEL: G10, C33, D3.*

*Palabras clave: Sistema Financiero, panel de datos, desigualdad del ingreso.*

## Income Inequality and Financial System Development a Multidimensional Approach

### Abstract

This paper explores the relationship between the financial system and income inequality. The Ordinary Least Squares method was used as the base estimation and the Generalized Least Squares Estimated method with two-way random effects as a robustness test. The results for the banking sector indicate that depth, efficiency and market structure exhibit evidence in favor of the hypothesis of an increase in income inequality. Similarly, there is evidence of a positive relationship between lower levels of competition and income inequality. According to the results, it is recommended to guarantee a level playing field in the use of financial services. The main limitation of this study is that the access dimension was not considered for the banking sector. The original contribution of this research is to use four different measures of income inequality. The depth dimension for both the banking sector and financial markets has the effect of increasing income inequality. While the stability dimension of the banking sector and the efficiency dimension of financial markets have a redistributive effect.

*JEL Classification: G10, C33, D3.*

*Keywords: Financial system, data panel, Income inequality.*

<sup>1</sup> Autor de correspondencia: Tomás Gómez Rodríguez. Dirección: Carretera Apan-Calpulalpan Km.8, Col.Chimalpa, C.P. 43920 Apan, Hgo. Teléfono: 01 771 717 2000 extensión 5806. Correo electrónico: [tomas\\_gomez@uaeh.edu.mx](mailto:tomas_gomez@uaeh.edu.mx).

\*Sin fuente de financiamiento para el desarrollo de la investigación.



## 1. Introducción

Los recientes cambios registrados en la desigualdad del ingreso y en el desarrollo del sistema financiero a nivel internacional han atraído el interés de investigadores y legisladores. El aumento de la desigualdad del ingreso es uno de los desafíos más importantes para los legisladores tanto en países desarrollados como en desarrollo. Este aumento de la desigualdad del ingreso implica más injusticia económica, inestabilidad social y desigualdad en las oportunidades de desarrollo. Estos problemas a su vez pueden ocasionar inestabilidad política (Nollert, 1995, Boix, 2008 y Solt, 2015), desigualdad del poder político (Goodin y Dryzek, 1980 y Solt, 2008) y crisis financieras (Stiglitz, 2009 y Bjørnskov, 2015). Por lo tanto, la desigualdad del ingreso daña el desarrollo económico y social (Chiu y Lee, 2019).

Como consecuencia se han realizado numerosas investigaciones que estudian el origen y las consecuencias socio-económicas de dicho fenómeno. Especialmente existe una literatura naciente que explora la relación entre el desarrollo del sistema financiero y la desigualdad del ingreso muestra de esto son los trabajos de: Zhang y Naceur (2019), Meniago y Asongu (2018), Chiu y Lee (2019), Hsieh, Chen y Lin (2019), Altunbaş y Thornton (2019) y Thornton y di Tommaso (2019). Esta rama de la literatura considera que cuando el sector financiero genera mayor crecimiento económico, los individuos de un país pueden alcanzar un mayor ingreso y por tanto alcanzar una distribución del ingreso más igualitaria. Este aumento en el ingreso de los individuos es posible debido a que el sistema financiero tiene la capacidad de colocar los recursos financieros en su mejor uso. Tanto el sector bancario como los mercados financieros son los mejores posicionados para desempeñar esta tarea, gracias a su capacidad de movilizar los recursos financieros de toda una economía (Meniago y Asongu, 2018). En contraste en un escenario donde el acceso a los servicios financieros se da de acuerdo al ingreso de los individuos, el desarrollo del sistema financiero puede significar un crecimiento de la desigualdad del ingreso. Por tanto, el sector financiero repercute en las oportunidades y la riqueza de las personas. Lo anterior sugiere la existencia de un vínculo entre el desarrollo del sistema financiero y la distribución del ingreso (Demirgüç-Kunt y Levine, 2009).

Por otro lado, los cambios ocurridos en las condiciones competitivas en el sector bancario a nivel internacional en tiempos recientes han generado inquietud acerca del posible impacto del poder de mercado en el sector bancario sobre las variables macroeconómicas (Hsieh, Chen y Lin, 2019). Especialmente el interés está en el posible impacto que la estructura de mercado del sector bancario puede tener sobre la distribución del ingreso. Ya que en la medida que el poder de mercado en la banca determine la disponibilidad de crédito y la inversión para las empresas medianas y pequeñas, este será un factor determinante en el nivel de empleo y la desigualdad del ingreso. Esto se debe a que dichas empresas son más sensibles a los problemas de información y son más dependientes del financiamiento bancario que las empresas grandes. Sobre todo, es importante considerar que las empresas medianas y pequeñas son una fuente relevante de empleo de acuerdo a Hsieh, Chen y Lin (2019). La literatura existente sobre el nexo entre la estructura de mercado del sector bancario y la desigualdad del ingreso es incipiente, la mayor parte de la investigación que se ha realizado hasta ahora se ha centrado en los nexos entre estructura de mercado y estabilidad (Allen y Gale, 2004), así como en el nexo entre estructura de mercado y eficiencia. Algunos trabajos que

tratan estos temas son los de: Boyd y de Nicoló (2005), Schaeck, Cihak y Wolfe (2009), Rice y Strahan (2010) y Beck, de Jonghe y Schepens (2013).

La literatura existente sobre el nexo entre el desarrollo del sistema financiero y la desigualdad del ingreso se puede dividir en dos hipótesis. La primera hipótesis propone que el desarrollo del sistema financiero tiene un efecto positivo sobre la desigualdad del ingreso. Mientras que la segunda hipótesis establece que el desarrollo del sistema financiero tiene una relación negativa sobre la desigualdad del ingreso (Chiu y Lee, 2019).

Por otro lado, las principales hipótesis en cuanto a la relación entre la estructura de mercado del sector bancario y la desigualdad del ingreso son dos la primera implica que el poder de mercado puede crear mayor desigualdad del ingreso (hipótesis de poder de mercado), mientras que la segunda sugiere que mayor poder de mercado puede disminuir la desigualdad (hipótesis de información) (Hsieh, Chen y Lin, 2019). De acuerdo a la primera hipótesis, mayor poder de mercado puede resultar en una menor oferta de préstamos y tasas más altas. Mientras que mayor competencia permite un mayor acceso al financiamiento lo que significaría una reducción de la desigualdad del ingreso. La hipótesis de la información argumenta que el poder de mercado resulta en una mayor inversión en la relación que tienen los bancos con sus clientes, lo que a su vez reduce las asimetrías de información y los costos de agencia. Esto trae como resultado una mejora en el acceso al financiamiento por parte de los potenciales solicitantes de crédito. Sobre todo, de aquellos solicitantes con información opaca o que suponen mayor riesgo como las empresas pequeñas o aquellas con problemas financieros. Por tanto, en presencia de mayor competencia los bancos podrían no aprovechar su ventaja en información y fallar en establecer relaciones cercanas. Por tanto, mayor competencia significa una profundización del crédito para algunas empresas y falta de crédito para otras, aumentando así la desigualdad del ingreso (Hsieh, Chen y Lin, 2019).

Por lo tanto, este estudio tiene tres propósitos. El primero es analizar la existencia de una relación positiva entre el desarrollo del sector bancario y la desigualdad del ingreso. El segundo es evaluar si las características de los mercados financieros tienen el efecto de aumentar la desigualdad del ingreso. Por último, se evalúa el impacto positivo del crecimiento de la estructura de mercado del sector bancario sobre la desigualdad del ingreso.

Para probar lo anterior se emplean dos muestras la primera se centra en el sector bancario y la segunda se enfoca en los mercados financieros. La primera muestra está compuesta por 75 países y la segunda muestra abarca 57 países. El marco temporal para ambas muestras abarca del año 1999 al 2012. Los países que componen ambas muestras se pueden consultar en el apéndice en las tablas 1 y 2. Siguiendo el trabajo de Zhang y Naceur (2019) se propone evaluar las siguientes dimensiones del desarrollo financiero para el sector bancario, estas son: profundidad, eficiencia, estabilidad y competencia; en contraste con el trabajo de Zhang y Naceur (2019) se considera una dimensión adicional la cual es la estructura de mercado. Mientras que para los mercados financieros se analizan: el acceso la profundidad, la eficiencia, la rentabilidad y la estabilidad. A diferencia de los trabajos de Zhang y Naceur (2019) y Meniago y Asongu (2018) donde se emplean paneles de datos no balanceados, en la presente investigación se emplean paneles de datos balanceados. Por otro lado, las variables utilizadas en los trabajos de Zhang y Naceur (2019) y Meniago y Asongu (2018) están en niveles, mientras que en la presente investigación las variables se presentan en tasas de crecimiento. Asimismo, para analizar la desigualdad se emplean las siguientes medidas: el índice de Gini, el índice de Atkinson, la proporción Media a Mediana, la proporción Palma y el índice de Theil.

Se emplea el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) para la estimación base y el método de Mínimos Cuadrados Generalizados Estimados con efectos aleatorios de dos vías como prueba de robustez.

El resto de esta investigación tiene la siguiente estructura. En la sección 2 se realiza una revisión de la literatura, la cual consiste en un estudio de los principales trabajos sobre el tema. La sección 3 contiene la descripción de las variables a utilizar y además se registran las estadísticas básicas. La sección 4 comprende los métodos de estimación. En la sección 5 se presentan los resultados de la estimación econométrica, así como los resultados de la prueba de robustez. La última sección contiene las conclusiones.

## 2. Revisión de la literatura

Existen dos teorías principales en el estudio del nexo entre desarrollo financiero y desigualdad del ingreso. La primera de estas teorías propone que el desarrollo del sistema financiero tiene un efecto positivo sobre la desigualdad del ingreso, es decir el desarrollo del sistema financiero beneficia más a los ricos que a los pobres lo que amplía la desigualdad del ingreso. La segunda teoría establece que el desarrollo del sistema financiero tiene una relación negativa sobre la desigualdad del ingreso. Esta teoría sugiere que mayor desarrollo financiero puede ayudar a las personas con ingresos bajos a tener acceso al financiamiento externo.

La primera teoría se basa en el modelo de Banerjee y Newman (1993) el cual está construido bajo el supuesto de que las finanzas pueden proveer oportunidades a los emprendedores. Sin embargo, las imperfecciones financieras como altos costos de transacción y el cumplimiento de los contratos impide que las personas de bajos recursos puedan invertir y convertirse en emprendedores. Esto se debe a que las personas de bajos recursos muchas veces no tienen historial crediticio o el colateral necesario para recibir financiamiento de las instituciones financieras. Esto a su vez ocasiona que personas con proyectos que pueden obtener ganancias altas no los realicen por falta de crédito y terminen trabajando para mejores empleadores, pero con un ingreso menor al que podrían obtener. El modelo propone que mientras que los emprendedores puedan tener acceso al capital sin importar las posibles restricciones, se traduce en una reducción de la desigualdad del ingreso (Meniago y Asongu, 2018).

La segunda teoría tiene su fundamento en el trabajo de Galor y Zeira (1993) el cual se basa en la afirmación de que las disparidades en el ingreso evitan que se realice una colocación eficiente de los recursos cuando los mercados financieros son imperfectos, esta situación impide que las personas de bajos recursos inviertan en capital humano y físico. Y se centra en el argumento de que los individuos tienen las mismas capacidades y habilidades potenciales, pero diferentes dotaciones de recursos debido a la riqueza heredada. Como consecuencia de la información imperfecta y los altos costos de transacción. Las personas de bajos recursos enfrentan limitaciones de crédito y por lo tanto invertirán menos en capital humano en comparación con las personas de altos recursos. En el modelo los individuos que reciben una herencia invertirán en capital humano, entonces la riqueza futura de los hogares depende de la herencia recibida. Los hogares de las personas con altos recursos que invierten en educación obtienen más habilidades, lo que les permite obtener un ingreso mayor y dejar a sus descendientes una mayor herencia. Mientras que los hogares pobres no pueden invertir

en educación lo que reduce su preparación, esta falta de habilidades se traduce en ingresos bajos y en la imposibilidad de dejar una herencia a las próximas generaciones. Aun si las personas de bajos ingresos tuvieran la posibilidad de invertir en capital humano, las imperfecciones de los mercados financieros evitarían que lo hicieran. Por tanto, en el largo plazo la distribución del ingreso está determinada por la inversión en capital humano, lo que a su vez depende de la riqueza heredada (Meniago y Asongu, 2018).

Existe un desacuerdo entre estas hipótesis y este mismo desacuerdo también existe en los resultados de la investigación empírica. Por un lado, se encuentran los estudios que aportan evidencia a favor de la hipótesis de la reducción de la desigualdad entre estos están: Galor y Zeira (1993), Deininger y Squire (1998); Ravallion (2004); White y Anderson (2001), Dollar y Kraay (2004), Clarke, Xu y Zou (2006), Beck, Demirgüç-Kunt y Levine (2007), Johansson y Wang (2014), von Ehrlich y Seidel (2015), Hamori y Hashinguchi (2012), Agnello, Mallick y Sousa (2012), Kunieda, Okada y Shibata (2013), Zhang y Naceur (2019), Altunbaş y Thornton (2019) y Thornton y di Tommaso (2019).

El trabajo de Kunieda, Okada y Shibata (2013) registra los resultados de tres estimaciones diferentes: la primera es un estudio de sección cruzada con una muestra de 119 países, la segunda estimación es un panel de datos con efectos fijos con una muestra de 120 países y la tercera estimación utiliza el método generalizado de momentos con una muestra de 17 países. Los resultados del estudio muestran que el desarrollo financiero reduce la desigualdad en los países con economías cerradas. Con una muestra de 143 países en un período de 1961 a 2011, Zhang y Naceur (2019) emplean un enfoque de variables instrumentales para estimar la relación entre diferentes dimensiones del desarrollo financiero y desigualdad del ingreso. Las conclusiones del estudio son que la profundización del sistema financiero tiene una relación negativa con la desigualdad del ingreso, mientras que la liberalización financiera aumenta la desigualdad del ingreso. Empleando el método de regresión en cuantiles para una muestra de 121 países Altunbaş y Thornton (2019), encuentra que el efecto del desarrollo financiero varía de acuerdo al nivel de ingreso de un país. En los países con un ingreso medio superior el efecto del desarrollo financiero es promover la igualdad, mientras que en los países de ingreso alto y bajo el desarrollo financiero juega un papel importante en el aumento de la desigualdad. Thornton y di Tommaso (2019) se examina la relación de largo plazo entre desarrollo financiero y desigualdad del ingreso. La muestra que emplean consiste en 119 países para el período de 1980-2015. Haciendo uso de diferentes técnicas de cointegración encuentran que el desarrollo del sistema financiero reduce la desigualdad del ingreso.

Por otro lado, existen trabajos que refutan la hipótesis de que el desarrollo financiero tenga un efecto reductor en la desigualdad del ingreso, estos trabajos son los de: Banerjee y Newman (1993), Rajan y Zingales (2003), Gimet y Lagoarde-Segot (2011), Sehrawat y Giri (2015), Jauch y Watzka (2015), Denk y Cournede (2015), Seven y Coskun (2016) y de Haan y Sturm (2016).

Los resultados del trabajo de Jauch y Watzka (2015) muestran que cuando existe mayor desarrollo del sistema financiero aumenta la desigualdad del ingreso. La estimación se realiza empleando un panel de datos no balanceado de 138 países con efectos individuales y efectos temporales, para el período 1960 a 2008. Empleando una muestra de 33 países de la OCDE en un período de 1970 a 2011. Seven y Coskun (2016) hacen uso del método generalizado de momentos, con una muestra de 45 países emergentes en el período 1987-2011 los datos se estructuran en seis promedios de 4 años. Ellos encuentran que, aunque el crecimiento económico se ve afectado

positivamente por el desarrollo del sistema financiero, no se encuentra un efecto reductor de la desigualdad del ingreso por parte del desarrollo financiero. Usando un panel de datos con efectos fijos y una muestra de 121 países que cubre el período 1975-2005 de Haan y Sturm (2016), encuentran que todas las variables financieras utilizadas en el estudio incrementan la desigualdad del ingreso.

En cuanto a la estructura de mercado, las teorías presentan conclusiones en conflicto. La teoría del poder del mercado argumenta que un mayor nivel de competencia amplía el acceso al financiamiento. Acceso fácil a los servicios financieros significa mayor oferta de crédito y menores tasas de interés y por tanto debería reducir la desigualdad del ingreso. Mientras que la hipótesis de la información postula que, en presencia de competencia, los bancos no pueden capitalizar su ventaja en la información y por tanto no pueden establecer relaciones cercanas con sus clientes (Hsieh, Chen y Lin, 2019). Esta situación disminuye el acceso para empresas pequeñas y profundiza el acceso al crédito por parte de las empresas grandes, lo que provoca un aumento de la desigualdad del ingreso. En cuanto a la evidencia empírica el trabajo de Hsieh, Chen y Lin (2019) es el primero en analizar la relación entre estructura de mercado y desigualdad del ingreso. Su estudio encuentra que menor competencia en el sector bancario tiene un efecto positivo sobre la desigualdad del ingreso, estos efectos son mayores durante los períodos de crisis, al igual que para países con alto ingreso o en países con mejores instituciones políticas.

### 3. Datos

Se utilizaron dos muestras diferentes: la primera muestra contiene datos de diferentes dimensiones del sector bancario para 75 países y la segunda muestra se enfoca en los mercados financieros y se conforma por 57 países. Ambas muestras abarcan el período 1999-2012 y conforman dos paneles de datos balanceados. La elección de países y del marco temporal se vio influenciada por la disponibilidad de los datos. Se utiliza la desigualdad del ingreso como variable dependiente, la cual se mide a través de cinco medidas diferentes: el índice de Gini, el índice de Atkinson, el índice de Theil, la proporción de Palma y la proporción media a mediana. Los datos provienen del Proyecto Global de Consumo e Ingreso elaborado por Lahoti, Jayadev y Reddy (2016). Esta base a su vez está basada en fuentes secundarias como: el Estudio de Ingreso de Luxemburgo, La Base Mundial de Desigualdad del Ingreso y la base del Banco Mundial Povcalnet entre otras. El índice de Gini (*Des. Gini*) tiene una escala de uno a cero, cuando el valor es cero implica que todos en la sociedad reciben el mismo ingreso. Por otro lado, si el valor es uno indica que una persona recibe todo el ingreso. El índice de Atkinson (*Des. Atkinson*) mide el porcentaje del ingreso total que una sociedad debe renunciar para que exista una participación más igualitaria del ingreso entre los individuos de una sociedad. La proporción Palma (*Des. Palma*) considera el decil más alto de la distribución del ingreso con respecto al cuarto decil del fondo de la distribución. La principal ventaja tanto del índice de Atkinson como de la proporción Palma en la medición de la desigualdad del ingreso es que capturan las colas de la desigualdad entre los más pobres y los más ricos, a diferencia del índice de Gini que considera la totalidad de la distribución del ingreso (Cobham Schlögl y Summer, 2016). Por otro lado, el índice de Theil (*Des. Palma*) mide la desigualdad del ingreso a través del cálculo de la entropía. El término entropía significa desorden, pero cuando se aplica a una distribución del ingreso

significa desviarse de la igualdad perfecta. Para este índice se pueden observar valores de ente 0 y 1, si el valor es 1 entonces el ingreso está en su peor distribución. Por último, para complementar las medidas de desigualdad utilizamos la proporción media a mediana (*Des.m2m*), la cual tiene la ventaja de ser una medida clara y simple, que no ha sido utilizada en la literatura debido a que los datos no estaban disponibles (Birdsall y Meyer 2015). En general, valores altos para todas estas medidas significan mayor desigualdad del ingreso, mientras que valores más bajos significan una distribución del ingreso más igualitaria.

**Tabla 1.** Variables dependientes.

Tipo	Dimensión	Variable	Abreviatura	Fuente	Unidad de medida
Desigualdad del ingreso	Macro-económica	Índice de Gini	<i>Des. Gini</i>	Proyecto Global de Consumo e Ingreso	Tasa de crecimiento (%)
Desigualdad del ingreso	Macro-económica	Índice de Atkinson	<i>Des. Atkinson</i>	Proyecto Global de Consumo e Ingreso	Tasa de crecimiento (%)
Desigualdad del ingreso	Macro-económica	Índice de Theil	<i>Des. Theil</i>	Proyecto Global de Consumo e Ingreso	Tasa de crecimiento (%)
Desigualdad del ingreso	Macro-económica	Proporción Palma	<i>Des. Palma</i>	Proyecto Global de Consumo e Ingreso	Tasa de crecimiento (%)
Desigualdad del ingreso	Macro-económica	Proporción Media a Mediana	<i>Des. m2m</i>	Proyecto Global de Consumo e Ingreso	Tasa de crecimiento (%)

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a las variables independientes tenemos dos conjuntos. El primer conjunto se centra en el sector bancario y evalúa las siguientes dimensiones: profundidad, eficiencia, estabilidad y estructura de mercado. La dimensión profundidad se analiza a través de la variable crédito domestico al sector privado (*P. Credit*), valores más altos para este variable sugieren un sector bancario más profundo. La dimensión eficiencia se mide a través de dos variables: el rendimiento bancario sobre los activos (*E. return*) y el margen de interés neto (*E. net\_interest*), valores altos para el margen de interés sugieren mayor eficiencia, así mismo, valores más altos para la variable rendimiento bancario apuntan a una mayor eficiencia.

La dimensión estabilidad considera el Z-Score (*Estab.Z\_score*) y la proporción crédito bancario a depósitos bancarios (*Estab.cred\_dep*), valores más altos para la variable Z-score implican una menor probabilidad de bancarrota, mientras que valores más altos para la proporción crédito bancario a depósitos bancarios sugieren una posible falta de liquidez en un futuro.

Por último, para la dimensión estructura de mercado se utilizan tanto el índice de concentración de los cinco bancos más importantes (*Estru.Conc*) como el índice de Lerner (*Estru.Lerner*) si el índice de concentración es alto esto supone un bajo nivel de competencia. Si el índice de Lerner es cero se piensa que el mercado está en competencia perfecta, si el índice de Lerner es 1 el mercado está en monopolio y entre 0 y 1 el mercado muestra competencia monopolística.

**Tabla 2.** Variables del sector bancario

Tipo	Dimensión	Variable	Abreviatura	Fuente	Unidad de medida
Sector Bancario	Profundidad	Crédito domestico al sector privado/PIB	<i>P.Credit</i>	Base de Datos de Estructura Financiera	Tasa de crecimiento (%)
Sector Bancario	Eficiencia	Margen de interés neto	<i>E.net_interest</i>	Base de Datos de Estructura Financiera	Tasa de crecimiento (%)
Sector Bancario	Eficiencia	Rendimiento sobre los activos	<i>E.return</i>	Base de Datos de Estructura Financiera	Tasa de crecimiento (%)
Sector Bancario	Estabilidad	Z-score	<i>Estab.Z_score</i>	Datos de Estructura Financiera	Tasa de crecimiento (%)
Sector Bancario	Estabilidad	Crédito/depósito	<i>Estab.cred_dep</i>	Datos de Estructura Financiera	Tasa de crecimiento (%)
Sector Bancario	Estructura de mercado	Índice de concentración	<i>Estru.Conc</i>	Datos de Estructura Financiera	Tasa de crecimiento (%)
Sector bancario	Estructura de Mercado	Índice de Lerner	<i>Estru.Lerner</i>	Datos de Estructura Financiera	Tasa de crecimiento (%)

Fuente: Elaboración propia.

El segundo conjunto se centra en los mercados financieros en este grupo se consideran las dimensiones: acceso, profundidad, eficiencia, estabilidad y rentabilidad. Para la dimensión profundidad se utiliza la variable, capitalización del mercado de valores con respecto al PIB



(*P. market\_cap*) valores más altos para esta variable indican un mayor nivel de profundidad de los mercados financieros. La dimensión acceso se evalúa mediante el número de empresas listadas por millón de personas (*A. list\_comp*), mayor número de empresas listadas señalan un mayor acceso a los mercados financieros. La dimensión eficiencia esta medida por la variable índice de rotación del mercado accionario(*E. market\_turn*) niveles más altos para esta variable denotan mayor eficiencia del mercado accionario. La dimensión rentabilidad considera el rendimiento año a año del mercado accionario(*R. market\_ret*), valores más altos para esta variable significan mayor obtención de ganancias. Finalmente, la dimensión estabilidad se evalúa mediante la variable volatilidad del precio de las acciones (*Est. price\_vol*), altos niveles en esta variable apuntan a que existe una mayor variación de los precios de las acciones.

**Tabla 3.** Variables de los mercados financieros.

Tipo	Dimensión	Variable	Abreviatura	Fuente	Unidad de medida
Mercados Financieros	Acceso	Número de compañías listadas por cada 1,000,000 de personas	<i>A. list_comp</i>	Base de Datos de Estructura Financiera	Tasa de crecimiento (%)
Mercados Financieros	Profundidad	Capitalización del mercado accionario/PIB	<i>P. market_cap</i>	Base de Datos de Estructura Financiera	Tasa de crecimiento (%)
Mercados Financieros	Eficiencia	Rotación del mercado accionario	<i>E. market_turn</i>	Base de Datos de Estructura Financiera	Tasa de crecimiento (%)
Mercados Financieros	Rentabilidad	Rendimiento del mercado accionario	<i>R. market_ret</i>	Base de Datos de Estructura Financiera	Tasa de crecimiento (%)
Mercados financieros	Estabilidad	Volatilidad del precio de las acciones	<i>Est. price_vol</i>	Base de Datos de Estructura Financiera	Tasa de crecimiento (%)

Fuente: Elaboración propia.

Para controlar otros factores que podrían impactar la desigualdad del ingreso en ambos conjuntos de variables se utilizan: gasto del gobierno (*Cont.gov*), apertura comercial (*Cont.trade*) e inflación (*Cont.Inf*). El gasto de gobierno se incorpora para examinar el efecto de

las políticas públicas sobre la desigualdad del ingreso así mismo se incluye a la variable apertura comercial para estimar el efecto de la globalización sobre la desigualdad del ingreso. El signo esperado para las dos variables es negativo. Por último, la variable inflación mide la estabilidad de la economía y se espera que el signo sea positivo. Se pueden observar las variables y sus abreviaturas en las Tabla 1, 2, 3 y 4.

**Tabla 4.** Variables de control

Tipo	Dimensión	Variable	Abreviatura	Fuente	Unidad de medida
Control	Macro-económica	Inflación	<i>Cont. Inf</i>	Datos de Estructura Financiera	Tasa de crecimiento (%)
Control	Macro-económica	Gasto de gobierno/PIB	<i>Cont. gov</i>	Indicadores de Desarrollo Mundial	Tasa de crecimiento (%)
Control	Macro-económica	Apertura comercial/PIB	<i>Cont. trade</i>	Indicadores de Desarrollo Mundial	Tasa de crecimiento (%)

Fuente: Elaboración propia.

Cabe destacar que todas las variables dependientes, independientes y de control están expresadas en tasa de crecimiento.

En las tablas 5 y 6 se muestran las estadísticas descriptivas de los dos conjuntos de variables (sector bancario y mercados financieros).

**Tabla 5.** Estadísticas descriptivas del sector bancario.

Variable	Media (%)	Desviación Estándar (%)	Máximo (%)	Mínimo (%)
<b>VARIABLES DEPENDIENTES</b>				
<i>Des. Atkinson</i>	.7	11.6	183.4	-62.7
<i>Des. Gini</i>	.3	6.5	81.7	-42.9
<i>Des. m2m</i>	.07	4.8	64.5	-46.7
<i>Des. Palma</i>	.9	16	279.1	-96.2
<i>Des. Theil</i>	1	15.7	270.6	-68.9
<b>VARIABLES INDEPENDIENTES</b>				
<i>P. Credit</i>	905.5	32326	1187431.9	-99.9
<i>E. net_interest</i>	4.9	70.8	1903.1	-90.3
<i>E. return</i>	-7.7	1047.2	17401.2	-28054.7
<i>Estab. Z_score</i>	21.2	463.4	14586.7	-1487.3
<i>Estab. cred_dep</i>	1.3	11.5	169.5	-40.9
<i>Estru. Conc</i>	.03	10.6	76.1	-61.5

<i>Estru. Lerner</i>	21.2	831.6	29055.2	-7097.8
<b>VARIABLES DE CONTROL</b>				
<i>Cont. Inf</i>	5.9	12.4	251.8	-15.8
<i>Cont. gov</i>	.6	8.2	88.6	-51.9
<i>Cont. trade</i>	1.4	9.9	149	-41.5

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 6.** Estadísticas descriptivas de los mercados financieros.

Variable	Media (%)	Desviación Estándar (%)	Máximo (%)	Mínimo (%)
<b>VARIABLES DEPENDIENTES</b>				
<i>Des. Atkinson</i>	.7	11.2	147.9	-62.7
<i>Des. Gini</i>	.2	6.2	75.1	-42.9
<i>Des. m2m</i>	.1	4.5	64.5	-46.7
<i>Des. Palma</i>	1	15.4	279.1	-84.7
<i>Des. Theil</i>	.9	14.7	221.9	-68.9
<b>VARIABLES INDEPENDIENTES</b>				
<i>A. list_comp</i>	4.7	74.02	1691.8	-172.3
<i>P. market_cap</i>	10.78	124.1	3695.6	-283.44
<i>E. market_turn</i>	25.3	358.1	10147.3	-234.3
<i>R. market_ret</i>	-58.1	1277.3	24929.9	-26732.1
<i>Est. price_vol</i>	3	38	565.7	-164
<b>VARIABLES DE CONTROL</b>				
<i>Cont. Inf</i>	5	8.6	115.3	-15.8
<i>Cont. gov</i>	.4	6.6	88.6	-51.9
<i>Cont. trade</i>	1.4	9.9	149	-41.5

Fuente: Elaboración propia.

## 4. Metodología

Para examinar la relación entre las diferentes dimensiones del sector bancario y de las características de los mercados financieros con respecto a la desigualdad del ingreso se especifican los siguientes modelos:

$$income.ineq_{i,t} = b_0 + b_1 Banking.D_{i,t} + b_2 inf_{i,t} + b_3 gov_{i,t} + b_4 trade_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

$$income.ineq_{it} = b_0 + b_1 Fin. Markets + b_2 inf + b_3 gov + b_4 trade + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

De manera específica se estiman diez modelos, cinco modelos para el sector bancario y cinco para los mercados financieros. El modelo empleado como base para analizar la relación entre desigualdad del ingreso y las diferentes dimensiones de los mercados financieros es el siguiente:

$$Des. Gini_{i,t} = b_0 + b_1 A. list_{comp_{i,t}} + b_2 P. market_{cap_{i,t}} + b_3 E. market_{turn_{i,t}} + b_4 R. market_{ret_{i,t}} + b_5 Est. price_{vol_{i,t}} + b_6 Cont. Inf_{i,t} + b_7 Cont. gov_{i,t} + b_8 Cont. trade_{i,t} + u_{it} \quad (3)$$

Dicho modelo se estima cuatro veces más utilizando un índice de desigualdad del ingreso diferente cada vez. Donde  $i$  representa el país y  $t$  el año. Los índices de desigualdad que se emplean son el índice de Gini, el índice de Atkinson, el índice de Theil, la proporción Palma y la proporción Media a Mediana.

Por otro lado, para analizar la relación entre la desigualdad del ingreso y el sector bancario se utiliza la siguiente ecuación:

$$Des.Gini_{i,t} = b_0 + b_1 P.Credit_{i,t} + b_2 E.net\_interest_{i,t} + b_3 E.return_{i,t} + b_4 Estab.Z\_score_{i,t} + b_5 Estab.cred\_dep_{i,t} + b_6 Estru.Conc_{i,t} + b_7 Estru.Lerner_{i,t} + b_8 Cont.Infi_{i,t} + b_9 Cont.gov_{i,t} + b_{10} Cont.trade_{i,t} + u_{it} \quad (4)$$

Al igual que con el modelo anterior este modelo se estima en cinco ocasiones y en cada ocasión se emplea uno de los índices de desigualdad ya mencionados como variables dependientes. El método de estimación que se utiliza es el de Mínimos Cuadrados Ordinarios. Por otro lado, como prueba de robustez se utiliza el método de Mínimo Cuadrados Generalizados Estimados (EGLS) con efectos aleatorios de dos vías. Este método es eficiente cuando se estiman los parámetros de observaciones que muestran heterocedasticidad y cuando además existe cierto grado de correlación entre las variables. El método considera que en algunos casos no se conoce la matriz de covarianza ( $\Sigma$ ). Por lo tanto, esta matriz debe ser estimada. Para obtener dicha matriz se considera el siguiente modelo:

$$y_t = \beta X + u_t \quad (5)$$

Donde  $y_t$  es la variable dependiente,  $\beta$  es el coeficiente a estimar,  $X$  es una matriz  $n * p$  de variables independientes y  $u_t$  es el término de error. Con  $t = 1, \dots, N$ . Al tomar la media de todas las observaciones de la variable dependiente y el término de error. El modelo se transforma en la siguiente expresión:

$$\bar{y} = \beta X + \bar{u} \quad (6)$$

Donde  $\bar{y}$  y  $u$  son los promedios de la variable dependiente y el término de error respectivamente. Por lo tanto, el estimador imparcial de  $\Sigma$  estará dado por la siguiente ecuación:

$$\hat{\Sigma} = (N - 1)^{-1} \sum_{t=1}^N (y_t - \bar{y})(y_t - \bar{y})^T \quad (7)$$

Se conoce que  $\hat{\Sigma}$  es un estimado de  $\Sigma$  entonces el estimado de mínimos cuadrados generalizados para  $\beta$  esta dado por la siguiente ecuación (Sen y Srivastava, 1990):

$$\beta_{EGLS} = (X^T \hat{\Sigma}^{-1} X)^{-1} X^T \hat{\Sigma}^{-1} \bar{y} \quad (8)$$

En este método se asume que el término de error  $u_t$  es un término de perturbación puro. Sin embargo, cuando se considera un método de dos vías el término de error está compuesto por: efectos

individuales no observables, efectos no observables en el tiempo y un término de perturbación pura. Por tanto, el término de error se puede expresar de la siguiente manera:

$$u_{it} = \theta_i + \tau_t + \varepsilon_{it} \quad (9)$$

Donde  $\theta_i$  y  $\tau_t$  son los efectos individuales no observables y efectos no observables en el tiempo respectivamente. Si  $\theta_i$  o  $\tau_t$  es diferente de cero entonces se trata de un modelo de una vía para el componente de error. Si ambos  $\theta_i$  y  $\tau_t$  son diferentes de cero se considera un modelo de dos vías para el componente de error. Existe dos métodos para estimar el término de error de la ecuación (9) efectos fijos y efectos aleatorios. La base de datos que se considera para este análisis está conformada por información a nivel país. Y cada país tiene características específicas propias que no se pueden observar directamente los cuales podrían influir sobre la desigualdad del ingreso. Estas características pueden ser de tipo: cultural y religioso entre otros. Asimismo, existen ciertos factores que ocurren en el tiempo como huelgas, desastres naturales que tampoco se pueden observar directamente. Por otro lado, los resultados de la prueba conjunta de efectos aleatorios correlacionados presentan evidencia en favor del uso de efectos aleatorios de dos vías como se puede observar en las tablas 8 y 10. Por tanto, se considera un modelo de efectos aleatorios de dos vías el cual considera la inclusión de dos variables dummies una para las características específicas de cada país y otra para los efectos del tiempo (Kaizoji y Miyano, 2016). El modelo se expresa de la siguiente forma:

$$y_{i,t} = \theta_i + \tau_t + \beta_1 x_{i,t} + \beta_2 C_{i,t} + \varepsilon_{it} \quad (10)$$

Donde  $\theta_i$  y  $\tau_t$  son los características específicas de cada país y los efectos temporales respectivamente,  $y_{i,t}$  incorpora las variables de desigualdad,  $x_{i,t}$  incluye las variables relacionados al sistema financiero (variables del mercado financiero y del sector bancario) y  $C_{i,t}$  son las variables de control. Por tanto, los modelos a estimar son los siguientes:

$$\begin{aligned} Des. Gini_{i,t} = & b_0 + b_1 A. list_{comp_{i,t}} + b_2 P. market_{cap_{i,t}} + b_3 E. market_{turn_{i,t}} + b_4 R. market_{ret_{i,t}} + \\ & b_5 Est. price_{vol_{i,t}} + b_6 Cont. Inf_{i,t} + b_7 Cont. gov_{i,t} + b_8 Cont. trade_{i,t} + \theta_i + \tau_t + \varepsilon_{it} \end{aligned} \quad (11)$$

para los mercados financieros y

$$\begin{aligned} Des. Gini_{i,t} = & b_0 + b_1 P. Credit_{i,t} + b_2 E. net_{interest_{i,t}} + b_3 E. return_{i,t} + b_4 Estab. Z_{score_{i,t}} + \\ & b_5 Estab. cred_{dep_{i,t}} + b_6 Estru. Conc_{i,t} + b_7 Estru. Lerner_{i,t} + b_8 Cont. Inf_{i,t} + b_9 Cont. gov_{i,t} + \\ & b_{10} Cont. trade_{i,t} + \theta_i + \tau_t + \varepsilon_{it} \end{aligned} \quad (12)$$

para el sector bancario. Ambos modelos se estiman en cinco ocasiones diferentes una vez por cada índice de desigualdad.

## 5. Resultados

Se estimaron cuatro conjuntos de modelos, estos conjuntos se dividen en dos: en el primer conjunto se analiza la relación entre las diferentes dimensiones del sector bancario y la desigualdad del

ingreso, en el segundo conjunto se analiza la relación entre las diferentes características de los mercados financieros y la desigualdad del ingreso. En ambos conjuntos se utilizan los métodos Mínimos Cuadrados Ordinarios y Mínimos Cuadrados Generalizados Estimados con efectos aleatorios de dos vías como prueba de robustez.

**Tabla 7.** Resultados para la muestra del sector bancario empleando el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios

Método: Mínimos Cuadrados Ordinarios.					
	Variables dependientes				
Observaciones:	<i>Des. Atkinson</i>	<i>Des. Gini</i>	<i>Des. m2m</i>	<i>Des. Palma</i>	<i>Des. Theil</i>
1050	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]
Variables					
Variables independientes					
<i>P. Credit</i>	0.0001***	0.00006***	0.00003***	0.0001***	0.0002***
<i>E.net_interest</i>	0.002	0.003	0.0004	0.002	0.004
<i>E.return</i>	0.0005*	0.0002*	0.0002*	0.0007*	0.0007**
<i>Estab.Z_score</i>	0.0001	0.0002	0.00009	0.0003	0.0004
<i>Estab.cred_dep</i>	-0.05**	-0.02	-0.004	-0.05	-0.05*
<i>Estru. Conc</i>	0.002	0.01	0.01	0.01	0.01
<i>Estru. Lerner</i>	0.0005*	0.0002	0.0001	0.0005	0.0005
Variables de control					
<i>Cont. Inf</i>	0.02	0.005	-0.001	0.03	0.04
<i>Cont. gov</i>	0.001	-0.004	-0.005	0.01	-0.01
<i>Cont. trade</i>	-0.04	-0.02	-0.004	-0.004	-0.05
Estadísticas					
$R^2$	0.26	0.16	0.05	0.14	0.31
<i>Durbin – Watson</i>	2.21	2.30	2.15	2.009	2.24

\*\*\*, \*\*, \* Estadísticamente significativo al 1%, 5% y 10% respectivamente.

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 7 se muestran los resultados de las estimaciones que analizan la relación entre las características del sector bancario y la desigualdad del ingreso empleando el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios.

Los resultados para las variables independientes muestran que para la dimensión profundidad la cual esta evaluada por *P. Credit* es estadísticamente significativa al 1% en todos los modelos. Un aumento de 1% en esta variable significa un aumento de la desigualdad del .01%, .006%, .003%, .01% y .02% en la desigualdad del ingreso para los modelos [1], [2], [3], [4] y [5]. La dimensión eficiencia esta evaluada por *E.net\_interest* y *E.return* se encuentra que la primera variable no es estadísticamente significativa. Mientras que la variable *E.return* es estadísticamente significativa al 5% en el modelo [5] y al 10% en los modelos [1], [2], [3] y [4]. Un aumento de 1% en esta variable significa un aumento de .05%, .02%, .02%, .07% y .07% en la desigualdad del ingreso para los modelos [1], [2], [3], [4] y [5] respectivamente. La dimensión estabilidad considera dos variables *Estab.Z\_score* y *Estab.cred\_dep*. Por un lado, la variable *Estab.Z\_score* no es estadísticamente

significativa y por otro lado, *Estab.cred\_dep* es estadísticamente significativa al 5% en el modelo [1] y al 10% en el modelo [5]. Un aumento del 1% para *Estab.cred\_dep* significa una reducción del 5% en la desigualdad del ingreso en el modelo [1] y una reducción del 5% para el modelo [5]; en los modelos [2] [3] y [4] la variable no es estadísticamente significativa. La dimensión estructura del mercado está compuesta por *Estru.Conc* y *Estru.Lerner* de estas variables solo *Estru.Lerner* es estadísticamente significativa al 10% en el modelo [1]. Un aumento de 1% en *Estru.Lerner* conlleva un aumento de .05% de la desigualdad del ingreso.

Los resultados de las variables de control muestran que *Cont.Inf*, *Cont.gov* y *Cont.trade* no son estadísticamente significativas.

**Tabla 8.** Resultados para la muestra del sector bancario empleando el método de Mínimos Cuadrados Generalizados Estimados con efectos aleatorios de dos vías.

Método: Mínimos Cuadrados Generalizados Estimados con efectos aleatorios de dos vías					
	Variables dependientes				
Observaciones:	<i>Des. Atkinson</i>	<i>Des. Gini</i>	<i>Des. m2m</i>	<i>Des. Palma</i>	<i>Des. Theil</i>
1050	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]
Variables					
<i>intercepto</i>	0.001	-0.0005	-0.003*	-0.002	-0.0002
Variables independientes					
<i>P. Credit</i>	0.0001***	0.00006***	0.00003***	0.0001***	0.0002***
<i>E.net_interest</i>	0.002	0.003	0.0008	0.002	0.004
<i>E.return</i>	0.0005**	0.0002*	0.0002*	0.0007*	0.0007**
<i>Estab.Z_score</i>	0.0001	0.0002	0.0001	0.0003	0.0004
<i>Estab.cred_dep</i>	-0.05**	-0.02	-0.001	-0.05	-0.05
<i>Estru.Conc</i>	0.002	0.01	0.01	0.01	0.01
<i>Estru.Lerner</i>	0.0005*	0.0002	0.0001	0.0005	0.0005
Variables de control					
<i>Cont.Inf</i>	0.01	0.006	0.008	0.04	0.04
<i>Cont.gov</i>	-0.00006	-0.004	-0.001	0.02	-0.01
<i>Cont.trade</i>	-0.04*	-0.02	-0.0006	-0.001	-0.05
Estadísticas					
$R^2$	0.26	0.16	0.06	0.14	0.31
<i>Durbin – Watson</i>	2.21	2.3	2.16	2.01	2.24
<i>Prueba conjunta de efectos aleatorios correlacionados</i>	.71	.95	.99	.97	.82

\*\*\*, \*\*, \* Estadísticamente significativo al 1%, 5% y 10% respectivamente.

Fuente: Elaboración propia.

Así mismo, en la tabla 8 se muestran los resultados de las estimaciones que analizan la relación entre las características del sector bancario y la desigualdad del ingreso empleando el método de Mínimos Cuadrados Generalizados Estimados con efectos aleatorios de dos vías.

Los resultados para las variables independientes muestran que para la dimensión profundidad la cual esta evaluada por *P. Credit* es estadísticamente significativa al 1% en todos los

modelos. Un aumento de 1% en esta variable significa un aumento de la desigualdad del .01%, .006%, .003%, .01% y .02% en la desigualdad del ingreso para los modelos [6], [7], [8], [9] y [10]. La dimensión eficiencia esta evaluada por *E.net\_interest* y *E.return*; los resultados muestran que la primera variable no es estadísticamente significativa. Mientras que la variable *E.return* es estadísticamente significativa al 5% en los modelos [6] y [10] y al 10% en los modelos [7], [8] y [9]. Un aumento de 1% para esta variable significa un aumento de .05%, .02%, .02%, .07% y .07% en la desigualdad del ingreso en los modelos [6], [7], [8], [9] y [10]. La dimensión estabilidad considera dos variables *Estab.Z\_score* y *Estab.cred\_dep*. La variable *Estab.Z\_score* no es estadísticamente significativa. Por otro lado, *Estab.cred\_dep* es estadísticamente significativa al 5% en el modelo [6]. Un aumento del 1% para *Estab.cred\_dep* significa una reducción de la desigualdad del ingreso del 5% para el modelo [6]. La dimensión estructura del mercado está compuesta por *Estru.Conc* y *Estru.Lerner* de estas variables solo *Estru.Lerner* es estadísticamente significativa al 10% en el modelo [6]. Un aumento de 1% en *Estru.Lerner* conlleva un aumento de .05% de la desigualdad del ingreso.

Los resultados de las variables de control muestran que *Cont.Inf* y *Cont.gov* no son estadísticamente significativas. Mientras que la variable *Cont.trade* tiene el signo esperado y es estadísticamente significativa al 10% en el modelo [6].

Los resultados de ambas estimaciones coinciden en lo general. Encontrándose que para ambas estimaciones y para todas las medidas de desigualdad del ingreso la variable *P.Credit* aporta evidencia a favor de la hipótesis de aumento de la desigualdad. Así mismo, la variable *E.return* la cual analiza la dimensión eficiencia, aporta evidencia a favor de la hipótesis del aumento de la desigualdad cuando consideramos ambos métodos de estimación. Por otro lado, los resultados empleando los dos modelos coinciden en que la variable *Estab.cred\_dep* aporta evidencia a favor de la hipótesis de la reducción de la desigualdad. Mientras que para la variable *Estru.Lerner* se observa un aumento de la desigualdad del ingreso cuando disminuye el nivel de competencia en el sector bancario.

**Tabla 9.** Resultados de la muestra mercados financieros empleando el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios

Método: Mínimos Cuadrados Ordinarios					
	Variables dependientes				
Observaciones:	<i>Des. Atkinson</i>	<i>Des. Gini</i>	<i>Des. m2m</i>	<i>Des. Palma</i>	<i>Des. Theil</i>
798	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]
Variables					
Variables independientes					
<i>A.list_comp</i>	0.02***	0.01***	0.007***	0.03***	0.03***
<i>P.market_cap</i>	0.0003	-0.001	-0.0009	-0.002	-0.005
<i>E.market_turn</i>	-0.0009	-0.0005	-0.0004	-0.001	-0.001
<i>R.market_ret</i>	0.00008	0.00005	0.00001	0.0001	0.0001
<i>Est.price_vol</i>	-0.007	-0.006	-0.002	-0.01	-0.01
Variables de control					
<i>Cont.Inf</i>	0.06*	0.03	0.01	0.1*	0.12**
<i>Cont.gov</i>	0.04	0.002	0.01	0.1	0.03



<i>Cont. trade</i>	-0.07	-0.04**	-0.01	-0.009	-0.07
<b>Estadísticas</b>					
$R^2$	0.04	0.03	0.01	0.03	0.05
<i>Durbin – Watson</i>	2.22	2.19	2.20	1.98	2.24

\*\*\*, \*\*, \* Estadísticamente significativo al 1%, 5% y 10% respectivamente.

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de la estimación empleando las características de los mercados financieros con el método de estimación Mínimos Cuadrados Ordinarios se muestran en la tabla 9. Los resultados para las variables independientes se muestran a continuación. La variable *A.list\_comp* que corresponde a la dimensión acceso, es estadísticamente significativa al 1% en todo los modelos. Un aumento de 1% en esta variable significa un aumento del 2%, 1%, .7%, 3% y 3% en la desigualdad del ingreso en los modelos [11], [12], [13], [14] y [15] respectivamente. El resto de las dimensiones consideradas: profundidad, eficiencia, rentabilidad y estabilidad no son estadísticamente significativas. En cuanto a las variables de control *Cont. Inf* es estadísticamente significativa al 5% en el modelo [15] y al 10% en los modelos [11] y [14]. *Cont. Inf* muestra el signo esperado. Por otro lado, *Cont. gov* y *Cont. trade* no son estadísticamente significativas.

**Tabla 10.** Resultados de la muestra mercados financieros empleando el método de Mínimos Cuadrados Generalizados Estimados con efectos aleatorios de dos vías.

Método: Mínimos Cuadrados Generalizados Estimados con efectos aleatorios de dos vías					
	Variables dependientes				
Observaciones: 798	<i>Des. Atkinson</i> [16]	<i>Des. Gini</i> [17]	<i>Des. m2m</i> [18]	<i>Des. Palma</i> [19]	<i>Des. Theil</i> [20]
<b>Variables</b>					
<i>intercepto</i>	-0.002	-0.002	-0.003*	-0.005	-0.006
<b>Variables independientes</b>					
<i>A.list_comp</i>	0.02***	0.01***	0.007***	0.03***	0.03***
<i>P.market_cap</i>	0.005	0.001	0.001	0.003	0.007
<i>E.market_turn</i>	-0.0008	0.0005	-0.0004	-0.001	-0.001
<i>R.market_ret</i>	0.00009	0.00005	-0.000002	0.0001	0.0001
<i>Est.price_vol</i>	-0.006	-0.005	-0.002	-0.01	-0.008
<b>Variables de control</b>					
<i>Cont. Inf</i>	0.08*	0.05**	0.02	0.13**	0.15***
<i>Cont. gov</i>	0.04	0.007	0.01	0.1	0.04
<i>Cont. trade</i>	-0.05	-0.03*	-0.01	-0.003	-0.07
<b>Estadísticas</b>					
$R^2$	0.04	0.03	0.02	0.03	0.05
<i>Durbin – Watson</i>	2.22	2.19	2.21	1.98	2.23
<i>Prueba conjunta de efectos aleatorios correlacionados</i>	0.99	0.94	0.96	0.99	0.98

\*\*\*, \*\*, \* Estadísticamente significativo al 1%, 5% y 10% respectivamente.

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de la estimación empleando variables de los mercados financieros con el método de estimación Mínimos Cuadrados Generalizados Estimados con efectos aleatorios de dos vías se muestran en la tabla 10. Los resultados para las variables independientes se muestran a continuación. La variable *A.list\_comp* que corresponde a la dimensión acceso, es estadísticamente significativa al 1% en los cinco modelos. Un aumento de 1% en esta variable significa un aumento del 2%, 1%, .7%, 3% y 3% en la desigualdad del ingreso en los modelos [16], [17], [18], [19] y [20] respectivamente. Las dimensiones: profundidad, eficiencia, estabilidad y rentabilidad no son estadísticamente significativas. En cuanto a las variables de control *Cont.Inf* cuenta con el signo esperado y es estadísticamente significativa al 1% en el modelo [20], al 5% en los modelos [17] y [19] y al 10% en el modelo [16]. Mientras que *Cont.gov* no es estadísticamente significativa. Por otro lado, la variable *Cont.trade* es estadísticamente significativa al 10% en el modelo [17], la variable exhibe el signo esperado.

Por tanto, los resultados para la variable *A.list\_comp* aportan evidencia que apoya la hipótesis de un aumento de la desigualdad del ingreso. Por otro lado, para el resto de las dimensiones no se encontró evidencia significativa que apoye a alguna de las hipótesis en estudio. Estos resultados concuerdan con los obtenidos con el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios. Cabe mencionar que en los resultados de las estimaciones de la muestra mercado financieros se obtuvieron coeficientes de determinación bajos. Por tanto, se considera que el sector bancario tiene un mayor impacto sobre la desigualdad del ingreso debido a que exhibe coeficientes de determinación más altos.

En resumen, se encuentra que la dimensión profundidad tiene una relación positiva con la desigualdad del ingreso. La dimensión profundidad del sector bancario evaluada por la variable *P.Credit* muestra evidencia de una relación positiva con las medidas de desigualdad del ingreso. Para la dimensión eficiencia se encontró evidencia de una relación positiva entre la variable del sector bancario *E.return* y la desigualdad del ingreso. En el caso de la dimensión acceso para los mercados financieros representada por la variable *A.list\_comp* presenta evidencia a favor de una relación positiva con respecto de la desigualdad del ingreso. En cuanto a la dimensión estabilidad del sector bancario existe evidencia de una relación negativa entre *Estab.cred\_dep* y la desigualdad del ingreso. Por último, los resultados de la variable *Estru.Lerner* muestran evidencia de que existe un aumento de la desigualdad del ingreso cuando disminuye el nivel de competencia en el sector bancario. Cabe destacar que en solo un modelo de los cinco que se estimaron; las variables *Estab.cred\_dep* y *Estru.Lerner* son estadísticamente significativas cuando se emplea el método de Mínimos Cuadrados Generalizados Estimados con efectos aleatorios de dos vía. Mientras que *P.Credit*, *E.return*, y *A.list\_comp* son estadísticamente significativos en todos los modelos.

Por otro lado, los resultados antes mencionados tanto para el sector bancario como para los mercados financieros no coinciden con los obtenidos en el trabajo de Zhang y Naceur (2019) ellos examinan las dimensiones: profundidad, acceso, eficiencia, liberalización y estabilidad. Sus resultados muestran que todas las dimensiones con excepción de liberalización aportan evidencia a favor de la hipótesis de reducción de la desigualdad. De igual manera en el trabajo de Meniago y Asongu (2019) el cual se enfoca en países africanos se consideran las dimensiones: profundidad, eficiencia, estabilidad y actividad. Ellos encuentran que todas las dimensiones con la excepción de la dimensión estabilidad tienen un efecto reductor de la desigualdad. En contraste, los resultados de los trabajos Seven y Coskun (2016), de Haan y Sturm (2016) y Chiu y Lee (2019) concuerdan con los

obtenidos en la presente investigación. Cabe mencionar que los trabajos de Seven y Coskun (2016) y de Haan y Sturm (2016) consideran una sola dimensión del sistema financiero y no hace una distinción entre el sector bancario y los mercados financieros. Por otro lado, el trabajo de Chiu y Lee (2019) estudia la relación no lineal entre desarrollo del sistema financiero y desigualdad del ingreso, ellos encuentran evidencia de que el desarrollo financiero aumenta la desigualdad del ingreso para países de bajos ingresos.

Por últimos los resultados de la dimensión estructura de mercado del sector bancario concuerdan con el trabajo de Hsieh, Chen y Lin (2019) es decir encuentran evidencia de una relación positiva entre menor nivel de competencia en el sector bancario y la desigualdad del ingreso.

## 6. Conclusiones

Se analizó la relación entre desigualdad del ingreso y las diferentes dimensiones del sector bancario. De igual manera, se evalúa el nexo entre la desigualdad del ingreso y las características de los mercados financieros. Para lo cual, se emplearon los métodos econométricos: Mínimos Cuadrados Ordinarios y Mínimos Cuadrados Generalizados Estimados con efectos aleatorios de dos vías. Se estimaron cinco modelos diferentes uno por cada medida de desigualdad. El período que se analiza es del año 1999 al 2012. Para el análisis se consideran dos muestras: la primera está compuesta por 75 países para las dimensiones del sector bancario y la segunda muestra comprende 57 países para las características del mercado financiero. Los resultados para los mercados financieros muestran que la dimensión acceso aporta evidencia a favor de la hipótesis de un aumento de la desigualdad del ingreso. Por otro lado, los resultados para el sector bancario indican que para las dimensiones profundidad y eficiencia existe evidencia a favor de la hipótesis de un aumento de la desigualdad del ingreso. Por el contrario, la dimensión estabilidad presenta evidencia a favor de la hipótesis de la disminución de la desigualdad del ingreso. Así mismo, se encuentra evidencia de una relación positiva entre menores niveles de competencia y la desigualdad del ingreso. Esto significa que mayor competencia está relacionada con una menor desigualdad del ingreso. Por otro lado, se encuentra que el sector bancario tiene índices de correlación más altos que los encontrados para los mercados financieros.

En contraste con otras investigaciones como las de Meniago y Asongu (2019) y Zhang y Naceur (2019) donde se encuentra que todas las dimensiones del sistema financiero reducen la desigualdad del ingreso. De acuerdo a la evidencia encontrada en esta investigación, se debe reconsiderar el papel del sector bancario sobre todo en cuanto a la dimensión profundidad. Ya que la dimensión profundidad tiene el efecto de aumentar la desigualdad. Por tanto, se debería garantizar condiciones equitativas en la utilización de los servicios financieros, asimismo, mejorar el acceso y la calidad de la información acerca de los mismos. Por otro lado, alcanzar un alto nivel de educación financiera debe ser una prioridad para los países. Debido a que el sistema financiero es una espada de doble filo; el uso correcto de los servicios que este provee, permite a los individuos financiar sus proyectos, mientras que su mal uso puede derivar en problemas financieros. Por tanto, un mejor acceso a la información y un mayor nivel de educación financiera permitirá a los individuos aprovechar de manera eficiente los servicios financieros. Así mismo, esta situación puede estar asociado a un acceso desigual al crédito otorgado por parte del sector bancario. Una limitante de esta investigación es no incluir la dimensión acceso para el sector bancario, sin embargo, los datos no

estaban disponibles para el período de tiempo considerado en la investigación. Por tanto, sería importante analizar el efecto del acceso al sector bancario sobre la desigualdad del ingreso. Por otro lado, también sería de interés examinar la relación entre desigualdad del ingreso y las diferentes dimensiones del sistema financiero utilizando diferentes subconjuntos de países.

## Referencias

- [1] Agnello, L., Mallick, S. K., y Sousa, R. M. (2012). Financial reforms and income inequality. *Economics Letters*, 116(3), 583–587. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2012.06.005>
- [2] Altunbaş, Y. y Thornton, J. (2019). The impact of financial development on income inequality: A quantile regression approach. *Economics Letters*, 175, 51–56. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2018.12.030>
- [3] Banerjee, A. V. y Newman, A. F. (1993). Occupational Choice and the Process of Development. *Journal of Political Economy*, 101(2), 274–298. <https://doi.org/10.1086/261876>
- [4] Beck, T., de Jonghe, O. y Schepens, G. (2013). Bank Competition and Stability: Cross-Country Heterogeneity. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.1890674>
- [5] Beck, T., Demirgüç-Kunt, A. y Levine, R. (2007). Finance, inequality and the poor. *Journal of Economic Growth*, 12(1), 27–49. <https://doi.org/10.1007/s10887-007-9010-6>
- [6] Birdsall, N. y Meyer, C. J. (2015). The Median is the Message: A Good Enough Measure of Material Wellbeing and Shared Development Progress. *Global Policy*, 6(4), 343–357. <https://doi.org/10.1111/1758-5899.12239>
- [7] Bjørnskov, C. (2015). Growth, Inequality and Economic Freedom: Evidence from the US States. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2684730>
- [8] Boix, C. (2008). Economic Roots of Civil Wars and Revolutions in the Contemporary World. *World Politics*, 60(3), 390–437. <https://doi.org/10.1017/s0043887100009047>
- [9] Boyd, J. H. y de Nicoló, G. (2005). The Theory of Bank Risk Taking and Competition Revisited. *The Journal of Finance*, 60(3), 1329–1343. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.2005.00763.x>
- [10] Chiu, Y. B. y Lee, C. C. (2019) Financial development, income inequality, and country risk. *Journal of International Money and Finance* <https://doi.org/10.1016/j.jimonfin.2019.01.001>
- [11] Clarke, G. R. G., Xu, L. C. y Zou, H. (2006). Finance and Income Inequality: What Do the Data Tell Us? *Southern Economic Journal*, 72(3), 578. <https://doi.org/10.2307/20111834>
- [12] Cobham, A., Schlögl, L. y Sumner, A. (2016). Inequality and the Tails: the Palma Proposition and Ratio. *Global Policy*, 7(1), 25–36. <https://doi.org/10.1111/1758-5899.12320>
- [13] de Haan, J. y Sturm, J.-E. (2016). Finance and Income Inequality: A Review and New Evidence. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2866399>
- [14] Deininger, K. y Squire, L. (1998). New ways of looking at old issues: inequality and growth. *Journal of Development Economics*, 57(2), 259–287. [https://doi.org/10.1016/s0304-3878\(98\)00099-6](https://doi.org/10.1016/s0304-3878(98)00099-6)
- [15] Demirgüç-Kunt, A. y Levine, R. (2009). Finance And Inequality: Theory And Evidence. *Policy Research Working Papers*. <https://doi.org/10.3386/w15275>
- [16] Denk, O. y Cournede, B. (2015). Finance and Income Inequality in OECD Countries. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.1787/5js04v5jm2hl-en>
- [17] Dollar, D. y Kraay, A. (2004). Growth is Good for the Poor. *Growth, Inequality, and Poverty*, 29–61. <https://doi.org/10.1093/0199268657.003.0002>

- [18] Galor, O. y Zeira, J. (1993). Income Distribution and Macroeconomics. *The Review of Economic Studies*, 60(1), 35. <https://doi.org/10.2307/2297811>
- [19] Gimet, C. y Lagoarde-Segot, T. (2011). A closer look at financial development and income distribution. *Journal of Banking & Finance*, 35(7), 1698–1713. <https://doi.org/10.2139/ssrn.1757876>
- [20] Goodin, R. y Dryzek, J. (1980). Rational Participation: The Politics of Relative Power. *British Journal of Political Science*, 10(3), 273–292. <https://doi.org/10.1017/s0007123400002209>
- [21] Hamori, S. y Hashiguchi, Y. (2012). The effect of financial deepening on inequality: Some international evidence. *Journal of Asian Economics*, 23(4), 353–359. <https://doi.org/10.1016/j.asieco.2011.12.001>
- [22] Hsieh, J., Chen, T.-C. y Lin, S.-C. (2019). Financial structure, bank competition and income inequality. *The North American Journal of Economics and Finance*, 48, 450–466. <https://doi.org/10.1016/j.najef.2019.03.006>
- [23] Jauch, S. y Watzka, S. (2015). Financial development and income inequality: a panel data approach. *Empirical Economics*, 51(1), 291–314. <https://doi.org/10.1007/s00181-015-1008-x>
- [24] Johansson, A. C. y Wang, X. (2014). Financial sector policies and income inequality. *China Economic Review*, 31, 367–378. <https://doi.org/10.1016/j.chieco.2014.06.002>
- [25] Kunieda, T., Okada, K. y Shibata, A. (2013). Finance and inequality: how does globalization change their relationship? *Macroeconomic Dynamics*, 18(05), 1091–1128 <https://doi.org/10.1017/s1365100512000843>
- [26] Lahoti, R., Jayadev, A. y Reddy, S. (2016). The Global Consumption and Income Project (GCIP): An Overview. *Journal of Globalization and Development*, 7(1). <https://doi.org/10.1515/jgd-2016-0025>
- [27] Meniago, C. y Asongu, S. A. (2018). Revisiting the finance-inequality nexus in a panel of African countries. *Research in International Business and Finance*, 46, 399–419. <https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2018.04.012>
- [28] Nollert, M., (1995). Neocorporatism and political protest in the western democracies: A cross-national analysis. J.C., Jenkins y B. Klandermans, *The Politics of Social Protest: Comparative Perspectives on States and Social Movements* (pp. 68-81), London: University College of London Press.
- [29] Rajan, R. G. y Zingales, L. (2003). The great reversals: the politics of financial development in the twentieth century. *Journal of Financial Economics*, 69(1), 5–50. [https://doi.org/10.1016/s0304-405x\(03\)00125-9](https://doi.org/10.1016/s0304-405x(03)00125-9)
- [30] Ravallion, M. (2004). Growth, Inequality, and Poverty: Looking Beyond Averages. *Growth, Inequality, and Poverty*, 62–80. <https://doi.org/10.1093/0199268657.003.0003>
- [31] Rice, T. y Strahan, P. E. (2010). Does Credit Competition Affect Small-Firm Finance? *The Journal of Finance*, 65(3), 861–889. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.2010.01555.x>
- [32] Schaeck, K., Cihak, M. y Wolfe, S. (2009). Are Competitive Banking Systems More Stable? *Journal of Money, Credit and Banking*, 41(4), 711–734. <https://doi.org/10.1111/j.1538-4616.2009.00228.x>
- [33] Sehrawat, M., y Giri, A. K. (2015). Financial development and income inequality in India: an application of ARDL approach. *International Journal of Social Economics*, 42(1), 64–81. <https://doi.org/10.1108/ijse-09-2013-0208>
- [34] Seven, U. y Coskun, Y. (2016). Does financial development reduce income inequality and poverty? Evidence from emerging countries. *Emerging Markets Review*, 26, 34–63. <https://doi.org/10.1016/j.ememar.2016.02.002>
- [35] Solt, F. (2008). Economic Inequality and Democratic Political Engagement. *American Journal of Political Science*, 52(1), 48–60. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5907.2007.00298.x>
- [36] Solt, F. (2015). Economic Inequality and Nonviolent Protest. *Social Science Quarterly*, 96(5), 1314–1327. <https://doi.org/10.1111/ssqu.12198>
- [37] Stiglitz, J.E. (2009). The anatomy of a murder: Who killed America's economy? *Critical Review* 21, 329–339. <https://doi.org/10.9783/9780812204933.139>

- [38] Thornton, J. y di Tommaso, C. (2020). The long-run relationship between finance and income inequality: Evidence from panel data. *Finance Research Letters*, 32, 101180. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2019.04.036>
- [39] von Ehrlich, M. y Seidel, T. (2015). Regional implications of financial market development: Industry location and income inequality. *European Economic Review*, 73, 85–102. <https://doi.org/10.1016/j.eurocorev.2014.10.008>
- [40] White, H. y Anderson, E. (2001). Growth versus Distribution: Does the Pattern of Growth Matter? *Development Policy Review*, 19(3), 267–289. <https://doi.org/10.1111/1467-7679.00134>
- [41] Zhang, R. y Naceur, S. B. (2019). Financial development, inequality, and poverty: Some international evidence. *International Review of Economics & Finance*, 61, 1–16. <https://doi.org/10.5089/9781498359283.001>

## Apéndice

**Tabla 1.** Países que conforman la muestra del sector bancario

1. Albania	26. Georgia	51. Paraguay
2. Argentina	27. Alemania	52. Perú
3. Armenia	28. Grecia	53. Filipinas
4. Austria	29. Honduras	54. Polonia
5. Bielorrusia	30. Hungría	55. Portugal
6. Bélgica	31. India	56. Rumania
7. Bolivia	32. Indonesia	57. Federación Rusa
8. Brasil	33. Irlanda	58. Ruanda
9. Bulgaria	34. Israel	59. Senegal
10. Burkina Faso	35. Italia	60. Serbia
11. Camboya	36. Kazajstán	61. Singapur
12. Camerún	37. Letonia	62. Eslovenia
13. Chile	38. Lituania	63. Sudáfrica
14. Colombia	39. Luxemburgo	64. España
15. Costa Rica	40. Madagascar	65. Sri Lanka
16. Croacia	41. México	66. Suecia
17. Chipre	42. Moldavia	67. Suiza
18. República Checa	43. Mongolia	68. Tanzania
19. Dinamarca	44. Montenegro	69. Tailandia
20. República Dominicana	45. Países Bajos	70. Turquía
21. Ecuador	46. Nueva Zelanda	71. Uganda
22. El Salvador	47. Níger	72. Ucrania
23. Estonia	48. Noruega	73. Estados Unidos
24. Finlandia	49. Pakistán	74. Uruguay
25. Francia	50. Panamá	75. Vietnam

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 2.** Países que conforman la muestra mercados financieros

1. Argentina,	20. Hungría	39. Polonia
2. Austria	21. India	40. Portugal
3. Bélgica	22. Indonesia	41. Federación Rusa
4. Brasil	23. Irlanda	42. Ruanda

5. Bulgaria	24. Israel	43. Serbia
6. Chile	25. Italia	44. Singapur
7. China	26. Kazajstán	45. Eslovenia
8. Colombia	27. Letonia	46. Sudáfrica
9. Costa Rica	28. Lituania	47. España
10. Croacia	29. Luxemburgo	48. Sri Lanka
11. Chipre	30. México	49. Suecia
12. República Checa	31. Mongolia	50. Suiza
13. Dinamarca	32. Países Bajos	51. Tanzania
14. Ecuador	33. Nueva Zelanda	52. Tailandia
15. Estonia	34. Noruega	53. Turquía
16. Finlandia	35. Pakistán	54. Ucrania
17. Francia	36. Panamá	55. Reino Unido
18. Alemania	37. Perú	56. Estados Unidos
19. Grecia	38. Filipinas	57. Vietnam

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 3.** Matriz de correlación para la muestra del sector bancario con la variable *Des. Atkinson* como variable dependiente

	<i>Des. Atkin</i>	<i>Estru. Co</i>	<i>Estab. cr</i>	<i>E. net in</i>	<i>E. return</i>	<i>Estab. Z</i>	<i>P. Credit</i>	<i>Cont. gov</i>	<i>Cont. Inf</i>	<i>Estru. Le</i>	<i>Cont. tra</i>
<i>Des. Atkin</i>	1	0.025	-0.039	-0.004	0.021	0.003	0.425	-0.006	0.022	0.040	-0.034
<i>Estru. Co</i>	0.025	1	-0.055	-0.085	0.016	-0.021	-0.004	0.021	-0.050	-0.102	-0.042
<i>Estab. cre</i>	-0.039	-0.055	1	-0.025	0.005	-0.004	0.025	-0.013	0.019	0.006	0.007
<i>E. net int</i>	-0.004	-0.085	-0.025	1	0.045	0.007	-0.008	-0.033	0.086	0.023	0.014
<i>E. return</i>	0.021	0.016	0.005	0.045	1	-0.002	0.002	-0.016	0.003	-0.016	0.127
<i>Estab. Z_s</i>	0.003	-0.021	-0.004	0.007	-0.002	1	.00007	-0.012	-0.003	0.024	0.014
<i>P. Credit</i>	0.425	-0.004	0.0256	-0.008	0.002	.00007	1	-0.014	0.025	-0.001	0.012
<i>Cont. gov</i>	-0.006	0.021	-0.013	-0.033	-0.016	-0.012	-0.014	1	-0.045	-0.011	-0.164
<i>Cont. Inf</i>	0.022	-0.050	0.019	0.086	0.003	-0.003	0.025	-0.045	1	-0.008	0.132
<i>Estru. Le</i>	0.040	-0.102	0.006	0.023	-0.016	0.024	-0.001	-0.011	-0.008	1	-0.012
<i>Cont. trad</i>	-0.034	-0.042	0.007	0.014	0.127	0.014	0.012	-0.164	0.132	-0.012	1

Fuente: elaboración propia

**Tabla 4.** Matriz de correlación para la muestra de mercados financieros con la variable *Des. Atkinson* como variable dependiente

	<i>Des. Atkins</i>	<i>A. list_com</i>	<i>P. market ca</i>	<i>R. market r</i>	<i>Est. price v</i>	<i>E. market tu</i>	<i>Cont. go</i>	<i>Cont. In</i>	<i>Cont. trad</i>
<i>Des. Atkinson</i>	1	0.160	0.019	0.004	0.010	-0.004	0.020	0.046	-0.038
<i>A. list_comp</i>	0.160	1	0.044	-0.0002	-0.008	0.112	0.011	0.030	0.016
<i>P. market_ca</i>	0.019	0.044	1	0.031	-0.048	0.003	-0.050	-0.0003	0.037
<i>R. market_re</i>	0.004	-0.0002	0.031	1	0.008	0.008	-0.023	-0.023	-0.046
<i>Est. price_vo</i>	0.010	-0.008	-0.048	0.008	1	0.0002	0.081	0.084	-0.116
<i>E. market_tu</i>	-0.004	0.112	0.003	0.008	0.0002	1	-0.002	-0.0006	-0.026
<i>Cont. gov</i>	0.020	0.011	-0.050	-0.023	0.081	-0.002	1	-0.076	-0.210
<i>Cont. Inf</i>	0.046	0.030	-0.0003	-0.023	0.0845	-0.0006	-0.076	1	0.180
<i>Cont. trade</i>	-0.038	0.016	0.037	-0.046	-0.116	-0.026	-0.210	0.180	1

Fuente: elaboración propia

## Opciones reales secuenciales cuadrinomiales y volatilidad cambiante: incertidumbres tecnológicas

Gastón S. Milanesi<sup>1</sup> - Universidad Nacional del Sur, Argentina & Universidad de Buenos Aires,  
Argentina & Universidad Tecnológica Nacional, Argentina

### Resumen

Las inversiones en biotecnologías para el desarrollo de vacunas se caracterizan por ser un proceso de etapas secuenciales, desde su desarrollo hasta el lanzamiento comercial, con múltiples fuentes de incertidumbre, destacándose el riesgo tecnológico y de mercado. Estas características hacen que modelos como los árboles de decisión y opciones reales binomiales, no sean apropiados. El trabajo desarrolla un modelo numérico de valoración para este tipo de inversiones, con distribución de probabilidad cuatrinomial, caracterizando los riesgos tecnológicos y de mercado, opciones secuenciales y volatilidad cambiante. Es usado el método de análisis de casos con un proyecto de inversión de opciones secuenciales de desarrollo de un fármaco y posterior lanzamiento al mercado. El proyecto es valuado con el modelo propuesto y comparado su resultado con las clásicas alternativas. Los resultados obtenidos exponen la superior capacidad del modelo para valorar opciones secuenciales con múltiples fuentes de incertidumbre y volatilidad cambiante. Este es una herramienta de valuación sencilla y versátil, sin la complejidad y refinamiento de otras propuestas analíticas.

*Clasificación JEL: G13, G31.*

*Palabras clave: Biotecnología, opciones secuenciales, cuatrinomial, volatilidad cambiante, opciones arco iris.*

## Quadranomial Sequential Real Options with Changing Volatility: Technological Uncertainties

### Abstract

The investments in biotechnologies for vaccine development characterizes by a set of sequential stages, from its development to the market launch, with multiple sources of uncertainty, highlight technological and market risks. These characteristics made that models like decision tree analysis and binomial real options, they won't be appropriated. The paper develops a valuation numerical model for this type of investment, with quadranomial probability distribution, characterizing technological and market risk, sequential options and changing volatility. The cases analysis method with a sequential options investment project relative of drug's development and later market launch is used. The project is valued with the proposed model and compared with the classical alternatives. The obtained results expose the higher capacity for valuing multiples sources of uncertainty and changing volatility of the model. This is a simple and versatile valuation tool, without complexity and refinement of other analytic proposals.

*JEL Classification: G13, G31.*

*Keywords: Biotechnology, sequential options, quadranomial, changing volatility, rainbow options.*

<sup>1</sup> Autor de correspondencia. Departamento Ciencias de la Administración, Universidad Nacional del Sur; CEA, Centro de Estudios en Administración, Universidad Nacional del Sur; CEPAF Centro de Estudios para Análisis Financiero, Facultad de Ciencias Económicas Universidad de Buenos Aires; Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Bahía Blanca, Departamento de Licenciatura en Organización Industrial. Correo electrónico: milanesi@uns.edu.ar

\*Sin fuente de financiamiento para el desarrollo de la investigación



## 1. Introducción

La valoración de proyectos motivados en estrategias de desarrollo de nuevas tecnologías o productos involucran un conjunto de pasos. En tal sentido, el planteo extensivo usando árboles de decisiones o rejillas binomiales constituyen una herramienta de suma utilidad, para la resolución analítica del problema de opciones secuenciales. Los desarrollos de proyectos de inversión sobre nuevas tecnologías involucran varias fuentes de incertidumbre siendo los principales el de mercado y el tecnológico u operativo. Un caso típico de valoración de proyectos con opciones secuenciales en tecnología lo constituye el desarrollo de nuevos fármacos. Por lo general comienzan con el diseño en laboratorio, prototipo, autorizaciones, experimento de campo, validación, producción y distribución demanda tiempo, recursos y del éxito de cada una de las etapas. La comercialización del medicamento es la etapa final supeditada a la posterior a la resolución de las incertidumbres tecnológicas y de mercado propias del proyecto.

La toma de decisiones en condiciones de incertidumbre relativa a estos proyectos, implica analizar un conjunto de indicadores y las consecuencias potenciales derivadas de la inversión. Entre los indicadores se encuentran las medidas financieras, donde el resultado surge a partir de la diferencia entre el valor actual esperado de los resultados y las inversiones secuenciales futuras considerando riesgos tecnológicos y de mercado. Estas medidas entendidas como modelos financieros persiguen dos objetivos genéricos: a) modelar el comportamiento futuro de las variables que explican el valor económico de la inversión; b) simplificar la compleja información del modelo en parámetros para la toma de decisiones desde la perspectiva financiera. La valoración de proyecto con decisiones secuenciales, requiere de herramientas que exceden a la simple aritmética del valor actual neto. Además de los conocidos árboles de decisiones (DTA, *decisión tree analysis*), se encuentran los modelos de opciones reales (RO, *real options*), siendo los últimos la herramienta apropiada para este tipo de proyectos. Esto es así ya que la valoración financiera mediante árboles de decisión presenta la inconsistencia de valorar diferentes estrategias asociadas al proyecto, con la misma tasa de costo de capital, sin perjuicio de que los diferentes cursos de acción presentan diferentes riesgos conforme señala la literatura (Smith y Nau, , 1995); (Copeland y Tufano, 2004). El enfoque de opciones reales resuelve el problema ajustando por riesgo los flujos del proyecto mediante coeficientes equivalentes ciertos o parámetros estocásticos<sup>2</sup>. Desde el modelo binomial tradicional se desarrollaron un conjunto de métodos numéricos para la resolución de opciones secuenciales (Trigeorgis, 1995); (Trigeorgis, 1997); (Amram, y Kulatilaka, 1998); (Copeland y Antikarov, 2003); (Shockley, Curtis, Jafari y Tibbs, 2003); (Smit y Trigeorgis, 2004); (Shockley, 2006); (Graeme, 2009); (Brandao y Dyer; 2009); (Num, 2015); (Salahaldin, 2016). El modelo binomial tradicional engloba en una única y constante cifra, el parámetro de volatilidad, a todas las fuentes de incertidumbre del proyecto; asumiendo una distribución de probabilidad normal calculada con técnicas de simulación (Smith, 2005); (Chance, 2007); (Haahtela, 2011); (Brandao, Dyer y Hahn, 2012); (Pareja Vasseur, Prada Sánchez, y Moreno Escobar, 2019); (Milanesi, 2019).

---

<sup>2</sup> Los parámetros  $N(\cdot)$  del modelo Black y Scholes, como los coeficientes equivalentes ciertos para el enfoque binomial, para un excelente desarrollo ver (Nielsen, 1992)

El trabajo presenta como objetivo elaborar un modelo de valuación para opciones secuenciales, en particular, para proyectos como los biotecnológicos, con fuentes de incertidumbre tecnológicas y de mercado. Se propone un modelo versátil que resuelva el desafío de valorar fuente de incertidumbre y al mismo tiempo brindar un tratamiento dinámico a la volatilidad de mercado. En efecto se valoran opciones secuenciales a partir del modelo cuatrinomial de opciones exóticas tipo arco iris, o conocido como de múltiple fuente de incertidumbre, con volatilidad de mercado cambiante, modelada mediante simulación. El funcionamiento del modelo se ilustra tomando como unidad de análisis el caso presentado por Shockley, Curtis, Jafari y Tibbs (2003) y debatido por Brous, (2011). Se trata de un proyecto destinado al desarrollo de una vacuna en donde las secuencias y protocolos demandan cinco etapas de decisión. Estas etapas presentan exposición a incertidumbre tecnológica y de mercado, sujetas a plazos, pruebas y regulaciones propias de este tipo de proyectos. A título comparativo se discute los plazos involucrados cuando se aceleran las etapas y regulaciones, en donde los tiempos resultan comprimidos de 60 meses a 18 meses, frente a la necesidad de rápidas respuestas como en el caso de pandemias o necesidades sociales prioritarias.

La estructura del trabajo es la siguiente: la sección 2 se introducen conceptos relativos a innovación, fuentes de incertidumbres y un breve análisis entre las características del mercado de proyectos biotecnológicos en mercados desarrollados como emergentes. En este último aspecto los mercados desarrollados se caracterizan por su oferta de capitales, flexible ambiente regulatorio y contexto sinérgico de empresas para el desarrollo privado en condiciones normales de este tipo de alternativas. Los mercados emergentes requieren del apoyo de los gobiernos y políticas públicas mediante consorcios públicos privados (universidades, agencias de investigación, empresas) para el desarrollo de este tipo de proyectos. Estos son fuertes argumentos que justifican el desarrollo de modelos de valuación para este tipo de proyectos, en particular para asistir a los decisores y administradores de recursos públicos y privados, que contemplen las complejidades de esta tipología de inversión. El trabajo realiza un recorrido comenzando con los modelos básicos con el objeto de comparar resultados. Primero se presentan los árboles de decisión, las rejillas binomiales con coeficientes equivalentes ciertos y con probabilidades "reales". Seguidamente se desarrolla el modelo propuesto, que valora las fuentes de incertidumbre tecnológica y de mercado mediante rejillas cuatrinomial o conocidas como opciones exóticas arco iris; incorporando los cambios en la volatilidad a medida que se avanza en la resolución tecnológica del proyecto. En la sección 3 se analiza el caso pasando por el tamiz de los diferentes métodos clásicos y en particular con el modelo numérico desarrollado. Seguidamente son discutidos y comparados los resultados y conclusiones de valor obtenidas, destacando los resultados del modelo cuatrinomial con volatilidad cambiante. En esta sección se expone de manera comparativa un cuadro de etapas aceleradas, en situación de pandemias considerando solamente incertidumbres tecnológicas. Se presentan las limitaciones y futuras líneas de investigación, en relación con la valoración mediante funciones isoelásticas de utilidad y variables de estado para la incertidumbre. Finalmente son desarrolladas las principales conclusiones.

## **2. Marco teórico: Innovación y fuentes de incertidumbre tecnológica y de mercado. El modelo de valoración de proyectos biotecnológicos**

En la presente sección se introducen las principales ideas y breves nociones relativas a innovación, incertidumbres tecnológicas y de mercado, como el desarrollo de los proyectos biotecnológicos en mercados desarrollados y emergentes. Estos fundamentos constituyen la base y justificación para el desarrollo del modelo propuesto.

### **2.1 Incertidumbres en innovación: tecnológicas y de mercado**

Las incertidumbres tecnológicas y de mercado se encuentran en proyectos que desarrollan productos innovadores. Estos son invenciones que cobran forma de producto llevadas al mercado con la finalidad de obtener una aplicación exitosa. La innovación aplicada al contexto de la tecnología implica abordar en los proyectos la incertidumbre sobre la innovación como variable inherente a todo proyecto (Jalonen, 2012). Los procesos de innovación tiene por objeto de ser de utilidad, dicho en otras palabras encontrar una aplicación exitosa, con el fin de que la innovación tenga valor de mercado. Los factores de incertidumbre que la literatura caracteriza en este tipo de proyectos son: tecnológico, mercado, político-institucional y la incertidumbre relacionada sobre las consecuencias de la innovación. La incertidumbre tecnológica incluye el desarrollo de las herramientas y conocimiento para concretar el proyecto. La incertidumbre de mercado es significativa ya que sin mercado esta no tiene valor, en efecto un proyecto innovador es inventado con el fin de satisfacer necesidades del mercado. La incertidumbre de mercado incorpora variables como los efectos disruptivos en el mercado de las tecnologías emergentes, desarrollo de nuevos mercados, ciclo de vida del producto y competidores en el nuevo mercado Foster (2010). La incertidumbre política-institucional se vincula con la acción gubernamental brindando marco regulatorios que promuevan los desarrollos tecnológicos. Finalmente la incertidumbre relacionada con las consecuencias del invento se vinculan con los cambios que la innovación introduce en el orden social y el interés en su aceptación y legitimidad de parte de los consumidores (Ortt y Smits, 2006).

La evidencia empírica colectada por Sanchez, Rosalo y Pérez (2019) indica que Estados Unidos es el país con mayor desarrollo en términos económicos y tecnológicos para el desarrollo, el uso y comercialización de biotecnología. Esto en parte se debe el significativo desarrollo de su mercado de capitales que contribuye a financiar la significativa inversión que demanda el sector biotecnológico. Como consecuencia de ello son escasas las oportunidades para que este tipo de proyectos prospera en mercados emergentes, cuando son impulsados exclusivamente por privados. En parte debido a que no cuentan con recursos técnicos, financiamiento necesario que demandan este tipo de inversiones y capacidad para soportar requerimientos regulatorios, en otras palabras, una alta exposición a las incertidumbres tecnológicas, de mercado y regulatorias. Esto explica porque en Latinoamérica son pocas las empresas de biotecnología moderna. En términos generales, el desarrollo de políticas nacionales de desarrollo de empresas biotecnológicas locales ha sido escaso y

discontinuo. En tal sentido y con el objeto de promover el desarrollo de las capacidades tecnológicas aprovechando la formación del factor humano, en países como México, Brasil y Argentina se ha buscado robustecer el contexto de innovación mediante políticas públicas de desarrollo científico y tecnológico sectorial. En especial Brasil con un marcado crecimiento del sector biotecnológico, con significativa participación estatal. México en mayor medida y Argentina, con mayor timidez mediante consorcios públicos privados entre agencias de investigación, universidades y el sector privado.

Los proyectos en biotecnología presenten un importante desafío por el conjunto de incertidumbres inherentes. Atendiendo tal circunstancia y estrictamente en lo que respecta al campo del conocimiento correspondiente a los modelos de valuación se proponen un modelo que trata las incertidumbres tecnológicas y de mercado de manera independiente, contemplando la variabilidad de la volatilidad en relación a la resolución tecnológica.

## 2.2 El modelo binomial

El supuesto simplificador del modelo binomial lo constituye el hecho de resumir todos los riesgos del proyecto en un valor de volatilidad ( $\sigma$ ), constante a lo largo del tiempo,

$$u = e^{\sigma\sqrt{t}} \quad (1)$$

$$d = \frac{1}{u} \quad (2)$$

$$p = (e^{rt} - d)/(u - d) \quad (3)$$

El valor esperado correspondiente a cada nodo es,

$$V_t = \{p \times V_{t+1}^u + (1 - p) \times V_{t+1}^d\} \times e^{-rt} \quad (4)$$

En términos generales el modelo queda planteado de la siguiente manera,

$$V_0 = \left[ \sum_{j(T)=0}^{j(T)=n} \max(V_{j(T)} - X) \frac{n!}{j!(n-j)!} p^j (1-p)^{n-j} \right] e^{-rT} \quad (5)$$

Donde  $\max(V_{j(T)} - X)$  representa el valor terminal de la opción en el horizonte  $T$ , ponderado por las probabilidades obtenidas a partir de la combinatoria correspondiente al periodo  $n$ , nodo  $j$ , luego actualizado a la tasa sin riesgo. En el caso de trabajar con probabilidades objetivas o del mundo real<sup>3</sup> (Arnold y Crack, 2003); (Milanesi, 2011), los coeficientes se expresan como,

<sup>3</sup> Siguiendo a Arnold y Crack (2003), el valor actual de un activo real puede describirse con las siguientes variables:  $V_t$  valor en el momento  $t$ ;  $k$  el rendimiento (o crecimiento) compuesto del valor del subyacente desde el instante 0 a  $T$ ,  $R_f$  factor actualización (capitalización) sin riesgo  $(1+r_f)$  y  $E(.)$  operador de expectativa.

a) El valor esperado del activo es:  $V_0 E(k) = E(V_t)$ ; desagregando la tasa de rendimiento:  $V_0 [R_f + (E(k) - R_f)] = E(V_t)$

b) El valor actual del valor esperado es:  $V_0 = \frac{E(V_t) - V_0 [R_f - R_f]}{R_f}$

$$q = (e^k - d)/(u - d) \quad (6)$$

Donde  $k$  representa la tasa de costo de capital y  $q$  las probabilidad de éxito binomial. El proceso recursivo expresado de la siguiente forma,

$$V_t = \left\{ [q \times V_{t+1}^u + (1 - q) \times V_{t+1}^d] - \left[ \frac{V_{t+1}^u - V_{t+1}^d}{u - d} \times (e^k - e^{rt}) \right] \right\} \times e^{-rt} \quad (7)$$

## 2.2 El modelo cuatrinomial

En muchos emprendimientos de base tecnología existe una marcada separación entre el riesgo de mercado y el riesgo tecnológico, por lo tanto, es simplificador pero incorrecto resumirlos en una única cifra. Se propone un modelo cuatrinomial, empleado en opciones exóticas del tipo arco iris, sencillo en su concepción y tratamiento de las fuentes de incertidumbre en forma independiente. Siguiendo a Copeland y Antikarov (2003), se puede asumir que el valor del proyecto es una función de dos fuentes de incertidumbre,  $V = (F_1; F_2)$ . Cada una de estas fuentes de riesgo evolucionan según su volatilidad la cual permite calcular los respectivos movimientos ascendentes y descendentes, planteadas como  $F_1(\sigma_1; u_1; d_1)$  y  $F_2(\sigma_2; u_2; d_2)$ . En este caso  $\sigma$  representa las fuentes de incertidumbre  $u$  el movimiento ascendente y  $d$  el movimiento descendente.

En muchos problemas de valuación, las fuentes de incertidumbre son independientes por ejemplo  $F_m$  representa la incertidumbre de mercado y  $F_t$  incertidumbre relativas a la resolución de problemas tecnológicos. El primer paso del proceso consiste en proyectar el recorrido del subyacente, representado por el valor actual del proyecto. La proyección se realiza con los movimientos ascendentes y descendentes propios del riesgo de mercado  $F_m(\sigma_m; u_m; d_m)$ ,  $V_{t+1} = \{V_t \times u_m; V_t \times d_m\}$ , donde  $V_{t+1}$  es el valor proyectado del activo subyacente.

El proceso recursivo para estimar valores esperados requiere de estimar los coeficientes equivalentes ciertos. Primero deben calcularse las probabilidades neutrales al riesgo siguiendo la lógica del modelo binomial. Obtenidos los cuatro coeficientes equivalentes ciertos ( $p_{u,d}$ ), un par por cada fuente de incertidumbre,  $F_m(p_{um}; p_{dm})$  y  $F_t(p_{ut}; p_{dt})$ , seguidamente se deben calcular los coeficientes combinados. Estos son obtenidos mediante el producto de los coeficientes equivalentes ciertos calculados para cada una de las fuentes de riesgo,

$$p_{um,ut} = (p_{um} \times p_{ut}) \quad (8.1)$$

- c) La flexibilidad estratégica del proyecto se valora mediante la teoría de opciones. Tomando una opción real comparable a un call, su ratio delta ( $\Delta$ ) es:  $\Delta = (V_u - V_d)/V_0(u - d)$ . Incorporando la expresión en b) se obtiene el valor actual de un activo:  $V_0 = \frac{E(V_t) - V_0 \Delta [R_v - R_f]}{R_f}$  o  $V_0 = \frac{E(V_t) - V_0 (V_u - V_d)/(u - d) [R_v - R_f]}{R_f}$
- d) Reordenando, el valor para un nodo empleando probabilidades objetivas es  $e^{-rf} \times [E(V_t) - (V_u - V_d)/V_0(u - d) \times (e^k - e^{rf})]$
- e) En el caso de coeficientes equivalentes ciertos se obtienen suponiendo como tasa de crecimiento del subyacente al tipo sin riesgo  $p = (e^{rf} - d)/(u - d)$ . En el enfoque de Arnold y Crack (2003) las probabilidades "del mundo real" son obtenidas sustituyendo el tipo sin riesgo, por la tasa ajustada por riesgo o tasa de evolución del subyacente,  $q = (e^k - d)/(u - d)$

$$p_{um,dt} = (p_{um} \times p_{dt}) \quad (9.2)$$

$$p_{dm,ut} = (p_{dm} \times p_{ut}) \quad (10.3)$$

$$p_{dm,dt} = (p_{dm} \times p_{dt}) \quad (11.4)$$

El cálculo del valor esperado obtenido de la exposición de los riesgos combinados y tratados de manera separada es el siguiente,

$$V_t = \{p_{um,ut} \times V_{t+1}^{um,ut} + p_{um,dt} \times V_{t+1}^{um,dt} + p_{dm,ut} \times V_{t+1}^{dm,ut} + p_{dm,dt} \times V_{t+1}^{dm,dt}\} \times e^{-rt} \quad (12)$$

Donde  $V_t$  representa el valor del proyecto en el modelo  $t$  y  $e^{-rt}$  el factor de actualización al tipo sin riesgo.

### 2.3 El modelo cuatrinomial y volatilidad de mercado variable

Resuelto el tratamiento específico de riesgos tecnológicos y de mercado, no se debe perder de vista el hecho de que a menudo, la evidencia histórica permite estimar riesgos tecnológicos, que varían según las etapas y grados de avance. No obstante, a menudo se supone que el riesgo de mercado permanece constante. A medida que se avanza con la resolución tecnológica del proyecto, puede verse reducida la incertidumbre de mercado<sup>4</sup>. Algunos de los motivos residen en la mayor información y experiencia obtenida durante el desarrollo y las pruebas. En tal sentido, adaptando los modelos de Haahtela, (2011) y Milanesi, Pesce y El Alabi, (2014); se propone desarrollar un modelo cuadrinomial con volatilidad de mercado variable<sup>5</sup>. En este caso deben calcularse coeficientes neutrales al riesgo de mercado variables y nuevas probabilidades neutrales combinadas cuatrinomiales.

Primero son calculadas las probabilidades de transición para los máximos niveles de volatilidad,

<sup>4</sup> En el trabajo se supone de manera ad-hoc que la volatilidad disminuye a medida que se resuelven las incertidumbres tecnológicas y de mercado. En la práctica, la volatilidad de los rendimientos no es un dato observable directamente en el mercado. La manera más sencilla de calcularla se base en el desvío estándar de una serie de rendimientos observados. El resultado consiste en un único valor que representa la dispersión global respecto del valor medio. Este resultado no mide la evolución de la medida a lo largo del tiempo. En efecto la teoría financiera indica que la volatilidad debe interpretarse como una medida relacionada con la intensidad de los cambios aleatorios o no predecibles en el rendimiento futuro de un activo financiero. Existen ciertos hechos estilizados, en particular la volatilidad cambiante y los clusters de volatilidad entre otros que tornan necesarios el uso de modelos econométricos para proyectar la volatilidad. Entre estos modelos se encuentran la familia de modelos autoregresivos con heterocedasticidad condicional (ARCH, GARCH, DTARCH) y los modelos de volatilidad estocástica (SV) suponiendo que la rentabilidad se describe por una variable no observable que sigue un proceso ARMA (autoregresivo estacionario) con variable aleatoria independiente e idénticamente distribuida. (Wilmott, 2009); (Medina Tamayo y Rodríguez Pinzon, 2010)

<sup>5</sup> Cabe destacar que esta es una aproximación sencilla proporcionando la volatilidad de los estados futuros en relación a la máxima volatilidad Haahtela, (2011) y Milanesi, Pesce y El Alabi, (2014). Existen modelos recombinantes con modelos numéricos donde se presentan técnicas para determinar las probabilidades de transición dinámicas a partir de los dos primeros momentos estocásticos (media y desvío) el planteo de la ecuación diferencial, con *drift* de crecimiento y volatilidad que impacta en la ramificación de la rejilla (Marín Sanchez, 2010). Otros desarrollos proponen métodos abordan el tema mediante la resolución de valuación de opciones exóticas del tipo *swing options* mediante un sistema de pares dinámicos de opciones europeas, con procesos estocásticos de reversión a la media aplicables a subyacentes como precios de commodities y energía, mediante modelos numéricos computacionales (Lari-Lavassani, Simchi y Ware, 2001)

$$p_{m,(max)} = \frac{e^{rt} - d_{m,(max)}}{u_{m,(max)} - d_{m,(max)}} \quad (10)$$

Las probabilidades de transición máximas ( $p_{m,(max)}$ ), surgen a partir de los coeficientes  $u_{m,(max)}$  y  $d_{m,(max)}$  empleando la máxima volatilidad de mercado  $\sigma_{m,(max)}$  y al factor de crecimiento a la tasa sin riesgo  $e^{rt}$ . En este tipo de proyectos se supone que la máxima volatilidad se verifica en los primeros años cuando la incertidumbre y falta de información es mayor. Seguidamente se calculan las probabilidades de transición para los periodos de volatilidad de mercado intermedia y menor ( $\sigma_{im}$ ),

$$p_{m(\sigma_{im})} = p_{m(max)} \left( \frac{\sigma_{im}}{\sigma_{m(max)}} \right)^2 \quad (11)$$

El proceso de valoración es similar al referido en la sección precedente. Primero se proyecta la rejilla binomial correspondiente al valor del subyacente, para ello son utilizados los máximos coeficientes de ascenso y descenso,  $V_{t+1}^{i,j} = V_t^{i,j} \times u_{m,(max)}$ ;  $V_t^{i,j} \times d_{m,(max)}$ .

Siendo  $p_{(t)u,d}$  los coeficientes de ascenso y descenso para la incertidumbre tecnológica y  $p_{(m;\sigma_{im})u,d}$  coeficientes variables para la incertidumbre de mercado, las probabilidades combinadas quedan expresadas de la siguiente manera:

$$p_{u(m;\sigma_{im});u(t)} = (p_{u(\sigma_{im})} \times p_{u(t)}) \quad (12.1)$$

$$p_{u(m;\sigma_{im});d(t)} = (p_{u(\sigma_{im})} \times p_{d(t)}) \quad (12.2)$$

$$p_{d(m;\sigma_{im});u(t)} = (p_{d(\sigma_{im})} \times p_{u(t)}) \quad (12.3)$$

$$p_{d(m;\sigma_{im});d(t)} = (p_{d(\sigma_{im})} \times p_{d(t)}) \quad (12.4)$$

Aplicando la lógica recursiva del modelo cuatrinomial, para los nodos intermedios, son utilizadas las probabilidades de transición en el proceso de valuación. El valor actual para cada nodo expuesto a las dos fuentes de incertidumbre es calculado mediante la siguiente ecuación,

$$V_t = \left\{ p_{u(m;\sigma_{im});u(t)} \times V_{t+1}^{u(m;\sigma_{im}),u(t)} + p_{u(m;\sigma_{im});d(t)} \times V_{t+1}^{u(m;\sigma_{im}),d(t)} + p_{d(m;\sigma_{im});u(t)} \times V_{t+1}^{d(m;\sigma_{im}),u(t)} + p_{d(m;\sigma_{im});d(t)} \times V_{t+1}^{d(m;\sigma_{im}),d(t)} \right\} \times e^{-rt} \quad (Ec 13)$$

### 3. Análisis de caso: Opciones secuenciales y el desarrollo de una vacuna

En el trabajo se pretende analizar en profundidad el comportamiento del modelo desarrollado en la sección 2.3. Este análisis se realiza de manera comparativa con los árboles de decisión y con el enfoque de opciones reales tradicional, utilizando como metodología de investigación el estudio de casos en administración (Castro Monge, 2010). Para ello se fue seleccionado y adaptado el caso debatido oportunamente por Shockley, Curtis, Jafari y Tibbs, (2003) y Brous, (2011), relativo al procesos secuencial de desarrollo de una vacuna. En este se se respetan los plazos exigidos por los organismos de control como las probabilidades técnicas basadas en la experiencia de proceso. El caso permite entender las etapas general, la secuencialidad, el tiempo involucrado, las profundas incertidumbres tecnológicas del proyecto y la exposición al riesgo de mercado. Conforme fue expuesto, en el caso de economías emergentes, las diferentes las fuentes de incertidumbre, la cuantía de las inversiones involucradas y el tamaño del mercado de capitales, hacen que estos emprendimiento sean de alto riesgo para agentes privados.

En el caso analizado se refiere a una firma especializada en desarrollos biotecnológicos donde se requiere evaluar el beneficio económico potencial de invertir en el desarrollo de una nueva tecnología para vacunas contra un virus determinado. La primera inversión se encuentra condicionada al beneficio esperado positivo, analizada la secuencia de pasos, constando de cinco etapas secuenciales entre sí, donde la probabilidad final de éxito para la producción y comercialización del medicamento es baja y diferida en el tiempo<sup>6</sup>. A continuación, son expuestas las etapas del proyecto, las cifras se encuentran expresadas en dólares estadounidenses:

Primera etapa: desarrollo de pruebas preclínicas y prototipo de vacuna. Duración de la fase: 18 meses, inversión demandada \$2 millones. Considerando los resultados históricos sobre pruebas similares, existe un 95% de probabilidades de abandono o fracaso.

Segunda etapa: superada la fase de prototipo comienza el proceso de autorización otorgada por el organismo de control de la salud para realizar las pruebas experimentales sobre población controlada. Duración de la fase de obtención de permisos 6 meses, inversión demandada \$1 millón. La evidencia indica que en el 75% de los casos los permisos son otorgados.

Tercera etapa: Obtenido el permiso comienzan las pruebas masivas en animales. Los testeos tienen una duración de 24 meses y demandan una inversión de \$ 5 millones. Los exámenes tienen por fin generar una cantidad de datos significativos estadísticamente, relativos a la eficacia de la droga, para su posterior etapa de desarrollo comercial. La evidencia empírica sugiere una probabilidad de fracaso del 75%.

Cuartar etapa: Si los testeos anteriores arrojan resultados alentadores y la etapa es superada, se obtiene la autorización de parte del organismo de control para el desarrollo de la nueva droga animal. Los permisos demoran aproximadamente 12 meses con una inversión \$ 0.5 millones.

---

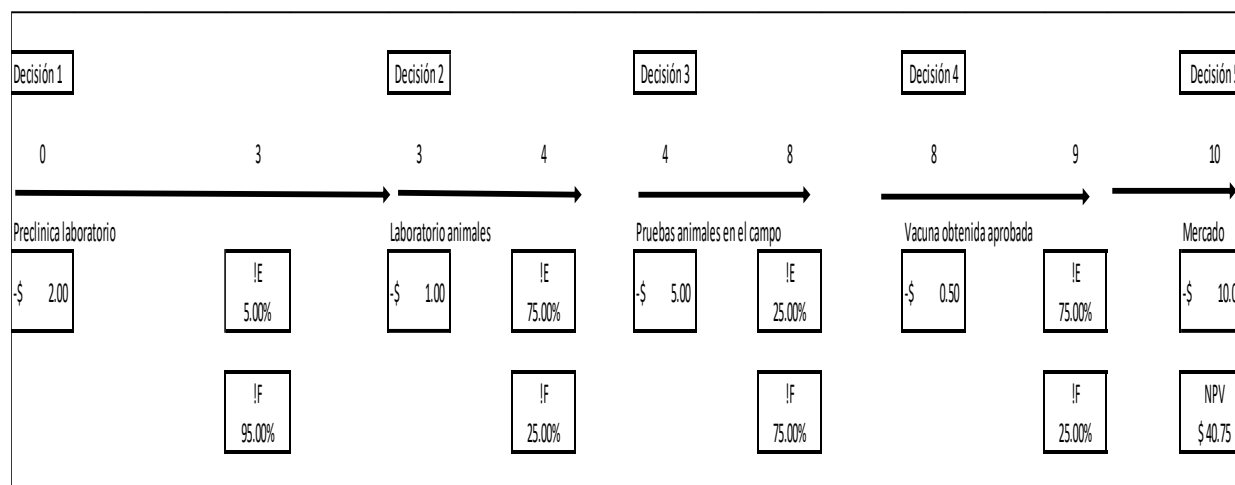
<sup>6</sup> En el caso e podría incorporar la opción de abandono independientemente del éxito tecnológico, inclusive al resolver todas las etapas de desarrollo previendo la posibilidad de ceder la patente en lugar de su desarrollo comercial. En ese sentido existiría un valor positivo producto de la flexibilidad estratégica. El caso propuesto por Shockley, Curtis, Jafari y Tibbs, (2003) y Brous, (2011) no incorporan tal flexibilidad asumiendo que la estrategia consiste en avanzar las etapas secuenciales de desarrollo para su posterior comercialización.



Obtenida la autorización, la gerencia asigna una probabilidad subjetiva del 75% de éxito para la comercialización de la nueva droga.

Quinta etapa: Superada las cuatro etapas anteriores se lanza al mercado el producto, los costos de desarrollo son de \$ 10 millones y el valor actual de los flujos de fondos esperados asciende a \$50.75 millones, con una tasa de costo de capital del 11.26%. La vida útil de la droga se estima en 10 años,

Cada una de las etapas es una opción secuencial donde la continuidad del proyecto se condiciona con el éxito de la etapa precedente. A continuación, se presenta la forma expansiva del árbol de decisión.



**Gráfico 1.** Diagrama del árbol de decisiones  
 Fuente: elaboración propia (adaptado de Brous, 2011)

Seguidamente, el problema de decisión será analizado mediante árboles de decisión, rejillas binomiales, rejillas cuadrinomiales y mediante el modelo propuesto.

### 3.1 Árboles de decisiones

La resolución del árbol de decisiones planteado en la ilustración 1 requiere, en primer lugar, de identificar las probabilidades de ocurrencia asociadas a cada evento. Para cada etapa, la probabilidad asociada surge del producto entre la probabilidad de éxito en dicha fase condicionada a las probabilidades de éxito en las precedentes. Estimadas se calcula el flujo probable y luego se actualizan los flujos esperados, empleando una tasa de costo de capital. La sumatoria de los flujos actuales representa el valor esperado. En el siguiente cuadro se expone el proceso y los resultados.

**Tabla 1.** Árbol de decisión probabilidades condicionales de éxito-éxito (en millones)

Etapas	P(x) E! t-1	P(x) E!* P(x) E! t-1	FFL	P(x) x FFL	E(NPV)
Laboratorio	100%	100%	-\$ 2.000	-2.000	-\$ 2.0000
Autorización	5%	5%	-\$ 1.000	-0.050	-\$ 0.0426
Experimental	75%	3.750%	-\$ 5.000	-0.188	-\$ 0.1515
Aprobación vacuna	25%	0.93750%	-\$ 0.500	-0.005	-\$ 0.0031
Mercado	75%	0.70313%	\$ 40.747	0.287	\$ 0.1681
Resultados				E(NPV)	-\$ 2.0291

Fuente: elaboración propia

Otra manera de resolver el árbol consiste en estimar el valor actual acumulado en cada etapa hasta llegar al valor actual acumulado total en la última. Cada etapa se multiplica por la probabilidad de ocurrencia condicional de fracaso dado el éxito precedente. Finalmente, la suma de los valores actuales arroja el valor esperado total,

**Tabla 2.** Árbol de decisión probabilidades condicionales de fracaso-éxito (en millones)

Etapas	P(x) E!	P(x) F!	Estadio	E!*F! (final)	NPV acum	E(NPV)
Laboratorio	0.05	0.95	95.000%	F!	-\$ 2.00	-\$ 1.90
Autorización	0.75	0.25	1.250%	E1!*F2!	-\$ 2.85	-\$ 0.04
Experimental	0.25	0.75	2.813%	E1!*E2!*F3!	-\$ 6.89	-\$ 0.19
Aprobación vacuna	0.75	0.25	0.234%	E1!*E2!*E3!*F4!	-\$ 7.22	-\$ 0.02
Mercado			0.703%	E1!*E2!*E3!*E4!	\$ 16.69	\$ 0.12
Resultados			100.00%		E(NPV)	-\$ 2.0291

Fuente: elaboración propia

El valor esperado asciende a -\$2.029 millones conduciendo al rechazo del proyecto. La valuación tradicional mediante árboles de decisiones presenta la inconsistencia de la tasa de actualización. En efecto, emplea la misma tasa de actualización en el proceso de valuación de las ramas, en este caso las diferentes fases, cuando en realidad cada una de estas representan diferentes estrategias; como consecuencia de ello distintos riesgos asociados<sup>7</sup>(Smith y Nau, 1995); (Copeland, Antikarov, 2003). Es por ello que el enfoque de valuación con opciones reales resuelve tal error, permitiendo ajustar por riesgo los flujos de fondos empleando una tasa libre de riesgo para actualizar. En otras palabras, un enfoque gerencial orientado a la toma de decisiones.

<sup>7</sup> La tasa del costo del capital, estimada con modelos de equilibrio como el CAPM (*capital asset pricing model*), se construye con información de mercado contenida en títulos financieros negociados. Estas remunerar por asumir riesgos sistemáticos en estrategias de inversión de carteras eficientemente diversificada. El inversor no participa activamente de las decisiones gerenciales. En tal sentido, la tasa obtenida refleja riesgos sistémicos propios de la empresa en marcha, pero no de las estrategias potenciales de la empresa.

### 3.2 Valuación con opciones reales. El modelo binomial

Siguiendo con el ejemplo se supone una tasa libre de riesgo del 5% y volatilidad estimada mediante simulación del 100%<sup>8</sup>, suponiendo que dicha volatilidad resume todos los riesgos a los cuales se encuentra expuesto el proyecto. Tasa libre de riesgo y volatilidad son las dos variables básicas para proyectar el proceso estocástico del activo. Los parámetros del modelo binomial son calculados con las ecuaciones 1 a 3, siendo  $u = 2.028$ ;  $d = 0.493$ ;  $p = 0.3467$  y  $1 - p = 0.6532$ . La proyección de la rejilla binomial comienza con el valor actual de los flujos del proyecto e. Se parte del valor esperado en  $t=10$ , actualizado a  $t=0$  siendo  $\$29.8 = \$40.75 \times e^{-0.1126 \times 10}$ . La ecuación 4 se utiliza para la proyección de la rejilla binomial.

**Tabla 3.** Proceso binomial correspondiente al proyecto

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
\$ 29.8	60.4	122.5	248.3	503.7	1021.5	2071.7	4201.7	8521.6	17282.8	35051.4
	14.7	29.8	60.4	122.5	248.3	503.7	1021.5	2071.7	4201.7	8521.6
		7.2	14.7	29.8	60.4	122.5	248.3	503.7	1021.5	2071.7
			3.6	7.2	14.7	29.8	60.4	122.5	248.3	503.7
				1.8	3.6	7.2	14.7	29.8	60.4	122.5
					0.9	1.8	3.6	7.2	14.7	29.8
						0.4	0.9	1.8	3.6	7.2
							0.2	0.4	0.9	1.8
								0.1	0.2	0.4
									0.1	0.1
										0.0

Fuente: elaboración propia

Al resultado \$29.8 se puede arribar utilizando la lógica del valor actual mediante la ecuación 5. Para ello deben calcularse las probabilidades correspondientes al último nodo. Del mismo modo, también pueden emplearse las probabilidades reales, en este caso con la ecuación 6 donde,  $q = 0.368$  y  $1 - q = 0.632$ . Las expresiones son similares salvo por el hecho de que en la ecuación 6 se utilizan probabilidades reales y tasa de costo de capital. La siguiente tabla presenta la distribución de probabilidad en el último nodo y el valor actual obtenido por ambos caminos. Equivalentes ciertos,  $VA = \sum_{i=0}^{i=n} (V_{i,T} \times p_i) \times e^{-rt}$ , probabilidades reales  $VA = \sum_{i=0}^{i=n} (V_{i,T} \times q_i) \times e^{-kt}$ .

**Tabla 4.** Valor actual neto con equivalentes ciertos y probabilidades "reales"

10	Nodos	P=(Equiv.Cierto)	Q=(Reales)
35051.4	10	0.003%	0.005%
8521.6	9	0.047%	0.078%
2071.7	8	0.401%	0.604%

<sup>8</sup> Se tomaron los valores correspondientes al caso analizado por Shockley, Curtis, Jafari y Tibbs, (2003) y Brous, (2011), donde los primeros suponen un 100% de volatilidad para resumir todas la fuentes de riesgos en la rejilla binomial

503.7	7	2.016%	2.767%
122.5	6	6.646%	8.317%
29.8	5	15.025%	17.144%
7.2	4	23.591%	24.541%
1.8	3	25.398%	24.088%
0.4	2	17.945%	15.516%
0.1	1	7.513%	5.923%
0.0	0	1.416%	1.017%
		100%	100%
<b>VAN= <math>\sum P_j \cdot V_j \cdot \exp(-r_f \cdot t)</math></b>		<b>\$ 29.8</b>	
		<b>VAN= <math>\sum P_j \cdot V_j \cdot \exp(-k \cdot t)</math></b>	<b>\$ 29.8</b>

Fuente: elaboración propia.

La probabilidad binomial  $q$ , es una magnitud “optimistas” comparada con los coeficientes equivalentes ciertos  $p$ . Es así debido a que los últimos tienen contenido el ajuste por riesgo, mientras que los primeros realizan el ajuste empleando la tasa del costo del capital (Milanesi 2011). Operativamente, la valuación con opciones reales requiere del uso de los coeficientes equivalentes ciertos, dadas las limitaciones para determinar tasas que reflejen el riesgo de las estrategias contenidas en un problema de decisión. El proceso recursivo de valoración implica puntos de decisión donde se presenta la opción de continuar, en el caso de que los flujos sean positivos o abandonar, siendo la expresión.

$$V_t = \text{Max}\{(p \times V_{t+1}^u + (1 - p) \times V_{t+1}^d) \times e^{-rt} - I_t; 0\} \tag{13}$$

Los periodos de tiempo correspondiente a las decisiones con  $t=10;8;4;3$  y  $0$ . A continuación se expone la rejilla binomial resaltando en negritas e itálicas los puntos de decisión.

**Tabla 5.** Valuación de opciones secuenciales rejilla binomial

<b>0</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>\$ 19.8</b>	49.7	109.9	<b>234.4</b>	<b>489.8</b>	1012.2	2062.2	4192.0	<b>8511.6</b>	17273.0	<b>35041.4</b>
	7.8	19.7	<b>48.1</b>	<b>109.5</b>	239.3	494.2	1011.7	<b>2061.7</b>	4192.0	<b>8511.6</b>
		1.8	<b>5.4</b>	<b>19.0</b>	52.7	113.4	238.6	<b>493.7</b>	1011.8	<b>2061.7</b>
			<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	9.6	22.6	51.3	<b>112.4</b>	238.6	<b>493.7</b>
<b>VA: -\$2.03</b>				<b>0.0</b>	1.2	3.1	8.2	<b>20.9</b>	50.6	<b>112.5</b>
<b>VAOR: \$21.84</b>					0.1	0.2	0.6	<b>1.8</b>	6.7	<b>19.8</b>
<b>VAE: \$19.82</b>						0.0	0.0	<b>0.0</b>	0.0	<b>0.0</b>
							0.0	<b>0.0</b>	0.0	<b>0.0</b>
								<b>0.0</b>	0.0	<b>0.0</b>
									0.0	<b>0.0</b>
										<b>0.0</b>

Fuente: elaboración propia

El valor actual obtenido con el árbol de decisión responde a la lógica del VAN tradicional, el cual asciende a -\$2.03 mientras que el valor estratégico (VAE), incorpora la flexibilidad de abandono y no exposición a pérdidas irreversibles. Este asciende a \$19.82, de allí que el valor de la flexibilidad estratégica o posibilidad de abandonar arroja la cifra de \$21.84,  $VAE = VA + VAOR$ .

La siguiente tabla describe la probabilidad neutral y "real" vinculada con cada nodo, y de manera analítica la decisión a tomar, además de la probabilidad total de cada decisión. En este caso se referencia a: C "continuar", A "abandono", L "lanzamiento", Pj coeficientes equivalentes ciertos y Qj probabilidades "reales".

**Tabla 6.** Decisiones y probabilidades acumuladas con opciones secuenciales

3	N	Pj	Qj	4	N	Pj	Qj	8	N	Pj	Qj	10	N	Pj	Qj		
C	3	4.2%	5.0%	C	4	1.4%	1.8%	C	8	0.0%	0.0%	L	1	0.0%	0.0%		
C	2	23.6%	25.7%	C	3	10.9%	12.6%	C	7	0.3%	0.5%	L	9	0.0%	0.1%		
C	1	44.4%	44.1%	C	2	30.8%	32.5%	C	6	2.1%	2.8%	L	8	0.4%	0.6%		
A	0	27.9%	25.2%	A	1	38.7%	37.2%	C	5	7.8%	9.5%	L	7	2.0%	2.8%		
C		<b>72.1</b>	<b>74.8</b>	A	0	18.2%	16.0%	C	4	18.4%	20.5%	L	6	6.6%	8.3%		
		%	%	C		<b>43.1</b>	<b>46.9</b>	C	3	27.8%	28.1%	L	5	15.0%	17.1%		
A		<b>27.9</b>	<b>25.2</b>			A		%	%	A	2	26.2%	24.2%	A	4	23.6%	24.5%
		%	%	<b>56.9</b>	<b>53.1</b>			A	1	14.1%	11.9%	A	3	25.4%	24.1%		
								A	0	3.3%	2.5%	A	2	17.9%	15.5%		
								C		<b>56.4</b>	<b>61.4</b>	A	1	7.5%	5.9%		
										%	%			<b>43.6</b>	<b>38.6</b>	A	0
												L		<b>24.1</b>	<b>28.9</b>		
														%	%	<b>75.9</b>	<b>71.1</b>
												A		%	%		

Fuente: elaboración propia

Los puntos críticos son los periodos 4 y 10, ya que las probabilidades de continuar o lanzar son sensiblemente inferiores a la de continuar.

### 3.3 Valuación con opciones arco iris. El modelo cuatrinomial

En el modelo binomial todo el riesgo del proyecto se sintetiza en la cifra de volatilidad siendo esto un supuesto simplificador, útil para situaciones donde todo el riesgo deviene del mercado. En el caso bajo estudio el riesgo de mercado solamente explica la incertidumbre relacionada con el éxito comercial derivado de la quinta etapa. Hasta llegar a la comercialización del producto, se deben

trasuntar una línea temporal de secuencias cuyo suceso encuentra correlato en riesgos tecnológicos no correlacionados con los de mercado.

Analíticamente el enfoque utilizado es el cuadrinomial con riesgos no correlacionados, siendo menester el uso de opciones exóticas del tipo arco iris. Los coeficientes equivalentes ciertos son obtenidos con las ecuaciones 8.1 a 8.4. Los riesgos tecnológicos para cada etapa son los empleados para el árbol: laboratorio (éxito:5%, fracaso:95%); autorización (éxito:75%, fracaso:25%); experimental (éxito: 25%; fracaso: 75%), finalmente aprobada la vacuna y superado los riesgos tecnológicos comienza la fase de mercado. Al segregarse los riesgos, y siguiendo a Brous (2011), se supone que la volatilidad del proyecto producto solamente de la incertidumbre de mercado es del 50%. En ese sentido los parámetros son:  $u = 1.424$ ;  $d = 0.7021$ ;  $p = 0.4475$  y  $1 - p = 0.5524$ . La siguiente tabla tiene por fin sistematizar las etapas de resolución correspondiente a incertidumbre tecnológica, de mercado, distribuciones de probabilidad y equivalentes ciertos.

**Tabla 7.** Resolución de incertidumbres y etapas del proyecto.

Periodo	Resolución Tecnológica	Proceso	$p_u$	$p_d$	$p_{u1u2}$	$p_{u1d2}$	$p_{d1u1}$	$p_{d1d2}$
0		B	0.4476	0.4476				
1		B	0.4476	0.4476				
2		Q1: basada en Laboratorio			0.0224	0.0276	0.4252	0.5248
3	Laboratorio	Q2: basada en Autorización			0.3357	0.4143	0.1119	0.1381
4	Autorización	B	0.4476	0.4476				
5		B	0.4476	0.4476				
6		B	0.4476	0.4476				
7		Q3: basada en Experimental			0.1119	0.1381	0.3357	0.4143
8	Experimental	B	0.4476	0.4476				
9		Q4: basada en Aprobación			0.3357	0.4143	0.1119	0.1381
10	Aprobación vacuna	B	0.4476	0.4476				

Fuente: elaboración propia

El proceso cuadrinomial (Q) se aplica para los nodos que preceden la finalización de una fase de pruebas, la exposición al riesgo al éxito/fracaso tecnológico es develada en la fase posterior. Recursivamente, en  $t=10$  se proyecta la comercialización, una vez resuelta la autorización lograda en  $t=9$ , etapa donde se encuentra contenida toda la exposición a dicho riesgo. De allí que el periodo  $t=9$  debe resolverse con utilizando una distribución cuadrinomial. En el caso del periodo  $t=8$ , finaliza la fase experimental, que de ser exitosa permite avanzar a la etapa de autorización. La exposición al éxito o fracaso de la fase experimental se manifiesta en el periodo  $t=7$ . Consecuentemente el proceso recursivo de  $t=8$  a  $t=7$  es cuadrinomial. En el periodo  $t=4$  se obtiene la autorización para implementar la fase experimental, estando la firma expuesta a tal incertidumbre tecnológica en el periodo  $t=3$ . Desde el periodo  $t=4$  hasta  $t=3$  la resolución de la incertidumbre es cuadrinomial. En  $t=3$  se inician las gestiones para obtener la autorización con el fin de proseguir los experimentos, condicionado al

éxito tecnológico de las pruebas de laboratorio, resolución acontecida en  $t=2$ . Consecuentemente desde el periodo  $t=3$  hasta  $t=2$  la distribución a emplear es cuadrinomial<sup>9</sup>.

Los periodos  $t=10, 8, 6, 5, 4, 1, 0$ ; son resueltos empleado los coeficientes equivalentes ciertos binomiales. En estos casos no existe riesgo tecnológico, pues ya fue resuelto en la etapa previa, el proyecto prosigue en función a su valor esperado de mercado<sup>10</sup>.

A continuación, son detalladas las expresiones utilizadas para resolver las rejillas cuadrinomiales y binomiales:

- Para resolver los nodos expuestos a riesgos tecnológicos y de mercado ( $t=9,7,3,2$ ):  $V_t = (p_{u1u2} \times V_{t+1}^{u1,u2} + p_{u1d2} \times V_{t+1}^{u1,d2} + p_{d1u2} \times V_{t+1}^{d1,u2} + p_{d1d2} \times V_{t+1}^{d1,d2}) \times e^{-rt}$ . En el nodo  $t=3$  se resuelve la opción de continuar, con la respectiva autorización, por lo tanto,  $V_t = \text{Max}=\{(p_{u1u2} \times V_{t+1}^{u1,u2} + p_{u1d2} \times V_{t+1}^{u1,d2} + p_{d1u2} \times V_{t+1}^{d1,u2} + p_{d1d2} \times V_{t+1}^{d1,d2}) \times e^{-rt} - I; 0\}$
- Para resolver el nodo  $t=10$ , en donde se ejercita la opción de lanzamiento o abandono:  $si T! = 1$ , entonces,  $\text{Max}(V_{i,T} - I_t; 0)$ ; donde  $T! = 1$  representa el éxito tecnológico, caso contrario el valor es cero.
- Para resolver el resto de los nodos donde se ejercitan opciones intermedias, resuelta la cuestión tecnológica y sujeta solamente al riesgo de mercado:  $si T! = 1$ , entonces,  $\text{Max}\{(p \times V_{t+1}^u + (1 - p) \times V_{t+1}^d) \times e^{-rt} - I_t; 0\}$ ; donde  $T! = 1$  representa el éxito tecnológico, caso contrario, el valor es cero.

**Tabla 8.** Rejilla cuadrinomial ( $t=10$  a  $t=6$ ).

T=6		T=7		T=8		T=9		T=10	
1=S! 0=F!		1=S! 0=F!		1=S! 0=F!		1=S! 0=F!		1=S! 0=F!	
Nodo	T!	Nodo	Nodos t+1	Nodo	T!	Nodo	Nodos t+1	Nodo	T!
44.		64.		<b>370.</b>		530.		<b>1011.</b>	1
75 6	1	45 7	8 y 7	<b>12</b> 8	1	65 9	10 y 9	<b>51</b> 0	1
0.0				<b>0.00</b> 8	0			1	
0 6	0							<b>0.00</b> 0	0
21.		30.		<b>178.</b>		257.		<b>493.6</b>	
14 5	1	84 6	7 y 6	<b>63</b> 7	1	94 8	9 y 8	<b>7</b> 9	1
0.0				<b>0.00</b> 7	0			<b>0.00</b> 9	0
0 5	0								

<sup>9</sup> Puntualmente, en  $t=9$  se resuelve recursivamente desde  $t=10$  con los coeficientes cuadrinomiales basados en la aprobación (Q4);  $t=7$  se resuelve recursivamente desde  $t=8$  con los coeficientes cuadrinomiales basados en el éxito experimental (Q3);  $t=3$  se resuelve recursivamente desde  $t=4$  con los coeficientes cuadrinomiales basados en la obtención de la autorización (Q2) y  $t=2$  se resuelve recursivamente desde  $t=3$  con los coeficientes cuadrinomiales del éxito de laboratorio (Q1).

<sup>10</sup> Cabe destacar que 1 y 0 son un caso especial, pues la decisión de invertir en el desarrollo de laboratorio, es la primera decisión a tomar siempre que el valor sea positivo, cuestión resuelta cuando se completa el desarrollo y cálculo del proceso recursivo.

9.5 1 4 1 0.0 0 4 0	14. 26 5 6 y 5	<b>84.2</b> 0 6 1 <b>0.00</b> 6 0	123. 47 7 8 y 7	<b>238.3</b> 5 8 1 <b>0.00</b> 8 0
3.8 1 3 1 0.0 0 3 0	6.0 9 4 5 y 4	<b>37.6</b> 5 5 1 <b>0.00</b> 5 0	57.1 7 6 7 y 6	<b>112.4</b> 5 7 1 <b>0.00</b> 7 0
1.1 8 2 1 0.0 0 2 0	2.1 4 3 4 y 3	<b>14.6</b> 9 4 1 <b>0.00</b> 4 0	24.4 8 5 6 y 5	<b>50.38</b> 6 1 <b>0.00</b> 6 0
0.2 1 1 1 0.0 0 1 0	0.4 6 2 3 y 2	<b>3.98</b> 3 1 <b>0.00</b> 3 0	8.36 4 5 y 4	<b>19.77</b> 5 1 <b>0.00</b> 5 0
0.0 1 0 1 0.0 0 0 0	0.0 2 1 2 y 1	<b>0.17</b> 2 1 <b>0.00</b> 2 0	1.53 3 4 y 3	<b>4.68</b> 4 1 <b>0.00</b> 4 0
	0.0 0 0 1 y 0	<b>0.00</b> 1 1 <b>0.00</b> 1 0	0.00 2 3 y 2	<b>0.00</b> 3 1 <b>0.00</b> 3 0
		<b>0.00</b> 0 1 <b>0.00</b> 0 0	0.00 1 2 y 1	<b>0.00</b> 2 1 <b>0.00</b> 2 0
			0.00 0 1 y 0	<b>0.00</b> 1 1 <b>0.00</b> 1 0
				<b>0.00</b> 0 1 <b>0.00</b> 0 0

Fuente: elaboración propia

**Tabla 9.** Rejilla cuatrinomial (t=5 a t=1).

T=0		T=1		T=2		T=3		T=4		T=5	
1=S!	0=F!	1=S!	0=F!	1=S!	0=F!	1=S!	0=F!	1=S!	0=F!	1=S!	0=F!
Nodo	T!	Nodo	T!	Nodo	Nodos t+1	Nodo	Nodos t+1	Nodo	T!	Nodo	T!
<b>0.0</b>		0.0		0.1		<b>6.1</b>		<b>16.</b>		30.	
<b>0</b> 0 1		7 1 1		5 2 3 y 2		<b>8</b> 3 4 y 3		<b>23</b> 4 1		93 5 1	
<b>0.0</b>		0.0						<b>0.0</b>		0.0	
<b>0</b> 0 0		0 1 0						<b>0</b> 4 0		0 5 0	
		0.0		0.0		<b>0.5</b>		<b>4.6</b>		14.	
		0 0 1		1 1 2 y 1		<b>1</b> 2 3 y 2		<b>1</b> 3 1		35 4 1	
		0.0						<b>0.0</b>		0.0	
		0 0 0						<b>0</b> 3 0		0 4 0	



0.0 0 0 1 y 0	<b>0.0</b> <b>0</b> 1 2 y 1	<b>0.0</b> <b>0</b> 2 1 <b>0.0</b> <b>0</b> 2 0	6.2 0 3 1 0.0 0 3 0
	<b>0.0</b> <b>0</b> 0 1 y 0	<b>0.0</b> <b>0</b> 1 1 <b>0.0</b> <b>0</b> 1 0	2.3 0 2 1 0.0 0 2 0
		<b>0.0</b> <b>0</b> 0 1 <b>0.0</b> <b>0</b> 0 0	0.6 3 1 1 0.0 0 1 0
			0.1 0 0 1 0.0 0 0 0

Fuente: elaboración propia

Las tablas 8 y 9 exponen el proceso recursivo y en negritas e itálicas los periodos de decisión. El valor del proyecto es cero, consecuentemente la decisión racional indica que arroja el modelo es no invertir en los estudios preclínicos, y consecuentemente desechar el proyecto. La inversión inicial requerida de \$2 millones es superior al valor actual de los flujos de fondos esperados de todo el proyecto,  $Max\{(0.4472 \times \$0.07 + (1 - 0.4472) \times \$0) \times e^{-0.025} - 2; 0\} = 0$ ; siendo el valor actual de los flujos es  $0.4472 \times \$0.07 = \$0.03$ , o, (\$33,4174).

Se puede apreciar que el resultado financiero obtenido es más realista que en el modelo binomial y el árbol de decisión. En el binomial se sobrevalora el proyecto inflando la volatilidad, al resumir en una sola cifra todos los riesgos del proyecto. En el árbol de decisión se usa la tasa de costo de capital independientemente de los diferentes riesgos de las estrategias (secuencias) del proyecto.

### 3.4 El modelo: Cuatrinomial y volatilidades cambiantes.

Finalmente se analiza el funcionamiento del modelo numérico propuesto. Para ello se utilizan las ecuaciones 10 y 11. La primera permite obtener los coeficientes de ascenso y descenso máximos. Estos son estimados con la máxima volatilidad proyectada, asumiendo que la resolución de incertidumbres tecnológicas, genera información sobre el producto reduciendo el riesgo de mercado. La evolución de la volatilidad se vincula de manera directa *ad-hoc* al avance en las etapas tecnológicas. El riesgo inicial abarca los periodos 1 a 3, asciende a un  $\sigma_{max} = 75\%$ . Los siguientes valores para los coeficientes son  $u_{max} = 1.6994$ ;  $d_{max} = 0,5884$ . Los coeficientes neutrales al riesgo máximos obtenidos son  $pi_{(max)} = 0,3922$  y  $1 - pi_{(max)} = 0,6067$ . La ecuación 11 es el vehículo para obtener los coeficientes neutrales al riesgo intermedios.

**Tabla 10.** Volatilidades por etapas y coeficientes equivalentes ciertos

Volatilidad		Periodos	$p_u$	$1-p_u$
$\sigma_1$	75.00%	1 al 3	0.39322	0.60678
$\sigma_2$	65.00%	3 al 8	0.29535	0.70465
$\sigma_3$	50.00%	8 al 10	0.17477	0.82523

Fuente: elaboración propia

Para proyectar el proceso estocástico correspondiente al valor intrínseco del activo, se requiere de utilizar los parámetros de máximo movimiento de ascenso y descenso. Estos construidos con el máximo nivel de volatilidad. La rejilla queda planteada de la siguiente manera.

**Tabla 11.** Rejilla binomial volatilidad cambiante

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>29,8</b>	50.6	86.0	146.1	248.3	422.1	717.3	1219.0	2071.7	3520.9	5983.8
	17.5	29.8	50.6	86.0	146.1	248.3	422.1	717.3	1219.0	2071.7
		10.3	17.5	29.8	50.6	86.0	146.1	248.3	422.1	717.3
			6.1	10.3	17.5	29.8	50.6	86.0	146.1	248.3
				3.6	6.1	10.3	17.5	29.8	50.6	86.0
					2.1	3.6	6.1	10.3	17.5	29.8
						1.2	2.1	3.6	6.1	10.3
							0.7	1.2	2.1	3.6
								0.4	0.7	1.2
									0.3	0.4
										0.1

Fuente: elaboración propia

La lógica de resolución correspondiente a riesgos tecnológicos es similar a la planteada en el apartado 3.3. La diferencia con la tabla 7 reside en que los coeficientes neutrales propios del riesgo de mercado no permanecen constantes. Esta circunstancia implica también recalcular los coeficientes cuatrinomiales (ecuaciones 12.1 a 12.4).

**Tabla 12.** Resolución de incertidumbres y etapas del proyecto con volatilidad cambiante.

Periodo	Resolución Tecnológica	Proceso	$p_u$	$p_d$	$p_{u1u2}$	$p_{u1d2}$	$p_{d1u1}$	$p_{d1d2}$
0		B	0.393	0.607				
1		B	0.393	0.607				
2		Q 1: basada en Laboratorio			0.0197	0.0303	0.3736	0.5764
3	Laboratorio (1)	Q 2: basada en Autorización			0.2215	0.5285	0.0738	0.1762
4	Autorización (2)	B	0.295	0.705				
5		B	0.295	0.705				
6		B	0.295	0.705				
7		Q 3: basada en Experimental			0.0738	0.1762	0.2215	0.5285

8	Experimental (3)	B	0.175	0.825				
9		Q 4: basada en Aprobación			0.1311	0.6189	0.0437	0.2063
10	Aprobación vacuna (4)	B	0.175	0.825				

Fuente: elaboración propia

La resolución de las opciones secuenciales se realiza recursivamente, similar al modelo cuadrinomial con volatilidad constante. A continuación, se exponen las rejillas,

**Tabla 13.** Rejilla cuadrinomial volatilidad cambiante (t=10 a t=6).

T=6		T=7		T=8		T=9		T=10	
1=S! 0=F!	1=S! 0=F!	1=S! 0=F!	1=S! 0=F!	1=S! 0=F!	1=S! 0=F!	1=S! 0=F!	1=S! 0=F!	1=S! 0=F!	1=S! 0=F!
Nodo	T!	Nodo	Nodos t+1	Nodo	T!	Nodo	Nodos t+1	Nodo	T!
60. 80 6 1 0.0 0 6 0		117. 18 7 8 y 7		<b>897.</b> <b>58</b> 8 1 <b>0.00</b> 8 0		2008. 23 9 10 y 9		<b>5973.</b> 1 <b>76</b> 0 1 1 <b>0.00</b> 0 0	
19. 86 5 1 0.0 0 5 0		39.3 5 6 7 y 6		<b>305.</b> <b>78</b> 7 1 <b>0.00</b> 7 0		690.5 2 8 9 y 8		<b>2061.</b> <b>74</b> 9 1 <b>0.00</b> 9 0	
5.6 9 4 1 0.0 0 4 0		12.4 1 5 6 y 5		<b>100.</b> <b>88</b> 6 1 <b>0.00</b> 6 0		234.3 0 7 8 y 7		<b>707.2</b> <b>9</b> 8 1 <b>0.00</b> 8 0	
1.1 5 3 1 0.0 0 3 0		3.08 4 5 y 4		<b>29.9</b> <b>4</b> 5 1 <b>0.00</b> 5 0		76.34 6 7 y 6		<b>238.3</b> <b>5</b> 7 1 <b>0.00</b> 7 0	
0.1 1 2 1 0.0 0 2 0		0.39 3 4 y 3		<b>5.37</b> 4 1 <b>0.00</b> 4 0		21.65 5 6 y 5		<b>75.98</b> 6 1 <b>0.00</b> 6 0	
0.0 0 1 1 0.0 0 1 0		0.00 2 3 y 2		<b>0.00</b> 3 1 <b>0.00</b> 3 0		2.71 4 5 y 4		<b>19.77</b> 5 1 <b>0.00</b> 5 0	
0.0 0 0 1 0.0 0 0 0		0.00 1 2 y 1		<b>0.00</b> 2 1 <b>0.00</b> 2 0		0.04 3 4 y 3		<b>0.31</b> 4 1 <b>0.00</b> 4 0	
		0.00 0 1 y 0		<b>0.00</b> 1 1 <b>0.00</b> 1 0 <b>0.00</b> 0 1		0.00 2 3 y 2 0.00 1 2 y 1		<b>0.00</b> 3 1 <b>0.00</b> 3 0 <b>0.00</b> 2 1	

<b>0.00</b> 0 0		<b>0.00</b> 2 0
	0.00 0 1 y 0	<b>0.00</b> 1 1 <b>0.00</b> 1 0
		<b>0.00</b> 0 1 <b>0.00</b> 0 0

Fuente: elaboración propia

**Tabla 14.** Rejilla cuatrinomial volatilidad cambiante (t=5 a t=0).

T=0		T=1		T=2		T=3		T=4		T=5	
1=S! 0=F!	1=S! 0=F!	1=S! 0=F!	1=S! 0=F!	1=S! 0=F!	1=S! 0=F!	1=S! 0=F!	1=S! 0=F!	1=S! 0=F!	1=S! 0=F!	1=S! 0=F!	1=S! 0=F!
Nodo	T!	Nodo	T!	Nodo	Nodos t+1	Nodo	Nodos t+1	Nodo	T!	Nodo	T!
<b>0.0</b> 0 0 1		0.0 1 1 1		0.0 2 2 3 y 2		<b>1.2</b> 9 3 4 y 3		<b>10.</b> 60 4 1		31. 16 5 1	
<b>0.0</b> 0 0 0		0.0 0 1 0						<b>0.0</b> 0 4 0		0.0 0 5 0	
		0.0 0 0 1		0.0 0 1 2 y 1		<b>0.0</b> 0 2 3 y 2		<b>0.0</b> 0 3 1		9.6 3 4 1	
		0.0 0 0 0						<b>0.0</b> 0 3 0		0.0 0 4 0	
				0.0 0 0 1 y 0		<b>0.0</b> 0 1 2 y 1		<b>0.0</b> 0 2 1		2.4 3 3 1	
								<b>0.0</b> 0 2 0		0.0 0 3 0	
						<b>0.0</b> 0 0 1 y 0		<b>0.0</b> 0 1 1		0.4 1 2 1	
								<b>0.0</b> 0 1 0		0.0 0 2 0	
								<b>0.0</b> 0 0 1		0.0 3 1 1	
								<b>0.0</b> 0 0 0		0.0 0 1 0	
										0.0 0 0 1	
										0.0 0 0 0	

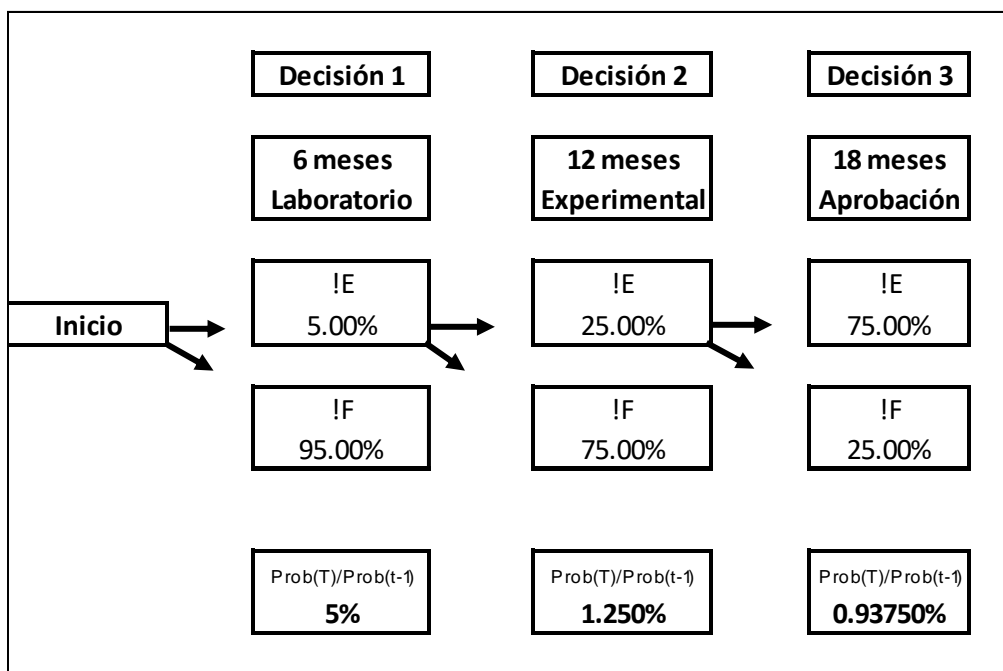
Fuente: elaboración propia

El resultado es consistente con el obtenido precedentemente, indica no invertir en los estudios preclínicos y abandonar el proyecto. La inversión inicial \$2 es superior al valor actual derivado de los flujos de fondos esperados en t=0,  $Max\{(0.4472 \times \$0.01 + (1 - 0.4472) \times \$0) \times e^{-0.025} - 2; 0\} = 0$ ; siendo el valor actual  $0.4472 \times \$0.01 = \$0.004$ , o sea, (\$4.400).

### 3.5 Análisis de resultados

A la luz de los resultados obtenidos se presentan importantes diferencias entre los modelos analizados. El método de árboles de decisión calculó el flujo de fondos esperados por ramas con probabilidades “reales”, principalmente considerando el riesgo tecnológico. El ajuste por riesgo lo realiza con la misma tasa de costo del capital cualquiera sea la estrategia, en este caso del 11.26%. Esta es la principal debilidad del enfoque puesto que las estrategias no presentan el mismo riesgo, por ende, no pueden emplear la misma tasa. Por su parte el modelo binomial valora la flexibilidad estratégica empleando coeficientes neutrales al riesgo y tasa libre de riesgo. La volatilidad del 100% resume todas las fuentes de incertidumbre del proyecto (mercado y tecnológicos). Esto representa una debilidad manifiesta ya que el riesgo tecnológico y de mercado son independientes y deben abordarse por separado. Para ello es que se propone como herramienta un modelo cuatrinomial, o de opción exótica arco iris. Este ajusta y especifica los riesgos considerando las fuentes de mercado (volatilidad del 50%) y la incertidumbre tecnológica de manera independiente. A diferencia del modelo binomial no sobre dimensiona la volatilidad como cifra que engloba a todas las fuentes de incertidumbre. Al asumir que la mayor factibilidad tecnológica morigera el riesgo de mercado, el modelo se enriquece ajustando de manera variable la volatilidad de mercado en forma decreciente, (75%, 65%, 50%).

La siguiente tabla expone el proceso acelerado resumido a tres etapas de decisión, sin considerar riesgos de mercado y solamente la exposición a la resolución de incertidumbres tecnológicas.



**Gráfico 2.** Proceso acelerado tres etapas.

Fuente: elaboración propia

Suponiendo intervalos de tiempo de 6 meses, dejando de lado los tiempos de autorización por autoridades de salud para el inicio de las pruebas experimentales, asumiendo que la etapa experimental y la aprobación demandan 12 meses, el intervalo temporal se reduce a 18 meses aproximadamente. Dejando de lado el análisis estrictamente financiero, enfocándose en la resolución de incertidumbres tecnológicas y manteniendo las probabilidades de ocurrencia, el éxito de la etapa 3 tiene una probabilidad del 0.93%, siendo levemente superior al 0.7013%. Con este sencillo ejemplo, se demuestra lo desafiante para el sector privado y académico de este tipo de inversiones, más aún cuando hacen a temas de salud y de agenda pública prioritaria.

### **3.6 Limitaciones del modelo y futuras líneas de investigación**

Si bien el modelo cuatrinomial con volatilidad cambiante presenta ventajas sobre el modelo binomial de opciones secuenciales, deben destacarse algunas limitaciones que marcan las futuras líneas de investigación. En primer lugar, la falta de completitud de los mercados de capitales emergentes hace que la volatilidad no puede ser estimada, en virtud a la inexistencia de cartera de activos financieros negociados que repliquen la variabilidad de los flujos de fondos del proyecto. En ese caso es menester emplear funciones de utilidad isoelásticas calibradas en función al grado de aversión del agente (Milanesi, 2018 y 2019). Las fuentes de incertidumbre fueron modeladas a través de simulación en lo que respecta al riesgo de mercado, y de la experiencia del proceso de desarrollo en materia de incertidumbres tecnológicas. Una futura línea de investigación consistirá en trabajar las múltiples fuentes de riesgo con modelos biomiales de múltiples variables de estado (Gamba y Trigeorgis, 2007), (Korn y Muller, 2009) y (Zapata Quimbayo, 2019).

## **4. Conclusiones**

Es común la necesidad de resolver estrategias que reúnen problemas de decisiones secuenciales donde el inicio o abandono de la inversión dependerá del tradicional criterio económico de valor actual positivo. Una correcta evaluación de la estrategia requiere de herramientas que identifiquen y valoren a las fuentes de incertidumbre contenidas en las estrategias analizadas. Los árboles de decisión trabajan con flujos de fondos esperados en cada rama de decisión, estimados con probabilidades “reales”. Requieren de tasas de actualización ajustadas por el riesgo, propias de cada una de las estrategias planteadas. En la práctica son de difícil estimación producto de la no existencia de activos financieros que reflejen los riesgos de los cursos de acción planteados, sobre todo en nuevos proyectos o en el caso de mercados emergentes.

La batería de herramientas que provee la teoría financiera es basta, pero solo algunos modelos logran reproducir en números la supuesta dinámica de las variables. Los árboles de decisión son un instrumento en sí para el planteo de decisiones secuenciales en forma extensiva, presentan el defecto de valuar considerando que el riesgo es el mismo para las ramas o cursos de acción, ya que utiliza la tasa de costo de capital la cual refleja riesgos sistémicos desde la perspectiva del inversor eficientemente diversificado. Las opciones reales y el modelo binomial avanzan un paso, pues resuelven la asignación del riesgo ajustando en los flujos de fondos con coeficientes equivalentes ciertos. El modelo no es eficaz para valorar decisiones donde estén presentes fuentes de

incertidumbre de mercado y operativas. La medida volatilidad, por lo general sobrestimada en el afán de resumir todos los riesgos, termina sobre valuando el valor estratégico del proyecto. Inclusive otro defecto es suponerla estable en el tiempo. El transcurso del tiempo por efecto aprendizaje y mayor información hace que los niveles de volatilidad de mercado morigeren.

Una construcción más lógica son las opciones arco iris, donde las fuentes de incertidumbre son tratadas de manera separada. Permiten segregar la medida volatilidad de mercado variable respecto de los riesgos operativos y tecnológicos, ajustando el valor por las fuentes de incertidumbre. Los resultados obtenidos compensan el efecto por volatilidad variable de mercado con el ajuste por riesgos tecnológicos. El modelo numérico aporta la variabilidad de la volatilidad de mercado, incorporando el valor estimado los efectos de la curva de aprendizaje y la mayor disponibilidad de datos, a medida que pasa el tiempo y se devela la incertidumbre tecnológica. Cabe destacar que el modelo es una respuesta sencilla y versátil, sin perjuicio dejar de mencionar los numéricos que abordan por separado y analíticamente el tratamiento de variables estado, funciones isoelásticas de utilidad y las probabilidades de transición. El importante grado de incertidumbre tecnológica y de mercado en este tipo de proyecto, el incipiente contexto de empresas biotecnológicas y la condición de emergente de los mercados de capitales, requiere de consorcios públicos-privados (academia, agencias, sector privado) para su fortalecimiento y la mejora de la salud pública.

## Referencias

- [1] Amram, M y Kulatilaka, N. (1998). *Real Options* (1 ed.). Boston, Massachusetts, Estados Unidos: Harvard Business School Press.
- [2] Arnold; T y Crack, T. (2003). *Option Pricing in the Real World: A Generalized Binomial Model with Applications to Real Options*. SSRN: Social Science Research Network SSRN. <https://doi.org/10.2139/ssrn.240554>
- [3] Brandao, L y Dyer; J. (2009). Projetos de Opcoes Reis com Incertezas Correlacionadas. *Revista de Administracao e Contabilidade da Unisinos*(1), 19-26. <https://doi.org/10.4013/base.2009.61.02>
- [4] Brandao, L., Dyer, J-Hahnn, W. (2012). Volatility estimation for stochastic project value models. *European Journal of Operational Research*, 220(3), 642-648. Brandao, L., Dyer, J-Hahnn, W. (2012). Volatility estimation for stochastic project value models. *European Journal of Operational Research*, 220(3), 642-648. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2012.01.059>
- [5] Brous, P. (2011). Valuing an early stage biotechnology investment as a rainbow option. *Journal of Applied Corporate Finance*, 23(2), 94-103. <https://doi.org/10.1111/j.1745-6622.2011.00331.x>
- [6] Castro Monge, E. (2010). El estudio de casos como metodología de investigación y su importancia en la dirección y administración de empresas. *Revista Nacional de Administración*, 2(1), 31-54. <https://doi.org/10.22458/rna.v1i2.332>
- [7] Chance, D. (2007). A Synthesis of Binomial Option Pricing Models for Lognormally Distributed Assets. SSRN <http://ssrn.com/abstract=1523548>, 1-25. <https://doi.org/10.2139/ssrn.969834>
- [8] Copeland, T y Tufano, P. (2004). A Real World to Manage Real Options. *Harvard Business School Review*(82), 90-99.
- [9] Copeland, T y Antikarov, V. (2003). *Real Options: a practitioner's guide*. New York: Cengage Learning.

- [10] Foster, J. (2010). Productivity, creative destruction and innovation policy: Some implications from the Australian experience. *Innovation: Management, policy & practice*(12), 355-368. doi:<https://doi.org/10.5172/impp.12.3.355>
- [11] Graeme, G. (2009). *Real Options in Theory and Practice (Financial Management Association Survey and Synthesis)*. Oxford: Oxford University Press.
- [12] Gamba, A y Trigeorgis, L. (2007). An Improved Binomial Lattice Method for Multi-Dimensional Options. *Applied Mathematical Finance*, 14(5), 453-475. doi:<https://doi.org/10.1080/13504860701532237>
- [13] Haahtela, T. (2011). *Estimating Changing Volatility in Cash Flow Simulation Based Real Options Valuation with Regression Sum of Squared Error Method*. SSRN: Social Science Research Network. <https://doi.org/10.2139/ssrn.1864905>
- [14] Jalonen, H. (2012). The Uncertainty of Innovation: A Systematic Review of the Literature. *Journal of Management Research*, 4(1), 2-36. doi: <http://dx.doi.org/10.5296/jmr.v4i1.1039>
- [15] Kodukula, P. y Chandra, P. (2006). *Project Valuation using Real Options: A practitioner's guide*. USA: J Ross Publishing.
- [16] Korn, R y Muller, S. (2009). The decoupling approach to binomial pricing of multi-asset options. *The Journal of Computational Finance*, 12(3), 1-30. doi:<https://doi.org/10.21314/jcf.2009.207>
- [17] Lari-Lavassani, A, Simchi, M y Ware, A. (2001). A discrete valuation of swing options. *Canadian applied mathematics quarterly*, 9(1), 35-73.
- [18] Marín Sanchez, F. (2010). Árboles binomiales para la valoración de opciones sobre procesos derivados de la ecuación diferencial estocástica autónoma. *Ingeniería y Ciencia*, 6(12), 145-170.
- [19] Medina Tamayo, R y Rodríguez Pinzon Y. (2010). Una revisión de los modelos de volatilidad estocástica. *Comunicaciones en Estadística*, 3(1), 79-97. <https://doi.org/10.15332/s2027-3355.2010.0001.05>
- [20] Milanesi, G. (2011). Flexibilidad estratégica, teoría de opciones reales y convergencia con el VAN empleando coeficientes equivalentes ciertos y probabilidades del "mundo real". *SaberEs*(3), 47-60. <https://doi.org/10.35305/s.v0i3.42>
- [21] Milanesi, G. (2018). Un modelo de opciones reales fuzzy y funciones isoelásticas de utilidad para valorar I&D en mercados incompletos. *Estocástica: Administración y Riesgo*, 8(2), 205-232.
- [22] Milanesi, G. (2019). Valuación de opciones reales, transformación de Edgeworth y funciones isoelásticas de utilidad. *ODEON*(16), 123-163. <https://doi.org/10.18601/17941113.n16.06>
- [23] Milanesi, G., Pesce, G y El Alabi, E. (2014). Valoración de empresas de base tecnológica: Análisis de riesgo y el modelo binomial desplazado. *Revista Española de Capital de Riesgo*(4), 15-24.
- [24] Nielsen, L. (1992). *Understanding  $N(d1)$  and  $N(d2)$ : risk adjusted probabilities in the Black-Scholes model*. <http://www.ltnielsen.com/wp-content/uploads/Understanding.pdf>
- [25] Num, J. (2015). *Real Options Analysis (Third Edition): Tools and Techniques for Valuing Strategic Investments and Decisions with Integrated Risk Management and Advanced Quantitative Decision Analytics* (3 ed.). CreateSpace Independent Publishing Platform.
- [26] Nielsen, L. (10 de 1992). *Understanding  $N(d1)$  and  $N(d2)$ : risk adjusted probabilities in the Black-Scholes model*. de <http://www.ltnielsen.com/wp-content/uploads/Understanding.pdf>
- [27] Ortt, J y Smits, R. (2006). Innovation management: different approaches to cope with the same trend. *International Journal of Technology Management*, 34(3), 296-318. doi:<http://dx.doi.org/10.1504/IJTM.2006.009461>
- [28] Pareja Vasseur, J, Prada Sánchez, M y Moreno Escobar, M. (2019). Volatilidad en Opciones Reales: Revisión literaria y un caso de aplicación al sector petrolero colombiano. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*(27), 136-155.
- [29] Salahaldin, L. (2016). *Real Options as a Tool for Value Creation: Evidence from Sustainable Development and Information Technology Sectors*. Wiley-ISTE.



- [30] Sánchez, M; Rosales, M y Pérez, F. (2019). Tendencias tecnológicas en el sector biotecnológico: análisis de patentes en México y Estados Unidos. *Economía Teórica y Práctica*(51), 17-44. doi:<http://dx.doi.org/10.24275/ETYPUAM/NE/512019/Morales>
- [31] Shockley, R. L. (2006). *An Applied Course in Real Options Valuation*. Thomson South-Western Finance.
- [32] Shockley, R-Curtis, S-Jafari, J-Tibbs, K. (2003). The Option Value of an Early-Stage Biotechnology Investment. *Journal of Applied Corporate Finance*, 15(2), 44-55. <https://doi.org/10.1111/j.1745-6622.2002.tb00694.x>
- [33] Smit, H y Trigeorgis, L. (2004). *Strategic Investment: Real Options and Games* (1 ed.). New Jersey, Estados Unidos: Princeton University Press.
- [34] Smith, J. (2005). Alternative Approach for Solving Real Options Problems. *Decision Analysis*(2), 89-102. <https://doi.org/10.1287/deca.1050.0041>
- [35] Smith, J y Nau, R. (1995). Valuing Risky Projects: Option Pricing Theory and Decision Anaysis . *Management Science*(5), 795-816. <https://doi.org/10.1287/mnsc.41.5.795>
- [36] Trigeorgis, L. (1995). *Real Options in Capital Investment: Models, Strategies and Applications* (1 ed.). London, United Kindgon: Praeger.
- [37] Trigeorgis, L. (1997). *Real Options: Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocations* (2 ed.). Cambridge: MIT Press.
- [38] Wilmott, P. (2009). *Frequently Asked Questions in Quantitative Finance* (Segunda ed.). United Kingdom: John Wiley & Sons.
- [39] Zapata Quimbayo, C. (2019). Valoración de opciones reales con múltiples incertidumbres mediante modelos K dimensionales. *ODEON*, 16, 97-121. doi:<https://doi.org/10.18601/17941113.n16.05>

## The Relationship Between Share Prices and DUPONT Model Components: Evidence from Mexican Stock Market

Luis Manuel Tovar Rocha<sup>1</sup> - Universidad Anáhuac México Norte, México

Julio Téllez Pérez - Universidad Anáhuac México Norte, México

Gabriel Alberto Agudelo Torres - Instituto Tecnológico Metropolitano Medellín, Colombia

### Abstract

This article presents the possible association between the three components (profit generation, asset efficiency and financial leverage) of the DUPONT ratio and share prices. The generalized method of moments (GMM) estimation was used with a sample of 23 companies traded on the Mexican stock exchange between 2008 and 2016, considering a period of three days before and three days after the presentation of the quarterly results. It is noted that the generation of profit and efficiency are the components of the DUPONT model that are strongly associated with stock prices, while the leverage effect is the component with the least impact. This empirical work is intended to help understand the relationship between accounting information and stock prices. The study identifies variables that influence decision-making and does not seek to be a predictive model of the value of actions in the future. This research differs from previous studies because it considers the volatility index (VIMEX) as a control variable.

*JEL Classification: C23, D53, E32, E44, G12.*

*Keywords: Valuation, financial analysis, multiples, financial ratios, volatility.*

## La relación entre los precios de las acciones y los componentes del modelo DUPONT: evidencia del mercado de valores mexicano

### Resumen

En este artículo se presenta la posible asociación entre los tres componentes (generación de beneficios, eficiencia de activos y apalancamiento financiero) de la razón DUPONT y los precios de las acciones. Se utilizó la estimación del Método Generalizado de Momentos (GMM) con una muestra de 23 empresas cotizadas en la Bolsa Mexicana entre 2008 y 2016, considerando un período de tres días antes y tres días después de la presentación de los resultados trimestrales. Se observa que la generación de beneficios y eficiencia son los componentes del modelo DUPONT que están fuertemente asociados con los precios de las acciones, mientras que el efecto de apalancamiento es el componente con menor impacto. Este trabajo empírico pretende ayudar a comprender la relación entre la información contable y los precios de las acciones. El estudio identifica variables que influyen en la toma de decisiones y no busca ser un modelo predictivo del valor de las acciones en el futuro. Esta investigación difiere de estudios anteriores porque considera el índice de volatilidad (VIMEX) como una variable de control.

*Clasificación JEL: C23, D53, E32, E44, G12.*

*Palabras clave: valoración, análisis financiero, múltiplos, razones financieras, volatilidad.*

<sup>1</sup> Corresponding author. Email: [luismanuel.tovar@anahuac.mx](mailto:luismanuel.tovar@anahuac.mx)

\* No source of funding for research development



## 1. Introduction

The analysis of the return on equity (ROE) is important for shareholders as it allows them to know if the capital invested generates economic benefits. The ROE is calculated by dividing the net profit by stockholders' equity and the result indicates the profit of the shareholders for each monetary unit invested in the company. The ROE's behavior is based on three key concepts: the ability to generate profits, the efficiency of companies in managing their total assets and the financial leverage effect. These concepts are analyzed together in the model known as DUPONT. The use of ratio has been used over time to measure the profitability of companies, the efficiency of the board of directors and as a relative measure to compare companies through industries, among other things (Jin 2017). The purpose of this investigation is to find a link between the reporting information and the stock market which explains the behavior of price shares during the quarterly results publication period. Trejo, Noguera and White (2015) found that the most used financial ratios by analysts to formulate their investment recommendations in Mexico are the return on capital (ROE) and the return on investments (ROI). The importance of both financial ratios is that they provide information that analysts use to form their investment positions expressed through their buy-sell recommendations (Bradshaw 2002). The ROE is expressed as a percentage and can be calculated for any company if the shareholders' net profit are positive, otherwise it is generally not calculated. Situations as accumulated losses from previous years, high loans or an aggressive share repurchase program may cause the result to be negative. In all cases, a negative or extremely high ROE must be analyzed in detail.

In line with the DUPONT ratio, ROE depends on the generation of profits measured through the net margin, the effectiveness measured by the rotation of the assets, and the financial leverage obtained from the division between total assets and stockholders' equity. By interpreting these results, it is possible to generate a complete perspective of how companies create value for their shareholders (Téllez 2019).

In view of the importance of the analysis of profitability by investors or financial analysts, the ROE is considered to be the measure *par excellence* of the profitability obtained during a certain period; however, when it is used as an assumption for financial projections, it does not contain information relevant to the forecasts to be made (Penman 1991). To do this, it is necessary to be correlated with price to book value ratio (P/B) to incorporate information for forecasting profits (Ou and Penman 1989).

This research differs from previous studies because it considers the volatility index (VIMEX) as a control variable, which represents the 90-day market outlook for the Mexican Stock Exchange (BMV), providing a measure of market risk and investors' sentiments reference and what buyers and sellers expect to happen. Unfortunately, the VIMEX was published until august 2017 due to the lack of transactions of the derivatives market and there is no other indicator can replace it that fulfills the purpose of this research, for this reason the analysis period ends in 2016.

The generalized method of moment (GMM) was used to estimate the price of the share and the DUPONT components by considering a period of three days before and three days after the presentation of the quarterly results of the 23 main companies listed on the Mexican stock exchange

from 2008 to 2016 (9 years). This set of companies represents more than 80 per cent of BMV's market capitalization and offers consistency in its financial indicators during the analysis period, in the same way, banking, real estate and insurance institutions are not included due to the parameters of analysis vis-à-vis companies in general. The evidence found indicates that profit generation and effectiveness are the components that present the greatest casual relation with the share prices three days before companies report profits, while financial leverage is the component with the lowest causal relationship of the three. The level of significance of the net margin and efficiency measured through the rotation of assets decreases significantly in the days following disclosure of accounting information. One possible explanation is that sales, net income, and total assets are the elements, due to their accounting nature, contain relevant information that contribute significantly to the formation of investors' expectations about the future of the company. Another possible explanation is analysts interpret the impact of the financial leverage effect on businesses by calculating other types of financial ratios, such as the total debt divided by stockholders' equity (D/E), the sum of both items results in the company's capital structure.

It should be noted that the study of the value relevance of accounting information in the Mexican stock market is practically non-existent, so this article contributes to the understanding of the functioning of capital markets in relation to the impact of information issued by listed companies in their financial statements.

The results of this empirical analysis may be of interest to the academy, companies and financial analysts, knowing that the ability to generate profits and the proper use of assets have a significant impact on the behavior of equity prices compared to the financial leverage. This evidence helps researchers and financial analysts to understand how the capital market assign prices to the book values of the companies and apply the appropriate financial ratio when they are evaluating companies.

The structure of the research work begins with the introduction, where the subject of the return of capital is presented conceptually, then a revision of the main empirical studies that have been carried out in this regard, to continue the description of the methodology used to determine the degree of association between the dependent variable and the independent variables selected in the hypothesis, and finally, the analysis of the results obtained by comparing them with previous researches.

## **2. Literature Review**

Ball and Brown (1968) laid the foundations for the study of the relationship between stock prices and accounting information. The authors demonstrate that the traditional accounting has relevant information that impacts stock prices. The results obtained by these authors have led other researchers to study the relationship between prices and accounting information by highlighting studies carried out by Penman (1991) which conclude that ROE is not relevant as a risk measurement, but it can explain profitability based on its components (DUPONT). Additionally, the author comments the ROE contains information for forecasting profits based on shareholders' equity historical evolution. Ohlson (1995) and Feltham and Ohlson (1995) have established the modern basis for studying the relevance of the value of accounting information and its relationship with the market value of businesses through a financial model known as Residual Income (RI). This financial

model links share prices to expected profits, returns and changes in the shareholders' book value. This model is based on three fundamental concepts: (a) the value of the company is the result of discounting expected dividends with a hurdle rate that reflects the risk of the investment, (b) the idea of clean surplus, which establishes that changes in the book value of stockholders' equity are equal to the profits of the period less dividends, leaving out transactions such as share repurchases and/or capital increases-decreases, (c) the latter concept refers to the fact that the contemporary residual benefit depends on the residual benefit of the previous period, on the understanding that the residual profit is the net profit generated in excess when the required minimum rate of return is reached. Durán, Lorenzo and Valencia (2007) applied the Ohlson model to a group of Mexican stock in the period 1991-2003, noting a significant value relevance of the stockholders' equity and net income with respect to share prices. This indicates that the components of the DUPONT model should be relevant when explaining the evolution of stock prices in the Mexican market.

With respect to the study of the value relevance of net income and stockholders' equity to explain the behavior of the shares, Easton and Harris (1991) found evidence suggesting that contemporary earnings expressed in levels and by variation has a significant relationship with the returns of the shares in a cross-sectional perspective rather than the analysis of the individual time series. Penman (1991) examines the return on capital in two dimensions, the first is ROE's ability to measure the relation between return and risk, and second is the information could provide to make financial projections. The author concluded ROE does not measure risk but provides information that helps forecast profits. Shroff (1995) concludes that contemporary profits have a high explanatory power to calculate the profitability of companies if they are somehow related to future profit expectations. The author also mentions that a high Price to Earnings ratio (PE) combined with a high ROE, contains information to estimate future profit growth. Fairfield and Yohn (2001) concluded that the typical breakdown of return on assets (ROA) in its two components, the net margin and asset rotation, does not provide sufficient elements for the preparation of financial projections, however, if consider the variation of return on assets ( $\Delta\%ROA$ ) and likewise its two components, provide relevant information to forecast the return on assets for the following year. Davis-Friday and Gordon (2005) examined the relevance of stockholders' equity value, net income, and cash flows during the 1994 financial crisis in Mexico, concluding that the relevance of shareholders' equity information content did not change significantly during the crisis period; on the contrary, it has increased its explanatory power over net profits. The explanatory power of net profits is affected by net losses. Soliman (2008) explores how financial analysts and investors make financial decisions based on the DUPONT components. The researcher noted that the change in asset turnover is highly related to future changes in efficiency and profit generation, compared with financial leverage. Also, the author mentions that market participants do not properly evaluate all the information contained in the return on capital, because in comparing analysts' projections with those elaborated under the DUPONT criterion and those made by others procedures, present significant bias. Botika (2012) analyses the impact of DUPONT ratio on the abnormal returns of companies on the Romanian capital market (2007-2010), noting for 2007, the market has given importance to profit generation and turnover. In 2008, the financial leverage is the only significant variable that explains the ROE's behavior, then in 2009 the three elements show a significant ratio to the company's returns. For 2010

the profit generation stands out as the relevant variable. This indicates that the importance of the value of DUPONT components depends on the current economic situation. Bauman (2013) explores the relationship between the return on net operating assets (RNOA) with the net margin finding that the direction (positive/negative) that takes the change in net margin significantly affects future changes in RNOA. Kharatyan et al. (2017) analyzed the possible effect of DUPONT components on the NASDAQ 100 and found that the natural logarithm transformation of each component has a greater correlation with ROE compared to its original format. The turnover of assets is the variable with the highest coefficient followed by net margin and leverage, indicating that in the period analyzed (2015) the investors focused more on productivity than profits or debt level.

### 3. Methodology

To find the causal relationship between the study variables, the ordinary least squares (OLS) method is used as follows:

$$P_t = \alpha + bx_t + \mu_t \quad (1)$$

Where  $t=1, \dots, T$ , considering  $t$  as time dimension,  $P_t$  the share price,  $\alpha$  and  $bx$  are the vectors of the coefficients (slopes) and  $\mu$  the random errors. If it is considered that the share price movement ( $P_t$ ) can be modelled through unexpected financial reporting information through  $bx$  modelling as follows:

$$bx_t = [X_t - E(X_t)] \quad (2)$$

Where  $X$  is the historical value of the ratio and  $E(X)$  is its expected future value. The difference between the two terms represents the unexpected information contained in each of the components of the DUPONT ratio. Replacing (2) in (1), it gets the following formula:

$$P_t = \alpha + b[X_t - E(X_t)] + \mu_t \quad (3)$$

Therefore, the price of shares is only affected by unexpected information that is not directly observed. To avoid the disadvantages caused by possible structural changes over time, Biddle et al. (1995) suggest should only considered a single delay period in  $E(X_t)$ , thus modifying formula (3), it is obtained:

$$P_t = \alpha + b_1(X_t) + b_2(X_{t-1}) + \mu_t \quad (4)$$

If a second or third independent variable is added to equation (4), with its respective delay, two econometric problems may arise. The first one is a possible two-way relationship between explanatory variables that generate an endogeneity problem (Baltagi 2005), and the second problem arises from the invariant characteristics over time (fixed effects) per unit found in random errors ( $\mu_t$ ) that could be related to the independent variables. To deal with both problems, a dynamic panel model was constructed whose parameters are estimated using the generalized method of moments

(GMM), using instrumental variables based on the differences and levels of the regressors (Arellano and Bond 1995, Blundell and Bond 1998) and proxy variables:

$$Pn_{it} = \alpha_{it} + Pn_{i,t-1} + \sum_{k=1}^k b_k Xn_{kit} + \sum_{k=1}^k b_k Xn_{ki,t-1} + \varepsilon_t \quad (5)$$

where  $i=1,\dots,N$ ,  $t=1,\dots,T$  and  $k=1,\dots,K$  considering  $i$  as the unit of study (cross section),  $t$  as the time dimension and  $k$  the independent variables. In addition,  $Pn_{it}$  represents the prices of contemporary shares,  $Pn_{i,t-1}$  as the lagged share prices and  $\varepsilon$  the specific errors. In order to obtain more efficient estimators, the heteroscedastic weight matrix (Roodman 2009) is used compared to those obtained using a homoscedastic weights matrix (one step) and using the Hansen test (1982) to identify possible overidentification problems of the instrument.<sup>2</sup>

In addition to the analysis of incremental association degree that independent variables may have with the dependent variable, a hypothesis test was performed using statistics  $F$  as follows:

$$\begin{aligned} H_0: b_1(X_t) = b_2(X_{t-1}) = 0 \\ H_A: b_1(X_t) = b_2(X_{t-1}) \neq 0 \end{aligned} \quad (6)$$

To avoid possible problems of multicollinearity and scale, the variables were standardized by the following transformation:

$$Z = (X_i - \bar{X}_i) / \sigma_i \quad (7)$$

considering  $Z$  as the standardized variable with zero mean and standard deviation of one,  $X_i$  is the variable of study in a moment  $i$ ,  $\bar{X}$  is the average of  $X_i$  within a given period and  $\sigma$  is the standard deviation of  $X_i$ .

## 4. Variables

As a dependent variable the closing price of the shares was considered ( $Pn_{it}$ ), which represents the price at which the trading of a financial asset ends on a specific day of trading on the capital markets. As independent variables, the three components of the DUPONT are taken into account, the net margin  $(UNn/VTn)_{it}$  obtained from dividing the net profit and sales of the last 12 months, the turnover of assets  $(VTn/ATn)_{it}$  calculated using the sales of the last 12 months by dividing with the total assets, and financial leverage  $(ATn/Cn)_{it}$  estimated as the division of total assets and stockholders' equity of a given period, in this case quarterly.

---

<sup>2</sup> Overidentification means that the number of moment restrictions exceeds the number of interest parameters. The instruments can overfit endogenous variables, failing to expunge their endogenous components and biasing coefficient estimates.

As a control variable, the Mexican volatility index (VIMEX) is used because all units (n) are exposed to the volatility of the Mexican economy (market risks). Also considered to be an exogenous variable because it's not affected by the estimates.

With the addition of the standardized variables from equation (7), the main equation is established to study the possible causal relationship between the variables proposed in this research work:

$$ZPn_{it} = b_0 + ZPn_{i,t-1} + b_1Z(UNn/VTn)_{it} + b_2Z(UNn/VTn)_{i,t-1} + b_3Z(VTn/ATn)_{it} + b_4Z(VTn/ATn)_{i,t-1} + b_5Z(ATn/Cn)_{it} + b_6Z(ATn/Cn)_{i,t-1} + b_7Vimex + \varepsilon_t \quad (8)$$

By estimating the equation (8), it is intended to determine the level of information provided by each of the three components of the DUPONT and how it affects the behavior of stock prices by analyzing the significance of the slope of the coefficient of the three variables, in contrast to the following hypothesis:

*H<sub>0</sub>: Which of the three components of the DUPONT model has a strong explanatory relationship (relevance of value) with share prices.*

## 5. Sample Description

A sample was formed with 23 (n = 23) Mexican Stock Exchange (BMV), companies public-trade during the period 2008-2016, that met the following filters: 1) showing complete financial information (t = 32 quarters), and 2) non-financial corporations (excluding banks, real estate and insurance companies). The financial information for the estimates was obtained from the Economatca database. Table 1 shows the statistical description of the variables sticking out the UN/VT ratio, showing an average of 13.25 per cent and a coefficient of variation of 0.90, being the component of the DUPONT with the greatest variation in the period analyzed and heterogeneity compared to asset rotation and financial leverage. The average of the VT/AT ratio is 0.77 meaning for each monetary unit invested in total assets, 0.77 is generated in proportion to sales. The financial leverage effect is the component that shows the lowest coefficient of variation since the corporate capital structure does not presents significant changes over time when companies operate at their current capacity. The capital structure changed when companies enter a phase of expansion mainly financed by debt (Caskey, Hughes and Liu 2012). For VIMEX, the greater the index, the greater the volatility. This variation reflects the economic situation (favorable/adverse) over a period of time. In 2008, the mortgage crisis in the United States of America led to the index reaching 38.1 points, reflecting the impact of that event on Mexican financial markets. Subsequently, VIMEX decreased in the following years to an average volatility of 14.48 points in 2016, representing a significant drop of 62%.



**Table 1.** Resume (2008 – 2016)

Variables	Average	Standard deviation	Min	Max	Coefficient of variation
<i>ROE*</i>	15.6%	17.9%	-135.5%	147.2%	1.15
<i>UN/VT*</i>	13.25%	11.97%	-33.6%	48.9%	0.90
<i>VT/AT*</i>	0.773x	0.433x	0.115x	3.701x	0.56
<i>AT/CC*</i>	2.283x	1.191x	1.050x	12.60x	0.52
<i>VIMEX<sup>x</sup></i>	21.52x	10.01x	10.14x	67.82x	0.46

\*Values without transformation and estimates were made on a quarterly basis with information from the last 12 months in the case of the income statement data.

<sup>x</sup> Used daily variation for calculations

Source: Researcher estimations / Stata v.14

Table 2 shows Pearson's correlation matrix where financial leverage is the variable with the highest linear relationship to share prices registering a positive correlation coefficient of 0.1727, following the net margin with a coefficient of 0.1014, both significant at 1%. The turnover of the assets has no relation to share prices as it has a non-significant probability. This could be explained in terms of what happened in 2008 as many Mexican companies showed high debt levels at the end of 2007, expecting 2008 to present the same features of economic growth as the previous years, however, the sudden fall in US markets, the debt became the central variable of analysis by market participants trying to determine the possible effect on profit generation, leaving in a second term the productivity of assets. To have a business strategy whose purpose is to streamline asset management, it is necessary the economy shows signs of long-term stability, otherwise, with a weak economy and uncertain in the short term, business survival will only be marked by the generation of profits. As for VIMEX, there is a negative correlation of 0.513 which indicates an inverse relationship with price fluctuations, interpreting that a high indicator value, the probability of a fall in the stock market, increases.

**Table 2.** Pearson's Correlation matrix (2008 – 2016)

	<i>P</i>	<i>UN/VTA</i>	<i>VTA/AT</i>	<i>AT/CC</i>	<i>Vimex</i>
<i>P</i>	1				
<i>UN/VTA</i>	.1014 (.006)***	1			
<i>VTA/AT</i>	.0278 (0.452)	.2804 (0.000)***	1		
<i>AT/CC</i>	.1727 (0.000)***	-.2929 (0.000)***	-.2236 (0.000)***	1	
<i>Vimex</i>	-0.513 (0.000)***	-.0156 (0.673)	-.0210 (0.5869)	-.1144 (0.001)	1

\*significant at 10%; \*\* significant at 5%; \*\*\*significant at al 1%

Source: Researcher estimations / Stata v.14

## 6. Empirical results

As a first step, Fisher's unit-root test (Fisher 1932, Maddala and Wu 1999) was performed to find unit root problems where the null hypothesis is all panels content unit roots. The table 3 shows the results of the different statistical tests indicating that there is not enough evidence to accept the null hypothesis and it is concluded that the variables are stationary.

**Table 3.** Fisher Unit-Root test (2008 – 2016)

	<i>UN/VTA</i>	<i>VTA/AT</i>	<i>AT/CC</i>	<i>Vimex</i>
Inverse chi-squared	0.0097***	0.016**	0.000***	0.000***
Inverse normal	0.0132**	0.0303**	0.000***	0.000***
Inverse logit	0.0126**	0.0214**	0.000***	0.000***
Modified inv. Chi squared	0.0041***	0.0067***	0.000***	0.000***

\*significant at 10%; \*\* significant at 5%; \*\*\*significant at al 1%

Source: *Stata v,14*

Subsequently, the equation (8) was used to calculate the possible causal relationship between DUPONT components and the share prices for the period 2008-2016 (table 4). The results show  $(UN/VT)_{nit}$  and  $(UN/VT)_{nit-1}$  present the higher F statistic compared to that shown by asset turnover and financial leverage. This indicates that the net margin is the variable with the highest value relevance, which explains the changes in share prices three days before the presentation of the companies' quarterly financial reports, similar results obtained by Easton and Harris (1991), Dechow (1994) and Easton (1999). However, in the days following the company reported date, the relationship between the contemporary variable and the lagged variable decreases until the effect of the incremental information disappears completely on the third day. This can be explained from the point of view of the market and its perception of the ability of companies to generate profits, and how the effect (positive or negative) of the transitional elements that affect earnings fade as time passes (Beaver and Morse 1978). Another explanation may be that the expectations of the market of the forward earnings per share (EPS) are not satisfied, therefore the share price falls significantly. The importance of EPS by analysts is of such magnitude, that small variations in this multiple, significantly impacts the share prices. According to Trejo et al (2015), the EPS is the ratio most used by analysts of brokerage firms to make their investment decisions, inferring that the income statement, and everything that happened inside it, has more value relevance than balance sheet components.

It should also be noted that the delayed variables corresponding to the net margin and turnover of assets show negative signs, indicating an inverse relationship with the price of the shares, emphasizing that companies that present a low level of profit growth or efficiency over a year tend to record high multiples the following year (Molodovsky 1953). The transition from the delayed variable to the contemporary variable is based on the idea that the market has an opinion about the performance of the company and when that opinion changes, means the market's expectations about growth of profits and return of capital are adjusted with the new information provided by the financial reports of companies. The policy of paying dividends also has an important role too, because

without it, the expected benefit would be limited only to the change in the price of shares, increasing their exposure to market risks due to the implementation of a strategy for the repurchase of shares replacing dividends (Fama and French 1992, 1995).

The variable that measures the financial leverage has no relation to the movements of stock prices days before and after the delivery of the financial information, perhaps due to VIMEX index and the delayed variables of the net margin and assets turnover already incorporate, in some way, the effects of market risk that affect the capital structure.

## 7. Conclusions

This study analyses the relationship between the components of the DUPONT ratio and the movements of share prices in the days preceding and following the date of the quarterly financial report. DUPONT is an analytical model widely used by financial analysts to understand the behavior of return of equity. The evidence suggests that profit generation is the most important variable that explains the movement of stock prices. Investors and financial analysts care more about the ability of companies to obtain gains every quarter than improvements in efficiency or a good management of financial leverage.

Considering financial analysts are the main users of information contained in the financial reports of the companies, it is possible to apply the results of this study to reduce the set of ratios, normally used, that allow the development of simple and straightforward financial models.

Asset efficiency is the main component that supports investment strategies in the long term. For this to work, its necessary to have the following elements: a better institutional ecosystem, strong legal frameworks, effective corporate governance practices, a solid economy, among others. However, the short and long-term weakness of the Mexican economy make companies implement short-term strategies to survive in the face of uncertainty, where profit generation is the priority.

We recognize as a limitation in our study the lack of comparison with the financial reports issued by analysts to verify the outcomes and the size of the sample. Despite the fact the Mexican capital market is small and poorly developed, the methodology used is robust and the results obtained have a strong statistical support. Therefore, the results are relevant and complement with new findings the knowledge of this line of research.

This empirical work aims to contribute to the understanding of the relationship between accounting information and stock prices, where research on this subject in Mexico is growing. As a possible future line of research, it is recommended to explore the relevance of the value of different financial ratios such as liquidity and solvency in relation to stock price behavior, use this methodology to study other markets in Latin America or countries with more developed capital markets such as the United States and Europe.

**Table 4.** Generalized method of moments (GMM) 2008-2016

<i>Variable</i>	$P_{t-3}$	$P_{t-2}$	$P_{t-1}$	$P$	$P_{t+1}$	$P_{t+2}$	$P_{t+3}$
$UN/Vt_{nit}$	-0.09*	-0.08*	-0.11**	-0.10*	-0.12*	-0.10*	-0.08
	(-1.89)	(1.67)	(-2.23)	(-1.93)	(-1.78)	(-1.92)	(-0.88)
$UN/Vt_{nit-1}$	0.09*	0.15**	0.10*	0.12**	0.06	0.09	0.14
	(1.76)	(2.32)	(1.84)	(2.21)	(1.02)	(1.50)	(1.52)
$F^a$	11.97***	23.19***	11.81***	24.43***	14.97***	8.21***	2.22
	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.00)	(0.15)
$VT/AT_{nit}$	-0.13***	-0.16***	-0.22**	-0.13*	-0.14	-0.11	-0.22
	(-2.96)	(-2.95)	(-1.93)	(-1.76)	(-1.39)	(-1.41)	(-1.73)
$VT/At_{nit-1}$	0.10*	0.07	0.05	0.06	0.08	0.04	0.16**
	(1.67)	(1.27)	(0.67)	(1.39)	(1.07)	(0.57)	(2.44)
$F^a$	5.57**	8.86**	2.21	6.76**	6.97**	1.39	5.80**
	(0.03)	(0.03)	(0.15)	(0.02)	(0.02)	(0.25)	(0.03)
$AT/C_{nit}$	0.10	0.07	0.01	0.06	0.08	0.08	0.15**
	(0.07)	(1.30)	(0.03)	(1.47)	(1.18)	(1.07)	(2.11)
$AT/C_{nit-1}$	0.06	0.10*	0.11*	0.11*	0.04	0.02	0.14
	(1.06)	(1.87)	(2.38)	(2.81)	(0.68)	(0.24)	(1.66)
$F^a$	1.25	0.28	1.30	0.63	0.46	0.34	0.01
	(0.28)	(0.60)	(0.27)	(0.44)	(0.50)	(0.57)	(0.93)
$VIMEX$	0.22***	0.20***	0.18***	0.19***	0.21***	0.17***	0.17***
	(4.99)	(4.76)	(5.31)	(6.30)	(5.39)	(8.10)	(6.88)
<i>Constant</i>	-0.20***	-0.19***	-0.20***	-0.22***	-0.20***	-0.19***	-0.16***
	(-8.65)	(-8.52)	(-11.23)	(-11.83)	(-8.74)	(-6.51)	(-5.36)
$AR(1)$	0.00***	0.00***	0.08*	0.01***	0.00***	0.01***	0.00***
$AR(2)$	0.71	0.89	0.92	0.70	0.25	0.93	0.11
<i>Hansen test</i> <sup>b</sup>	0.70	0.88	0.83	0.89	0.59	0.81	0.37
<i>Observations</i>	851	851	851	851	851	851	851

\* significant at 10%; \*\* significant at 5%, \*\*\*significant at al 1%

<sup>a</sup> The p-value in parentheses represents the statistical test of two queues of the null hypothesis of information content absent,  $H_0: b_1Z(X_t) = b_2Z(X_{t-1}) = 0$ .

<sup>b</sup> Statistical test of the null hypothesis of non-overidentification of the instruments (two-step).

Source: Researcher estimations / Stata v.14

## References

- [1] Arellano, M. & Bond, S.R. (1991). Some Tests of Specification for Panel Data: Monte Carlo Evidence and an Application to Employment Equations, *Review of Economic Studies*, 58, 277-297. <https://doi.org/10.2307/2297968>
- [2] Ball, R. & Brown P. (1968). An Empirical Evaluation of Accounting Income Numbers. *Journal of Accounting Research*, 6, 159-178. <https://doi.org/10.2307/2490232>
- [3] Baltagi, H.B. (2005). *Econometric Analysis of Panel Data* (3rd ed.). New York: John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1017/s0266466600006150>
- [4] Basu, S. (1977). Investment Performance Of Common Stocks In Relation To Their Price-Earnings Ratios: A Test Of The Efficient Market Hypothesis. *The Journal of Finance*, 32(3), 663-682. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1977.tb01979.x>
- [5] Bauman, M.P. (2014). Forecasting operating profitability with DUPONT analysis: Further evidence, *Review of Accounting and Finance*, 13(2), 191-205. <https://doi.org/10.1108/RAF-11-2012-0115>
- [6] Beaver, W. & Morse, D. (1978). What Determines Price-Earnings Ratios? *Financial Analysts Journal*, 65-76. <https://doi.org/10.2469/faj.v34.n4.65>
- [7] Biddle, G.C., Seow, G. S. & Seigel, F. (1995), Relative versus Incremental Information Content. *Contemporary Accounting Research*, 12, 1-23. <https://doi.org/10.1111/j.1911-3846.1995.tb00478.x>
- [8] Blundell, R. & Bond, S. (1998). Initial conditions and moments restrictions in dynamic panel data models, *Journal of Econometrics*, 87, 115-143. [https://doi.org/10.1016/s0304-4076\(98\)00009-8](https://doi.org/10.1016/s0304-4076(98)00009-8)
- [9] Botika, M. (2012), The use of DUPONT analysis in abnormal returns evaluation: Empirical study of Romanian market. *Social and Behavioral Sciences*. 62, 1179-1183. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.202>
- [10] Bradshaw, M. (2002). The use of target prices to justify sell-inside analysts' stock recommendations. *Accounting Horizons*, 16(1), 27-41. <https://doi.org/10.2139/ssrn.303162>
- [11] Caskey, J., Hughes, J., & Liu, J. (2012). Leverage, excess leverage, and future returns. *Review of Accounting Studies*, 17(2), 443-471. <https://doi.org/10.1007/s11142-011-9176-1>
- [12] Collins, D.W., Maydew, E.L. & Weiss, I.S. (1997). Changes in the value-relevance of earnings and book values over the past forty years. *Journal of Accounting and Economics*, 24(1), 39-67. [https://doi.org/10.1016/s0165-4101\(97\)00015-3](https://doi.org/10.1016/s0165-4101(97)00015-3)
- [13] Davis-Friday, P. & Gordon, E.A. (2005). Relative valuation roles of equity book value, net income, and cash flows during a macroeconomic shock: the case of Mexico and the 1994 currency crisis. *Journal of International Accounting Research*, 4(1), 1-21. <https://doi.org/10.2308/jiar.2005.4.1.1>
- [14] Dechow, P.M. (1994). Accounting earnings and cash flows as measures of firm performance: The role of accounting accruals. *Journal of Accounting and Economics*, 18, 3 - 42. [https://doi.org/10.1016/0165-4101\(94\)90016-7](https://doi.org/10.1016/0165-4101(94)90016-7)
- [15] Durán Vázquez, R., Lorenzo Valdéz, A., & Valencia Herrera, Hbarton. (2009). Value Relevance of the Ohlson model with Mexican data. *Contaduría y Administración*, (223). <https://doi.org/10.22201/fca.24488410e.2007.624>
- [16] Easton, P. D. (1999). Security Returns and the Value Relevance of Accounting Data. *Accounting Horizons*, 13(4), 399-412. <https://doi.org/10.2308/acch.1999.13.4.399>
- [17] Easton, P. D., & Harris, T. S. (1991). Earnings as an Explanatory Variable for Returns. *Journal of Accounting Research*, Spring, 19-36. <https://doi.org/10.2307/2491026>
- [18] Fairfield, P.M. & Yohn, L.T. (2001). Using Asset Turnover and Profit Margin to Forecast Changes in Profitability. *Review of Accounting Studies*. 6, 371-385. <https://doi.org/10.1023/A:1012430513430>

- [19] Fama, E.F. & French, K.R. (1992). The Cross-Section of Expected Stock Returns. *Journal of Finance*, 47(2), 427-465. <https://doi.org/10.2307/2329112>
- [20] Fama, E.F. & French, K.R. (1995). Size and Boot-to-Market in Earnings and Returns. *Journal of Finance*, 50(1), 131-155. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1995.tb05169.x>
- [21] Feltham, G. A., & Ohlson, J. A. (1995). Valuation and Clean Surplus Accounting for Operating and Financial Activities. *Contemporary Accounting Research*, 11(2), 689-731. <https://doi.org/10.1111/j.1911-3846.1995.tb00462.x>
- [22] Fisher, R.A. (1932). *Statistical methods for research workers* (4<sup>th</sup> ed.). Oliver & Boyd. [https://doi.org/10.1007/978-1-4612-4380-9\\_6](https://doi.org/10.1007/978-1-4612-4380-9_6)
- [23] Hansen, L.P. (1982). Large Sample Properties of Generalized Method of Moments Estimators. *Econometrica*, 50(4), 1029-1059. <https://doi.org/10.2307/1912775>
- [24] Jin, Y. (2017). DUPONT Analysis, Earnings Persistence, and Return on Equity: Evidence from Mandatory IFRS Adoption in Canada. *Accounting Perspectives*, 16(3), 205-235. <https://doi.org/10.1111/1911-3838.12142>
- [25] Kharatyan, D., Lopes, J.C. & Nunes, A. (2017). Determinants of Return on Equity: Evidence From NASDAQ 100. XXVII Jornadas Hispano-Lusas Gestión Científica. <https://doi=10.1.1.610.5026&rep=rep1&type=pdf>
- [26] Maddala, G.S. & Shaowen Wu (1999). A Comparative Study of Unit Root Test with Panel Data and a New Simple Test. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*. 61(S1), 631-652. <https://doi.org/10.1111/1468-0084.0610s1631>
- [27] Molodovsky, N. (1953). A Theory of Price-Earnings Ratios. *Financial Analysts Journal*, November 1953, 65-80. <https://doi.org/10.2469/faj.v9.n5.65>
- [28] Ohlson, J. A. (1995). Earnings, Book Values, and Dividends in Equity Valuation. *Contemporary Accounting Research*, 11(2). <https://doi.org/10.1111/j.1911-3846.1995.tb00461.x>
- [29] Ou, J.A. & Penman, S.H. (1989). Accounting Measurement, Price-Earnings Ratio, and the information Content of Security Prices. *Journal of Accounting Research*, 27, 111-144. <http://dx.doi.org/10.2307/2491068>
- [30] Penman, S. H. (1991). An Evaluation of Accounting Rate-of-return. *Journal of Accounting, Auditing & Finance*, 80(2). <https://doi.org/10.2308/accr.2005.80.2.501>
- [31] Roodman, D. (2009). How to do xtabond2: An Introduction to difference and system GMM in stata. *The Stata Journal*, 9(1), 86-136. <https://doi.org/10.2139/ssrn.982943>
- [32] Shroff, P.K. (1995). Determinants of the Returns-Earnings Correlation. *Contemporary Accounting Research*, 11(1), 41-55. <https://doi.org/10.1111/j.1911-3846.1995.tb00480.x>
- [33] Soliman, M.T. (2008) The Use of DUPONT Analysis by Market Participants. *The Accounting Review*. 83 (3), 823-853. <https://doi.org/10.2308/accr.2008.83.3.823>
- [34] Téllez, J. (2019). La Eficiencia de los múltiplos de capital: Caso México 2008-2016, *Contaduría y Administración*, 64(4). <http://dx.doi.org/10.22201/fca.24488410e.2018.1651>
- Trejo, C.O., Noguera, M. & White, S. (2015). Financial ratios used by equity analyst's in Mexico and stock returns. *Contaduría y Administración*, 60, 578-592. <https://doi.org/10.1016/j.cya.2015.02.001>

## Neuro-wavelet Model for price prediction in high-frequency data in the Mexican Stock market

Ricardo Massa Roldán<sup>1</sup> - Centro de Investigación y Docencia Económicas, México

Montserrat Reyna Miranda<sup>2</sup> - Universidad Anáhuac México, México

Vicente Gómez Salcido - Investigador independiente

### Abstract

With the availability of high frequency data and new techniques for the management of noise in signals, we revisit the question, can we predict financial asset prices? The present work proposes an algorithm for next-step log-return prediction. Data in frequencies from 1 to 15 minutes, for 25 high capitalization assets in the Mexican market were used. The model applied consists on a wavelet followed by a Long Short-Term Memory neural network (LSTM). Application of either wavelets or neural networks in finance are common, the novelty comes from the application of the particular architecture proposed. The results show that, on average, the proposed LSTM neuro-wavelet model outperforms both an ARIMA model and a benchmark dense neural network model. We conclude that, although further research (in other stock markets, at higher frequencies, etc.) is in order, given the ever increasing technical capacity of market participants, the inclusion of the LSTM neuro-wavelet model is a valuable addition to the market participant toolkit, and might pose an advantage to traditional predictive tools.

*JEL Classification: C45, C53, C88, G14, G17.*

*Keywords: market efficiency, high frequency data, LSTM neural network, wavelet.*

## Modelo de neuro-onda para predicción de precios en datos de alta frecuencia en el Mercado Bursátil Mexicano

### Resumen

Con la disponibilidad de datos de alta frecuencia y nuevas técnicas para la filtración de señales, es pertinente preguntarse una vez más ¿podemos predecir los precios de los activos financieros? El presente trabajo propone un algoritmo para la predicción de retorno logarítmico del siguiente periodo. Se usan datos en frecuencias de 1 a 15 minutos, para 25 activos de alta capitalización en el mercado accionario mexicano. El modelo consiste en la aplicación de una wavelet seguida de una red neuronal de tipo Long Short-Term Memory (LSTM). En la literatura comúnmente se encuentra el uso de wavelets o de redes neuronales en aplicaciones financieras, la novedad de nuestro trabajo radica en la arquitectura particular que proponemos. Los resultados muestran que, en promedio, el modelo de neuro-wavelet propuesto supera tanto a un modelo ARIMA como a un modelo de red neuronal densa de referencia. Podemos concluir que, aunque más investigación es necesaria, dada la creciente capacidad técnica actual de los participantes del mercado, la inclusión del modelo LSTM neuro - wavelet al abanico de herramientas disponibles es de mucho valor, pues podría representar una ventaja sobre las herramientas predictivas tradicionales.

*Clasificación JEL: C45, C53, C88, G14, G17.*

*Palabras clave: eficiencia de mercados, datos de alta frecuencia, redes neuronales LSTM, ondeletas.*

<sup>1</sup> [Orcid.org/0000-0002-8499-5775](https://orcid.org/0000-0002-8499-5775). Laboratorio Nacional de Políticas Públicas, CIDE; CONACYT-CIDE, Programa Interdisciplinario de Regulación y Competencia Económica (PIRCE)

<sup>2</sup> Corresponding author. Av. Universidad Anáhuac 46, Col. Lomas Anáhuac, 52786, Naucalpan de Juárez, Estado de México, México. Email: [montserrat.reyna@anahuac.mx](mailto:montserrat.reyna@anahuac.mx). [Orcid.org/0000-0002-2793-6365](https://orcid.org/0000-0002-2793-6365)

\* No source of funding for research development



## 1. Introduction

Price predictability of a particular security is at the core of the activities of thousands of workers in the financial industry. From an academic standpoint, whether asset prices can be predicted using historical information relates to the evolution of the Efficient Market Hypothesis (EMH). In his seminal work, Fama (1970) describes an efficient market as one in which prices incorporate new information quickly and rationally. The EMH implies that if a market were to be efficient, prices will reflect all past and present information and any newly acquired information would be incorporated into the price instantaneously. If this hypothesis holds, then prices would follow a random walk and it would not be possible to generate and earn excess profits systematically (Malkiel, 2003). Simply put, as all the information is already incorporated into the price, the EMH implies that due to the stochastic behavior of prices, they cannot be predicted using past or present data.

Building over this hypothesis, the process of price forecasting typically assumes, not without an observational support, that markets are not efficient, therefore a price structure to be predicted can be expected. As stated by Hayek (1945), a price system plays a crucial role in incorporating information, the more relevance of such information, the greater the benefit that one agent can obtain in comparison to others. Under this perspective, it is common to find studies exploring the predictive possibility using daily, weekly or monthly returns. However, with the increasing availability of tools that allow the management and analysis of higher frequency data, new contributions can be made to the EMH's framework.

Violations to the EMH are known as anomalies, a term introduced by Ball (1978), and have been thoroughly discussed, both with high and low frequency data. Hendershott and Riordan (2011) argue that financial instrument prices have non-stationary and non-linear behavior due to the variety of agents operating in a given market, each with a different investment horizon and objective and covering the range from long term investors to intraday speculators to algorithms operating from a server in a datacenter. All agents affect the market not only individually but from their collective actions. The result of this interaction is encoded in a single price signal. Cohen et al. (2002) state that large investors contribute to the efficiency of markets by, first, accelerating the incorporation of information in prices and, second, by offsetting the irrational behavior of individual investors.

However, there are studies that argue that a diversity in participants in the market, with different positions, strategies, points of view and behaviors, creates a signal with noise, resulting in a price signal with very complex behavior (Black, 1986; Jefferies et al., 2001; Giardina and Bouchard, 2003). One argument for this complex behavior is that the EMH does not account for network latency. Latency is the delay between a signal and a response, which is crucial for price formation, and when market participants have different latencies they will receive the same information at a slight time offset, and even if they all shared the same strategy, they would commit transactions asynchronously (Kirilenko and Lamacie, 2015).

It becomes clear that there is a need to develop modeling tools capable of incorporating non-linear elements that, by construction, can capture the complexity of the price generating process.

Some of the most common stock price forecasting methods include ARIMA, GARCH, Ordinary Least Squares, and Maximum Likelihood, all of which have been widely studied (Ariyo et al, 2014). However, building on the price forecasting literature that deals with complex signals, large amounts



of high frequency data, and non-linear relationships in data, in the present work we propose the use of tools from the fields of Digital Signal Processing and Machine Learning as an attempt to outperform the traditional models when dealing with non-linear behavior of asset prices.

The proposed methodology consists of 2 steps. The first one involves the decomposition of the log-returns signal into simpler components based on methods in the field of Digital Signal Processing (DSP). These methods are commonly used for audio, image, and video processing, as well as data compression in order to decompose a complex signal into more manageable and simpler signals. In the context of financial price time series, the Wavelet transform has been used to split the single price signal with all its inherent complexity into several time series, each representing the behavior of the original signal across different frequency bands (Reboredo and Rivera-Castro, 2013; Chang and Fang, 2008; Caetano and Yoneyama, 2007). The expected result of this step is that by using wavelets to break up one time series into several time series (divided by frequency) and feeding them as inputs to the neural network model, the neural network will more easily learn how to use the short- and long-term information within the original signal. Due to the properties of the wavelet transform, all information in the original signal is retained in its wavelet representation.

After the wavelet transform, the second step consists of stacking a neural network. It is a Machine Learning technique that is able to capture the non-linear behavior contained in the prices. This Neurowavelet model has been used on traffic forecasting (Dunne and Ghosh, 2013), in streamflow forecasting (Mehr et al., 2013; Kisi, 2008), solar wind prediction (Nappoli et al., 2010). In financial time series analysis, the Neurowavelet model has been found to have superior performance to ARIMA and ARIMAX (Ortega and Khashanah, 2014). Building on the work of Ortega and Khashanah (2014), the novelty of this work lies in the use of a Maximal Overlap Discrete Wavelet Transform (MODWT) decomposition and a Long-Short Term Memory neural network and to predict the next period-return for frequencies of 1, 5 and 15 minutes.

The empirical strategy consists of using the information of the 25 most liquid assets in the Mexican Stock Exchange to perform their next-step prediction and compare the results with two alternative tools. The benchmark for this Wavelet-LSTM model is a Wavelet-Dense model, which uses a typical dense hidden layer instead of the LSTM hidden layer. Additionally, a conventional ARIMA (Box and Jenkins, 1970) model is also considered.

Our findings show that the Wavelet-LSTM outperforms, on average, both models. The remainder of the paper is structured as follows. The next section presents the literature review on wavelets, neural networks, and neuro-wavelets in finance. An explanation of the methodological aspects of the proposed model is found in the third section, followed by the description of data and the results of the empirical strategy. Concluding remarks are found in the last section.

## 2. Literature Review

### 2.1 Wavelets

Just as Ramsey (1999) stated, the contribution of wavelets to the finance field had great potential. By that time, several contributions had already been made, which can be reviewed in his work. Other noteworthy contributions are the work of Dremin and Leonidov (2008) where they filtered stock prices with a wavelet transform and found that the filtered series is characterized by volatility autocorrelation with large amplitude.

Caetano and Yoneyama (2007) use a wavelet decomposition to explain abrupt changes in stock prices while Aktan et al. (2009) propose the use of wavelets for the estimation of systematic risk in the Istanbul stock exchange, and Bruzda (2019) proposed their use to measure macroeconomic risk.

Building on their findings, we use a particular type of wavelet, the MODWT. This wavelet has been used to study asset prices because, as described by Zhu et al. (2014), it is useful to transform non-stationary and long-range dependent data into stationary and short-range dependent. On that end, Ardila and Sornette (2016) use the MODWT to analyze financial cycles. Ismail et al. (2016) compare a MODWT-EGARCH and a MODWT-GARCH model for prediction in African stocks, while Gupta et al. (2018) use a MODWT-VAR model to review the relationship between returns and volume in stock markets in India and China. Applications of MODWT for the Mexican or Latin-American case are, at most, scarce.

### 2.2 Neural networks

Neural networks are a Machine Learning tool used primarily for regression or classification tasks to approximate a function. They have also been used extensively in the study of financial data. However, some of the most notable works related to their performance in price forecasting, to our knowledge, are the ones by Maciel and Ballini (2008), Khashei and Bijari (2010), Adnan et al. (2011), Maknickiene and Maknickas (2012), and Ariyo et al. (2014), who found that a simple neural network outperforms SARIMA and GARCH models as well as other simple forecasting methods.

The type of neural network that seems to be a better fit for financial time series, particularly when modeling prices, is the recurrent neural network (RNN) due to its theoretical ability to retain information across time steps, Oancea and Ciucu (2014).

A problem that arises in practice is the difficulty for the RNN to reliably remember information from past time steps due to a phenomenon known as the Vanishing Gradient (Pascanu et al, 2013). Long-Short-Term-Memory (LSTM) is a type of RNN with gates that prevent the gradient from vanishing or exploding. LSTM introduces the concept of self-loops with context-conditioned weights. With a gated self-loop the time scale can be changed dynamically based on the input sequence. LSTM networks have been very successful in handwriting recognition, speech recognition, machine translation, and image captioning.

To that end, Fisher and Krauss (2018) state that LSTM is a suitable model for application in finance, although not much has been done. They find the LSTM outperforms a random forest, a deep neural net, and a logistic regression classifier when predicting the direction of change in the S&P500 index.

In a similar vein, Siami-Namini and Namini (2018) compare a LSTM neural network to ARIMA for the forecasting of financial data and find that former outperforms the latter. Choi and Lee (2018) use a series of stacked LSTM networks to predict financial time series and conclude that the model can capture non-linear behavior, while Hanson (2017) uses a LSTM neural network to forecast stock indices and shows that the outputs of the LSTM networks are similar to those obtained by ARMA and GARCH, but the neural network outperforms when predicting the direction of change.

## 2.3 Neurowavelets

Aussem and Murtag (1997) made one of the first works applying a wavelet decomposition and a neural network, they used a dynamic recurrent neural network trained on each resolution scale with the temporal-recurrent backpropagation algorithm and tested it on sunspots time series data.

The present work does not follow the neuro-wavelet concept introduced by Murtagh et al (2004), who define a wavelet network as a neural network in which activation functions have been replaced by wavelet functions. Instead, what we take a stance by using the concept of a neurowavelet as a layered model using first a wavelet transform, and then a neural network.

Such a model has been used in the prediction of financial time series by Minu et al. (2010), who find that a neurowavelet model outperforms GARCH and simple feedforward neural network models (FFNN models), while Zhang et al. (2001) used neurowavelet and FFNN models to forecast futures contracts and passed the forecast to a money management system to generate trades. They found that the neurowavelet model doubled the profit per trade.

More recently, Jamazi and Aloui (2012) use a wavelet and a multilayer backpropagation neural network to predict oil prices, they find the model performs better than the backpropagation neural network. Bao et al. (2017) use a wavelet transform followed by stack autoencoders and then a LSTM neural network for the forecast of the next day closing price for six market indices and their futures. They find their model outperforms a recurring neural network.

On the realm of high frequency data, Ortega and Khashanah (2014) apply a neurowavelet approach to 1-minute frequency data of Apple AAPL stock prices. They apply a non-decimated Haar wavelet decomposition followed by the Jordan (1997) and Elman (1990) networks, due to their ability to capture temporal patterns. They compare one, three and five-step ahead forecasting to ARIMA and ARIMAX and find that the neurowavelet model outperforms the other models. Arevalo et al. (2018) propose a discrete wavelet transform (DWT) and a deep neural network (DNN) to forecast one-minute and 3-minute log-returns of 19 stocks in the Dow Jones Index, and they find that the model has an accuracy rate between 64% and 76%. Our work is directly inspired by both studies and builds on them by proposing a neurowavelet model that uses Long Short-Term Memory (LSTM) units, which have internal logical gates that provide the model with an increased ability to remember data from previous time steps and to model even more complex non-linear behavior.

To the best of our knowledge, there is no existing literature that combines the Wavelet transform with an LSTM neural network in the context of high frequency price data.

## 3. Methodology

### 3.1 Wavelets and Neurowavelets

The proposed methodology consists of 2 steps. The first one involves the decomposition of the log-returns signal into simpler components using a MODWT transform, while the second one consists in stacking a neural network, commonly known as Neurowavelet.

Wavelets are an extension of Fourier analysis used to analyze nonstationary signals. According to Otazu (2008), the most important difference is that the Wavelet transform is defined in both the spatial frequency and spatial location, while the Fourier transform is only defined in spatial frequency. The Maximal Overlap Discrete Wavelet Transform (MODWT) is appropriate in the price forecasting process as it is time invariant (Percival and Walden, 2000).

Given the discrete wavelet transform with wavelet filter  $\{h_{j,i}\}$  and scaling filter  $\{g_{j,i}\}$ , the MODWT filters are defined as  $\bar{h}_{j,i} = h_{j,i}/2^{j/2}$  and  $\bar{g}_{j,i} = g_{j,i}/2^{j/2}$ . Then, if we have a time series  $\{X_t\}$ , the wavelet coefficients at level  $j$  are described by equations 1 and 2:

$$\bar{W}_{j,i} = \sum_{i=0}^{I_j-1} \bar{h}_{j,i} X_{t-imodN} \quad (1)$$

$$\bar{V}_{j,i} = \sum_{i=0}^{I_j-1} \bar{g}_{j,i} X_{t-imodN} \quad (2)$$

On the other hand, neural networks are Machine Learning tools used primarily for regression or classification tasks to approximate a function  $f^*$ . An important property of neural networks is their ability to model nonlinear behavior. Neurons –building blocks for function approximation machines that achieve statistical generalization– can be linear or nonlinear, and a combination of nonlinear neurons will result in a nonlinear network. Thus, the nonlinear behavior is not held at a neuron in particular, but rather spread across the network.

The basic elements of a neuron are: i) the connections between neurons –each carrying a weight that can be positive or negative–, ii) an adder –to sum the weighted input signals–; and iii) an activation function –to limit the amplitude of the output of a neuron in a linear or nonlinear manner–. The neuron can then be defined as shown in equations 3 and 4:

$$u_k = \sum_{j=1}^m x_j w_{kj} \quad (3)$$

$$y_k = \gamma(b_k + u_k) \quad (4)$$

Where,  $x_1, \dots, x_m$  are the input signals;  $w_{k1}, \dots, w_{km}$  are the weights of neuron  $k$ ;  $u_k$  is the combined linear output of the weighted input signals;  $b_k$  is the bias weight,  $\gamma(\cdot)$  is the activation function.  $y_k$  is the output signal of the neuron. The bias weight  $b_k$  applies an affine transformation to the output  $u_k$ .

Unsupervised learning algorithms attempt to learn a structure within a dataset without explicitly linking an input state with an output state. The learning algorithm used here falls strictly under supervised learning. It is necessary to have a training set with a number of inputs that correspond to known outputs –target response–. The network is presented with a training example and the network weights are adjusted in order to minimize the error or the distance between the predicted response and the expected response.

In a neural network, neurons can be stacked layer upon layer, where every layer feeds its output as the input to the next layer. The output is directed, so there are no feedback connections, thus there is no recurrence. A feedforward neural network (FFNN) is defined as described by equation 5.

$$y = f(x; \theta) \tag{5}$$

Where  $\theta$  represents the parameters that best approximate  $f^*$ . Each sample  $x$  has a corresponding label  $y \approx f^*(x)$ , which specifies what the output layer must be at every point  $x$ . The learning algorithm iterates to modify the parameters  $\theta$ , the weights of every neuron, to reach the desired output. The training data provides no indication to the learning algorithm about what it should do with the parameters or layers in the model, so it must decide how to best use these layers to approximate  $f^*$ .

The layers between the input layer and the output layer are known as hidden layers. By adding more hidden layers, the network can extract higher order statistics. Hidden layers are usually vectors, and their dimensionality determines the width of the model. Each element of the vector represents a neuron. This representation allows neurons to work as parallel units.

Neural networks are referred to in the form  $m - h_1 - h_2 - q$  where  $m$  is the number of source nodes,  $h_1$  and  $h_2$  the number of neurons in the hidden layers, and  $q$  the number of neurons in the output layer. Thus a  $10 - 5 - 1$  network has 10 inputs, 1 output, and 5 neurons in a single hidden layer.

Recurrent neural networks (RNN) are best suited to process sequential data  $x^{(1)}, \dots, x^{(\tau)}$  (Roman and Jameel, 1996) which is the case for financial market price data. A FFNN is modified with a connection that provides feedback, so it becomes a recurrent neural network.

Recurrent neural networks can scale to longer sequences than other types of networks. In that sense, the RNN updates the equations 6, 7 and 8 for every timestep between  $t = 1$  and  $t = \tau$ :

$$a^{(t)} = b + Wh^{(t-1)} + Ux^{(t)}, \tag{6}$$

$$h^{(t)} = \tanh(a^{(t)}), \tag{7}$$

$$o^{(t)} = c + Vh^{(t)}. \tag{8}$$

Where  $b$  and  $c$  are bias vectors, and matrices  $U$  (input to hidden),  $V$  (hidden to output) and  $W$  (hidden to hidden).

A problem that arises in RNN is that long term dependencies are not properly captured by the model because the gradients over timesteps either vanish or explode, resulting in instability during optimization (Pascanu et al., 2013). The exponentially smaller weights of long-term interactions eventually become so small that they lose effect. A widely used optimization algorithm to minimize the loss function during neural network training is stochastic gradient descent (Sirigiano and Spiliopoulos, 2017). This is the algorithm used in the empirical strategy of this work.

Because the computational cost of additive cost functions is  $O(m)$ , as the training set grows, the training time required increases significantly. To solve this problem, stochastic gradient descent approximately estimates the expectation of the gradient using a minibatch of samples. A minibatch  $B = \{x^{(1)}, \dots, x^{(m')}\}$  is drawn uniformly from the training set, where  $m'$  has a fixed size. Fitting a training set with billions of samples using updates from hundreds of samples is now possible, yet it is still a rather time-consuming task. The estimate of the gradient is given by equation 9.

$$g = \frac{1}{m'} \nabla_{\theta} \sum_{i=1}^{m'} L(x^{(i)}, y^{(i)}, \theta). \quad (9)$$

And it follows the estimated gradient in equation 10:

$$\theta \leftarrow \theta - \epsilon g. \quad (10)$$

Where  $\epsilon$  is the learning rate.

However, in practice the learning rate is not fixed, it decreases gradually over time, so that the learning rate at iteration  $k$  is  $\epsilon_k$ . For that, the conditions shown in equations 11 and 12 have to be met in order to guarantee convergence:

$$\sum_{k=1}^{\infty} \epsilon_k = \infty, \quad (11)$$

$$\sum_{k=1}^{\infty} \epsilon_k^2 < \infty. \quad (12)$$

As pointed out by Goodfellow et al., (2016), linear decay of the learning rate is often used in practice, which has the structure specified in equation 13:

$$\epsilon_k = (1 - \alpha)\epsilon_0 + \alpha\epsilon_{\tau}, \quad (13)$$

Where  $\tau$  is the iteration and  $\alpha = \frac{k}{\tau}$ , and  $\epsilon$ . Selecting the learning rate is a balance between learning speed and avoiding instability. If  $\epsilon_0$  is too large then the learning curve oscillates and the cost function increases, if set too low learning becomes slow and may become stuck.

### 3.2 Long Short-Term Memory (LSTM) neurowavelets

Finally, the LSTM is a type of RNN with gates that prevent the gradient from vanishing or exploding (Hochreiter and Schmidhuber, 1997). LSTM introduces the concept of self-loops with context-conditioned weights.

With a gated self-loop, the time scale can be changed dynamically based on the input sequence. Each unit is composed of LSTM cells, and each cell has the same inputs and outputs as a common recurrent network, with more parameters and a system of gates for flow control. Let  $f_i^{(t)}$  represent a gate unit, for timestep  $t$  and cell  $i$ , then it can be defined as shown in equation 14:

$$f_i^{(t)} = \sigma \left( b_i^f + \sum_j U_{i,j}^f x_j^{(t)} + \sum_j W_{i,j}^f h_j^{(t-1)} \right) \quad (14)$$

Where  $b^f$  is the bias,  $U^f$  the input weights, and  $W^f$  the recurrent weights. The external input gate unit can then be expressed as seen in equation 15:

$$g_i^{(t)} = \sigma \left( b_i^g + \sum_j U_{i,j}^g x_j^{(t)} + \sum_j W_{i,j}^g h_j^{(t-1)} \right) \quad (15)$$

And the output gate  $q_i^{(t)}$  is described by equation 16 and 17:

$$q_i^{(t)} = \sigma \left( b_i^0 + \sum_j U_{i,j}^0 x_j^{(t)} + \sum_j W_{i,j}^0 h_j^{(t-1)} \right) \quad (16)$$

$$h_i^{(t)} = \tanh \left( s_i^{(t)} \right) q_i^{(t)} \quad (17)$$

Where the internal state  $s_i^{(t)}$  is updated as shown in equation 18, leading to the internal logical gates in LSTM solving the vanishing gradient problem.

$$s_i^{(t)} = f_i^{(t)} s_i^{(t-1)} + g_i^{(t)} \sigma \left( b_i + \sum_j U_{i,j} x_j^{(t)} + \sum_j W_{i,j} h_j^{(t-1)} \right). \quad (18)$$

### 3.3 Activation Function and Architecture

To get the output from one layer to the next in the neural network, an activation function is used. There is a wide variety of them and Gomes et al (2011) present a comprehensive review of activation functions in finance.

For the present work, the selected activation function is the sigmoid, which is described in equation 19, and which has an S shaped graph. We use this activation function because it is non-linear, therefore it can capture non-linear behavior, and it is differentiable at every point.

$$\gamma(v) = \frac{1}{e^{-v} + 1}. \quad (19)$$

The structure of the network determines how many neurons it has, the connections between them, and how the layers are stacked. The stacking of layers is what gives depth to the model.

The first layer can then be defined as shown in equation 20,

$$h^{(1)} = g^{(1)}(W^{(1)T}x + b^{(1)}). \quad (20)$$

The second layer is shown in equation 21,

$$h^{(2)} = g^{(2)}(W^{(2)T}h^{(1)} + b^{(2)}). \quad (21)$$

And layer  $n$  is shown in equation 22,

$$h^{(n)} = g^{(n)}(W^{(n)T}h^{(n-1)} + b^{(n)}). \quad (22)$$

The universal approximation theorem (Hornik et al, 1989; Cybenko 1989) states that a feedforward network with a linear output layer and one or more hidden layers with any activation function can approximate any Borel measurable function from one finite-dimensional space to another with any desired non-zero error if the network has enough hidden units.

The derivatives of the feedforward network can also approximate the derivatives of the function. Any continuous function on a closed and bounded subset of  $\mathbb{R}^n$  is Borel measurable and therefore may be approximated by a neural network. While the universal approximation theorem states that a large enough feedforward network can represent the function, it doesn't guarantee that the training algorithm is able to learn that function. The theorem does not say how large the network must be. Therefore, our strategy consists in comparing two types of architecture, a dense architecture – where every node in a layer is connected to every other node in the forward layer–, and a LSTM architecture.

### 3.4 Optimization and Backpropagation

Optimization in neural networks consists of finding the parameters  $\theta$  for a neural network to reduce the cost function  $J(\theta)$  according to a performance measure  $P$ . This way the performance measure  $P$  is optimized indirectly. The cost function is defined by equation 23:

$$J(\theta) = E_{(x,y) \sim \hat{p}_{data}} L(f, (x; \theta), y). \quad (23)$$

Where  $L$  is the per example loss function,  $f(x; \theta)$  is the predicted output for input  $x$ ,  $\hat{p}_{data}$  is the empirical distribution, and  $y$  is the target output.

To minimize the objective function, the expectation is taken from the data generating distribution  $p_{data}$  and not only over the finite training set, as shown in equation 24:



$$J(\theta) = E_{(x,y) \sim p_{data}} L(f, (x; \theta), y). \quad (24)$$

In order to transform a machine learning problem into an optimization problem we minimize the expected loss on the training set by replacing the true distribution  $p(x, y)$  with the empirical distribution  $\hat{p}(x, y)$ . To minimize the empirical risk, this is shown in equation 25:

$$E_{(x,y) \sim \hat{p}_{data}} [L(f, (x; \theta), y)] = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m L(f, (x^{(i)}; \theta), y^{(i)}), \quad (25)$$

A word of caution must be made regarding this approach as the empirical risk minimization can lead to overfitting - a situation where the model memorizes the training set and cannot be generalized properly for samples outside the training set.

Finally, backpropagation is the method used to allow a neural network to learn by itself. If a neuron  $j$  is fed by a layer of neurons before it, the induced local field produced at the input of the activation function associated with neuron  $j$  is as described by equation 26:

$$v_j(n) = \sum_{i=0}^m w_{ji}(n) y_i(n). \quad (26)$$

Where  $m$  is the total number of inputs applied to neuron  $j$ . The function signal  $y_i(n)$  at the output of a neuron  $j$  at iteration  $n$  is given by equation 27:

$$y_i(n) = \gamma(v_i(n)). \quad (27)$$

The backpropagation algorithm applies a correction  $\Delta w_{ji}(n)$  to the weight  $w_{ji}(n)$  which is proportional to the partial derivative  $\partial \epsilon(n) / \partial w_{ji}(n)$ , which represents a sensitivity factor, determining the direction of search in weight space for the weight  $w_{ji}$ . This is shown in equation 28

$$\Delta w_{ji}(n) = -\eta \frac{\partial \epsilon(n)}{\partial w_{ji}(n)}, \quad (28)$$

Where  $\eta$  is the learning rate parameter for the backpropagation algorithm.

## 4. Data and Results

Figure 1 depicts the proposed methodology. The target output of our forecast is the log-return for one timestep in the future. Therefore, the two steps involved are:

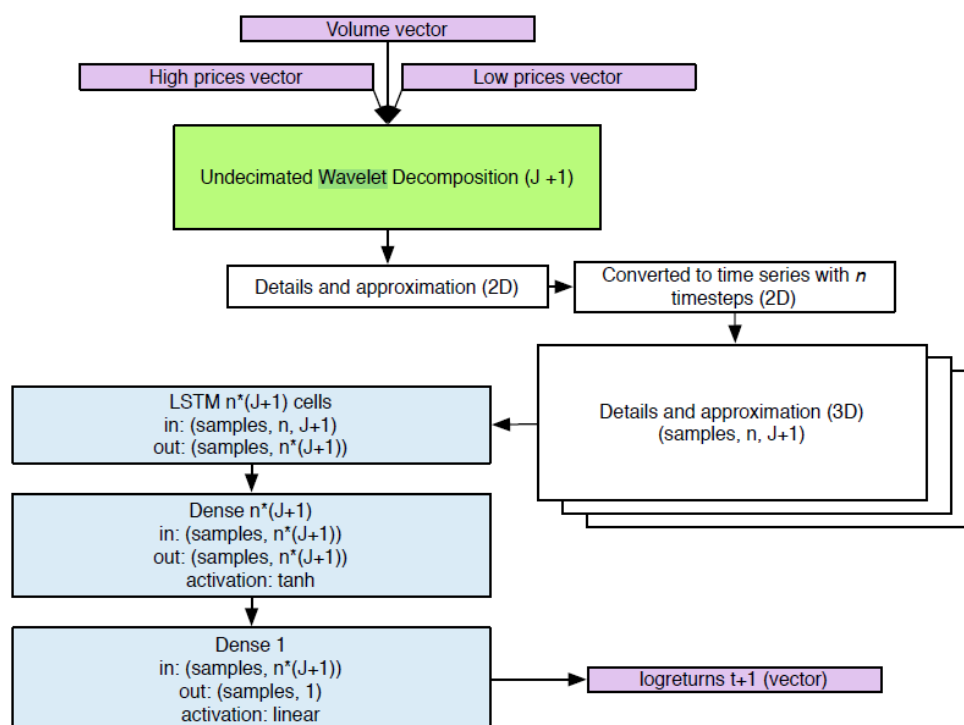
1. Apply a MODWT to decompose the signal of log-returns.
2. Fit a LSTM neural network to the filtered data. The optimization target is the Mean squared error (MSE).

While this seems enough to build and train a Wavelet-LSTM neural network, in practice there are many hyperparameters inherent to the network that must be specified and their values can be

the difference between the model converging or not converging, the speed of convergence, can result in overfitting, reaching different local minima, and computational cost.

The benchmark against which we compare the wavelet-LSTM model is an ARIMA model fitted to the data. We also compare the results to a wavelet-dense model in order to have a sense of the performance of the neural network itself.

We measure the ability of the model to reduce its mean squared error during training and to correctly forecast the direction –if the predicted return will be positive or negative–.



**Figure 1.** Wavelet-LSTM neural network. Source: Own elaboration.

## 4.1 Data

We use price data from 25 assets of the Mexican Stock market with time intervals for 1, 5, and 15 minutes. The selection of assets is based on the largest market capitalization value of the Mexican Stock Exchange for the period of analysis. The selection of intervals is based on the availability of data from the data provider (Bloomberg), and on previous studies: Bakhach et al (2018) and Ortega and Khashanah (2014) make use of a 1 minute interval, Carrion (2013) uses a 5 minutes interval, Martens (2002) uses 5 and 15 minutes intervals. For internal validation purposes, the period of analysis goes from February 2017 to July 2017, considering the Open, Maximum, Minimum and Close prices, as well as Volume. Data were obtained from Bloomberg. The list of assets can be found in Table 1.

**Table 1.** List of assets from the Mexican Stock Exchange

AMXL MM Equity	ELEKTRA* MMM Equity
WALMEX* MM Equity	PE&ONES* MM Equity
FEMSAUBD MM Equity	GCARSOA1 MM Equity
GFMEIXCOB MM Equity	IENOVA* MM Equity
GFNORTEO MM Equity	ALFAA MM Equity
KOFL MM Equity	CUERVO* MM Equity
TLEVICPO MM Equity	KIMBERA MM Equity
SANMEXB MM Equity	GAPB MM Equity
CEMEXCPO MM Equity	ASURB MM Equity
AC*MM Equity	GRUMAB MM Equity
BIMBOA MM Equity	MEXCHEM* MM Equity
GFINBURO MM Equity	PINFRA* MM Equity

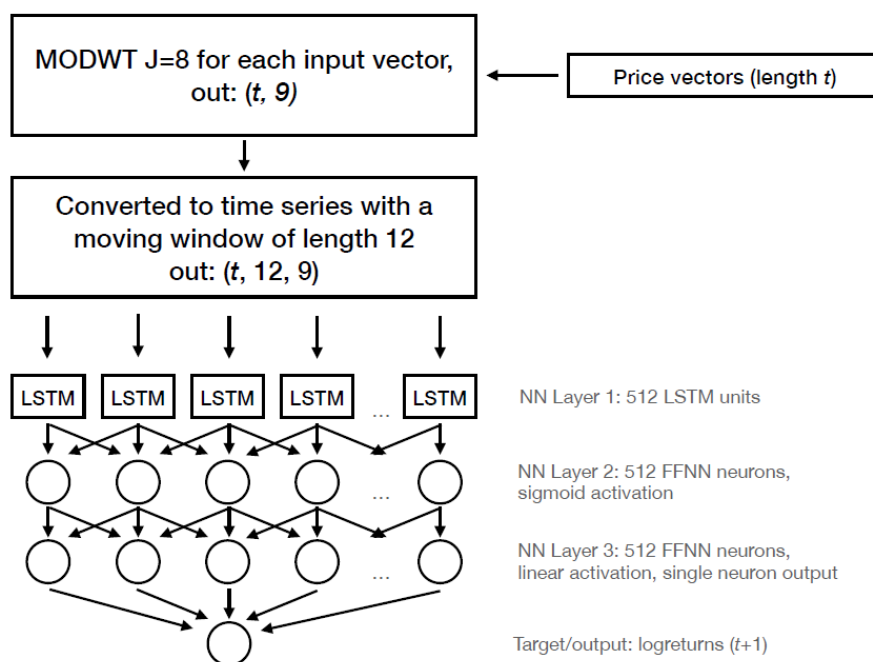
Source: Own elaboration with tickers from Bloomberg (2017).

Both the Wavelet-LSTM and Wavelet-Dense models were initialized with a diverse combination of hyperparameters to determine convergence, stability, and performance. Then a training and calibration of 1926 experiments, each with a different combination of hyperparameters, was performed.

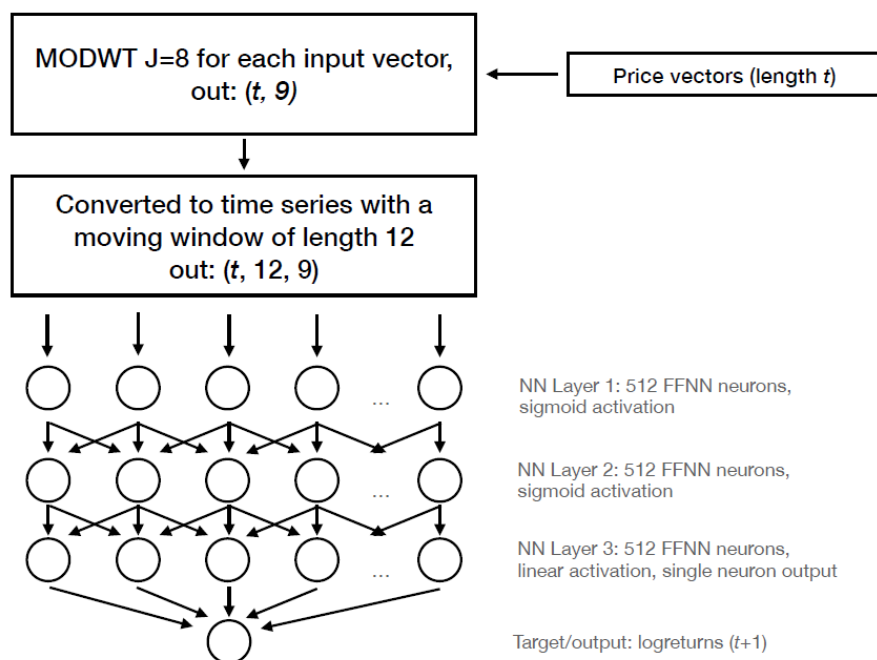
This requires considerable computing power, and for this we have assembled a small 8-node cluster with 12 Graphic Processing Unit, GPU, accelerator cards. To program and train the neural networks we use the Keras Deep Learning Library (version 1.0.4, Jun 06 2016) –an open source project started by Google researcher: Francois Chollet–.

The closing prices,  $C$ , are transformed to log returns and used as inputs for the benchmark ARIMA model. These log returns are also the output values and training target in the Wavelet-LSTM and Wavelet-Dense models.

The time series for the 25 assets are separated in eight frequency levels using a MODWT transform with  $J=8$ . This decomposition generates 9 time series for each one of the 25 stocks analyzed, 8 detail series and 1 wavelet approximation. These time series are then divided into a moving window of size 12 and fed as input to a layer of 512 LSTM units, followed by a Dense layer fully connected with 512 neurons. It is finally followed by an additional Dense layer with 512 inputs and 1 output with a linear activation function, which corresponds to the forecast of the log returns. The Wavelet-LSTM and Wavelet-Dense models are illustrated in Figure 2 and Figure 3, respectively.



**Figure 2.** Wavelet-FSTM model. Source: own elaboration.



**Figure 3.** Wavelet-Dense model. Source: own elaboration.

The time series are split 90% for training the network (training set) and 10% for out of sample validation (validation set). We trained the model with 500 epoch iterations (an epoch is one complete pass over the training data set), checking for congruence between the training error and validation error to avoid overfitting and detecting instability.

The optimization target used is the Mean Squared Error (MSE) and the scale is adjusted in the interval  $[-1,1]$  in order to match the original center to 0 so the sign of the return can be preserved while pairing the interval to the one of the activation functions.

Finally, to compare the performance of the Wavelet-LSTM model with the selected benchmarks, we count the number of times the sign of the forecast corresponds with the actual sign of the return, that is, the times the direction of the forecast is correct.

## 4.2 Results

When building a forecasting model, parsimony is desirable. A reduced number of estimated parameters is easier to understand and explain, and every estimated parameter adds estimation variation. In the case of ARIMA each unnecessary parameter causes the variance of the one step ahead forecast error to increase approximately, where  $n$  is the number of observations (Ledolter and Abraham, 1981). This is also a matter of noise versus signal. Models that are overly complex can mistake noise for a signal. Occam's razor is a metaphor for parsimony: removing needless complexity and leaving only theories, models, and hypotheses that are as simple as possible without being false.

By finding a balance between goodness of fit and model complexity we can avoid overfitting. In the case of Machine Learning and more specifically the Wavelet-LSTM model proposed, we use a training set and an out-of-training-sample validation set, and we evaluate the loss function for each. If the training loss becomes measurably lower than the validation loss, we have a condition of overfitting or no convergence. One technique to prevent overfitting is Early Stopping, which halts the iterative training algorithm once the training loss compared to the validation loss shows no improvement. Table 2 contains the percentages of the correct direction predicted by ARIMA, Wavelet-LSTM y Wavelet-Dense models for each of the 25 stocks and the time scales selected. Table 3 contains the percentage difference in the performance of Wavelet-LSTM model against the selected benchmarks.

It can be seen that, on average, Wavelet-LSTM improves the forecasting of the one-step ahead direction when compared to the Wavelet-Dense and the ARIMA models.

For the case of the first benchmark, the biggest difference between the Wavelet-LSTM precision and the Wavelet-Dense appears in the 5 minutes window.

For the case of the second benchmark, as the time window becomes larger, the Wavelet-LSTM forecasting improvement increases in magnitude compared to the forecasting of the ARIMA model. Altogether, the results are in line with the ones exposed in the literature review.

**Table 2.** Percentage of correct prediction of the one-step ahead direction

Stock	Wavelet-LSTM			Wavelet-Dense			ARIMA		
	1m	5m	15m	1m	5m	15m	1m	5m	15m
AMXL MM Equity	25.74%	37.34%	46.80%	25.90%	36.40%	49.97%	25.51%	36.20%	42.55%
WALMEX* MM Equity	36.59%	45.44%	51.89%	36.30%	42.68%	50.88%	35.16%	42.84%	45.77%
FEMSAUBD MM Equity	41.39%	48.69%	54.46%	41.21%	47.91%	50.93%	42.23%	47.46%	49.66%
GFMECICOB MM Equity	36.62%	46.16%	52.88%	36.18%	44.36%	48.17%	34.84%	43.39%	46.78%
GFNORTEO MM Equity	34.99%	42.87%	53.25%	35.14%	47.08%	51.29%	34.90%	44.45%	47.97%

KOFL MM Equity	40.41%	49.45%	48.15%	40.43%	48.40%	55.49%	40.05%	46.64%	49.33%
TLEVICPO MM Equity	42.46%	54.74%	57.34%	41.31%	48.35%	52.70%	40.97%	46.31%	47.90%
SANMEXB MM Equity	34.15%	43.92%	50.11%	33.78%	44.60%	51.62%	33.81%	43.59%	46.75%
CEMEXCPO MM Equity	28.70%	42.09%	51.24%	28.76%	39.84%	49.51%	28.37%	39.34%	44.49%
AC*MM Equity	38.32%	49.47%	53.94%	38.04%	47.76%	51.75%	37.63%	46.23%	48.33%
BIMBOA MM Equity	32.15%	48.17%	52.95%	31.37%	41.97%	51.34%	31.09%	40.91%	46.43%
GFINBURO MM Equity	33.33%	58.21%	68.86%	30.23%	42.61%	49.31%	29.66%	39.96%	45.64%
ELEKTRA* MMM Equity	42.04%	58.25%	59.85%	39.69%	49.35%	55.99%	39.96%	47.70%	49.38%
PE&ONES* MM Equity	40.79%	52.54%	59.10%	40.04%	47.54%	56.90%	39.28%	46.89%	48.89%
GCARSOA1 MM Equity	35.79%	46.27%	53.19%	34.10%	43.64%	54.87%	34.20%	41.92%	46.63%
IENOVA* MM Equity	34.61%	50.91%	57.03%	34.20%	45.24%	52.93%	32.13%	40.12%	44.43%
ALFAA MM Equity	32.01%	47.82%	53.56%	30.60%	42.35%	50.49%	30.41%	40.05%	44.88%
CUERVO* MM Equity	25.65%	37.59%	44.16%	25.25%	34.63%	45.09%	25.00%	35.41%	41.98%
KIMBERA MM Equity	34.85%	54.41%	62.92%	31.29%	42.17%	45.00%	30.93%	40.10%	45.02%
GAPB MM Equity	39.23%	49.55%	55.15%	39.21%	47.20%	56.40%	38.24%	45.04%	48.28%
FUNO11 MM Equity	28.50%	41.29%	50.26%	28.34%	39.01%	49.87%	27.88%	37.52%	43.67%
ASURB MM Equity	38.78%	49.82%	57.47%	39.31%	48.39%	49.07%	38.79%	46.59%	47.79%
GRUMAB MM Equity	35.29%	46.52%	51.59%	33.44%	45.48%	51.03%	34.98%	44.75%	48.33%
MEXCHEM* MM Equity	33.60%	52.13%	57.27%	32.64%	43.57%	57.34%	32.88%	42.19%	47.41%
PINFRA* MM Equity	35.75%	48.34%	53.14%	35.80%	45.76%	50.87%	34.95%	44.53%	48.15%

Source: Own elaboration with the results of the study.

Table 2 contains the percentages of the correct direction predicted by ARIMA, Wavelet-LSTM y Wavelet-Dense models for each of the 25 stocks and the time scales selected. It can be seen that, in general, the Wavelet-LSTM yields higher percentages of correct prediction than those from the Wavelet-Dense and the ARIMA models. Of the predictions considering a 1-minute window, the Wavelet-LSTM has the highest percentage in 18 out of the 25 forecasts. The average of correct prediction for this window is 35.27% for the Wavelet-LSTM, while for the Wavelet-Dense and the ARIMA models the average are 34.5% and 34.15% respectively. For the 15 minutes window, again, the Wavelet-LSTM has the highest percentage in 18 out of the 25 forecasts. Interestingly, the average of correct prediction increases for the three models: 54.26% for the Wavelet-LSTM, 51.55% for the Wavelet-Dense and 46.66% for the ARIMA model. Finally, for the 5 minutes window the Wavelet-LSTM has the highest percentage in 23 out of the 25 forecasts and the average of correct prediction is 48.08% for the Wavelet-LSTM, 44.25% for the Wavelet-Dense and 42.81% for the ARIMA model. In sum, the Wavelet-LSTM outperforms both benchmark models in 59 of the 75 forecasts and appears to be more precise in the 5 minutes window than the Wavelet-Dense and the ARIMA models.

**Table 3.** Difference of correct prediction between Wavelet-LSTM model and benchmarks

Stock	Wavelet-LSTM   ARIMA			Wavelet-LSTM   Wavelet-Dense		
	1m	5m	15m	1m	5m	15m
AMXL MM Equity	0.22%	1.14%	4.25%	-0.16%	0.94%	-3.17%
WALMEX* MM Equity	1.43%	2.60%	6.12%	0.29%	2.76%	1.01%
FEMSAUBD MM Equity	-0.84%	1.23%	4.80%	0.17%	0.78%	3.53%
GFMECICOB MM Equity	1.78%	2.77%	6.10%	0.44%	1.79%	4.71%
GFNORTEO MM Equity	0.09%	-1.58%	5.28%	-0.15%	-4.22%	1.96%
KOFL MM Equity	0.37%	2.80%	-1.18%	-0.01%	1.04%	-7.34%
TLEVICPO MM Equity	1.49%	8.44%	9.45%	1.14%	6.39%	4.65%
SANMEXB MM Equity	0.34%	0.33%	3.36%	0.37%	-0.67%	-1.51%
CEMEXCPO MM Equity	0.33%	2.75%	6.75%	-0.06%	2.25%	1.73%
AC*MM Equity	0.69%	3.23%	5.61%	0.28%	1.71%	2.19%
BIMBOA MM Equity	1.06%	7.26%	6.51%	0.78%	6.20%	1.60%
GFINBURO MM Equity	3.67%	18.25%	23.22%	3.10%	15.60%	19.55%
ELEKTRA* MMM Equity	2.08%	10.55%	10.47%	2.35%	8.91%	3.86%
PE&ONES* MM Equity	1.51%	5.65%	10.20%	0.75%	5.00%	2.19%
GCARSOA1 MM Equity	1.58%	4.35%	6.56%	1.69%	2.64%	-1.68%
IENOVA* MM Equity	2.48%	10.79%	12.60%	0.41%	5.66%	4.10%
ALFAA MM Equity	1.60%	7.77%	8.68%	1.40%	5.47%	3.07%
CUERVO* MM Equity	0.65%	2.18%	2.18%	0.41%	2.97%	-0.93%
KIMBERA MM Equity	3.93%	14.32%	17.90%	3.56%	12.25%	17.92%
GAPB MM Equity	1.00%	4.51%	6.87%	0.02%	2.35%	-1.24%
FUNO11 MM Equity	0.62%	3.77%	6.59%	0.16%	2.27%	0.39%
ASURB MM Equity	-0.02%	3.23%	9.69%	-0.54%	1.44%	8.41%
GRUMAB MM Equity	0.31%	1.77%	3.26%	1.84%	1.04%	0.56%
MEXCHEM* MM Equity	0.73%	9.94%	9.86%	0.96%	8.56%	-0.07%
PINFRA* MM Equity	0.81%	3.81%	4.99%	-0.05%	2.57%	2.27%
<b>Average</b>	<b>1.12%</b>	<b>5.27%</b>	<b>7.61%</b>	<b>0.77%</b>	<b>3.83%</b>	<b>2.71%</b>

Source: Own elaboration with the results of the study.

Table 3 contains the percentage difference in the performance of Wavelet-LSTM against the selected benchmarks. For this analysis, if a positive sign is obtained, the Wavelet-LSTM yielded a higher percentage of correct prediction than the one from the Wavelet-Dense or the ARIMA models. For the case of the difference in percentage of correct prediction between the Wavelet-LSTM and the Wavelet-Dense, 60 out of the 75 forecasts showed a positive sign. This suggests that the Wavelet-LSTM outperformed the Wavelet-Dense in 80% of the presented forecasts. When analyzing the case of the difference in percentage of correct prediction between the Wavelet-LSTM and the ARIMA model, the positive sign is obtained in 71 of the 75 cases, for an outperformance of approximately 95% of the presented forecasts. Altogether, the results are in line with the ones exposed in the literature review: in general, the ARIMA model is outperformed by both Wavelet models, while the Wavelet-Dense is outperformed by the Wavelet-LSTM.

## 5. Concluding Remarks

The description of price dynamics at various frequencies is of importance both for academics and practitioners in finance. Many are particularly concerned with the possibility of forecasting prices or returns in a specific time horizon.

Previous studies have shown that at high frequencies, returns do not follow the efficient markets hypothesis, hence a “complete” stochastic behavior is not observed (Nath and Dalvi, 2004; Strawiński and Slepaczuk, 2008; Tapia, 2020). By asset prices not following a random walk a forecasting of their next value is possible and, with the use of novel tools and computational power, one might take advantage of this fact. This directly translates to a potential benefit for the practitioners that have recognized the importance of dealing with high frequency information in their predictive models. Precisely, O’Hara (2014) discussed a new market paradigm: *“Trading has become faster, and market structure has fundamentally changed. In today’s market, high-frequency traders (HFTs) act on information revealed by low-frequency traders (LFTs). To survive, LFTs must avoid being detected by predatory algorithms of HFTs. LFTs can thrive by adopting trading strategies appropriate to the high-frequency trading world”*.

### 5.1 Main Results

In the present work, we apply a wavelet followed by LSTM neural network to 25 assets of the Mexican Stock Market. We compare the performance of the proposed model with the performance of an ARIMA model and a wavelet followed by a Dense neural network model, following the literature.

The measure for comparison is the accuracy in forecasting the direction of the price movement (the sign of the logarithmic return) for time series at three different time windows (1, 5 and 15 minutes).

We find that The LSTM neuro-wavelet outperforms both the ARIMA and the Dense neuro-wavelet for the three studied frequencies. However, the higher accuracy was found for the 5 minutes interval.

### 5.2 Limitations and Recommendations for Future Research

Results and implementation do not come without limitations. We recognize that the selection of the benchmark models and high market capitalization assets may lead to skewed results. While we selected Wavelet-Dense and ARIMA models based on the consensus when dealing with financial time series, a comparison against other Neurowavelets architectures might be of interest.

On the other hand, we also find value in exploring the proposed methodology in various cases within the Mexican market, such as, considering different market capitalization levels or considering industry indices instead of single assets. We leave that for future research.

Finally, the technical capacity surely represents a constraint for the hyperparameters’ selection and estimation capability may be somewhat hindered by it. In that sense, future research



agenda may also include the assessment of whether these results are maintained over long time windows or in markets with a different inherent structure, such as the US stock market.

### 5.3 Originality

The question of whether prices can be forecasted is not new, the literature on the topic is vast, but most of it focuses on low frequency operations. With the mass availability of computing power, large amounts of data and new filtering tools, we can revisit the question, and particularly, we can bound it to the realm of high frequency trading.

Wavelet filtering has been widely applied in finance. Neural network models have been extensively explored, as well. But recently, the application of both models combined has been proposed (Zhang et al., 2001; Minu et al., 2010; Jamazo and Aloui, 2012; Bao et al. 2017). For high frequency trading, little has been done. Ortega and Khashanah (2014) apply a Haar wavelet followed by a Jordan-Elman neural network to 1 minute data for the Apple (AAPL) stock price. Arevalo et al. (2018) apply a wavelet followed by a Deep Neural Network (DDM) to 1 and 3 minute data on 19 stocks in the Dow Jones Index.

We follow this line, by applying a wavelet transform followed by a Long Short Term Memory neural network, which provides increased ability to remember data from previous time steps, and thus allows to model more complex non-linear behavior.

### 5.4 Main Conclusions

In this work we illustrate the use of a new tool for forecasting stock prices at high frequencies. The results show that the LSTM neuro - wavelet model proposed outperforms the chosen benchmarks. This leads us to conclude that the addition of this tool to the forecasting toolkit of a market participant would be of great value. Certainly, the application of said tool is computationally intensive, but the possible gains from it, and the ever-greater availability of computing power might make it possible to consider the use of complex algorithms, such as this one.

We believe there is an opportunity to outperform traditional forecasting tools by making clever use of computer power, and such we have tried to show in the present research. This is an important step in showing how ever more sophisticated tools can be applied successfully to gain insight into the structure of the markets and the complexity that interactions of many actors induce.

## References

- [1] Adnan, R., Hisyam Lee, M. & Nor, E. (2011) Neural Network Forecasting: Error Magnitude and Directional Change Error Evaluation. *Recent Advances in Computational Mathematics*. pp 92-96. ISBN: 978-1-61804-267-5
- [2] Aktan, B., Mabrouk, A. B., Ozturk, M., & Rhaiem, N. (2009). Wavelet-based systematic risk estimation: an application on Istanbul stock exchange. *International Research Journal of Finance and Economics*, 23(3), 33-45. ISSN 1450-2887

- 
- [3] Ardila, D., & Sornette, D. (2016). Dating the financial cycle with uncertainty estimates: a wavelet proposition. *Finance Research Letters*, 19, 298-304. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2016.09.004>
- [4] Arévalo, A., Nino, J., León, D., Hernandez, G., & Sandoval, J. (2018, June). Deep learning and wavelets for high-frequency price forecasting. In *International Conference on Computational Science* (pp. 385-399). Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-93701-4\\_29](https://doi.org/10.1007/978-3-319-93701-4_29)
- [5] Ariyo, A. A., Adewumi, A. O., & Ayo, C. K. (2014, March). Stock price prediction using the ARIMA model. In *2014 UKSim-AMSS 16th International Conference on Computer Modelling and Simulation* (pp. 106-112). IEEE. DOI: 10.1109/UKSim.2014.67
- [6] Aussem, A., & Murtagh, F. (1997). Combining neural network forecasts on wavelet-transformed time series. *Connection Science*, 9(1), 113-122. <https://doi.org/10.1080/095400997116766>
- [7] Bakhach, A. M., Tsang, E. P., & Raju Chinthalapati, V. L. (2018). TSFDC: A trading strategy based on forecasting directional change. *Intelligent Systems in Accounting, Finance and Management*, 25(3), 105-123. <https://doi.org/10.1002/isaf.1425>
- [8] Ball, R. (1978). Anomalies in relationships between securities' yields and yield-surrogates. *Journal of financial economics*, 6(2-3), 103-126. [https://doi.org/10.1016/0304-405X\(78\)90026-0](https://doi.org/10.1016/0304-405X(78)90026-0)
- [9] Bao, W., Yue, J., & Rao, Y. (2017). A deep learning framework for financial time series using stacked autoencoders and long-short term memory. *PloS one*, 12(7). DOI: 10.1371/journal.pone.0180944
- [10] Black, F. (1986). Noise. *The journal of finance*, 41(3), 528-543. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1986.tb04513.x>
- [11] Bloomberg L.P. (2017) Tickers for stocks in the Mexican Stock Market. Retrieved January 30, 2017 from Bloomberg terminal.
- [12] Box, G.E.P. & Jenkins, G.M. (1970). Time Series Analysis Forecasting And Control. XF2006175558. 3. 10.2307/1912100.
- [13] Bruzda, J. (2019). Complex analytic wavelets in the measurement of macroeconomic risks. *The North American Journal of Economics and Finance*, 50, 100988. <https://doi.org/10.1016/j.najef.2019.100988>
- [14] Caetano, M. A. L., & Yoneyama, T. (2007). Characterizing abrupt changes in the stock prices using a wavelet decomposition method. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 383(2), 519-526. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2007.03.027>
- [15] Carrion, A. (2013). Very fast money: High-frequency trading on the NASDAQ. *Journal of Financial Markets*, 16(4), 680-711. <https://doi.org/10.1016/j.finmar.2013.06.005>
- [16] Chang, P. C., & Fan, C. Y. (2008). A hybrid system integrating a wavelet and TSK fuzzy rules for stock price forecasting. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)*, 38(6), 802-815. DOI: 10.1109/TSMCC.2008.2001694
- [17] Choi, J. Y., & Lee, B. (2018). Combining LSTM network ensemble via adaptive weighting for improved time series forecasting. *Mathematical Problems in Engineering*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/2470171>
- [18] Cohen, R. B., Gompers, P. A., & Vuolteenaho, T. (2002). Who underreacts to cash-flow news? Evidence from trading between individuals and institutions. *Journal of financial Economics*, 66(2-3), 409-462. [https://doi.org/10.1016/S0304-405X\(02\)00229-5](https://doi.org/10.1016/S0304-405X(02)00229-5)
- [19] Cybenko, G. (1989). Approximation by superpositions of a sigmoidal function. *Mathematics of control, signals and systems*, 2(4), 303-314. <https://doi.org/10.1007/BF02551274>
- [20] Dremin, I. M., & Leonidov, A. V. (2008). Volatility dynamics of wavelet-filtered stock prices. *Bulletin of the Lebedev Physics Institute*, 35(1), 1-5. <https://doi.org/10.1007/s11953-008-1001-7>
- [21] Dunne, S., & Ghosh, B. (2013). Weather adaptive traffic prediction using neurowavelet models. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 14(1), 370-379. DOI: 10.1109/TITS.2012.2225049
- [22] Elman, J. L. (1990). Finding structure in time. *Cognitive science*, 14(2), 179-211. [https://doi.org/10.1207/s15516709cog1402\\_1](https://doi.org/10.1207/s15516709cog1402_1)

- [23] Fama, E. F. (1970). Efficient capital markets: A review of theory and empirical work. *The Journal of Finance*, 25(2), 383-417. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1970.tb00518.x>
- [24] Fischer, T., & Krauss, C. (2018). Deep learning with long short-term memory networks for financial market predictions. *European Journal of Operational Research*, 270(2), 654-669. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2017.11.054>
- [25] Giardina, I., & Bouchaud, J. P. (2003). Bubbles, crashes and intermittency in agent based market models. *The European Physical Journal B-Condensed Matter and Complex Systems*, 31(3), 421-437. <https://doi.org/10.1140/epjb/e2003-00050-6>
- [26] Gomes, G. S. D. S., Ludermir, T. B., & Lima, L. M. (2011). Comparison of new activation functions in neural network for forecasting financial time series. *Neural Computing and Applications*, 20(3), 417-439. <https://doi.org/10.1007/s00521-010-0407-3>
- [27] Goodfellow, I., Bengio, Y. & Courville, A. (2016). Deep learning: adaptive computation and machine learning. *The MIT Press*.
- [28] Gupta, S., Das, D., Hasim, H., & Tiwari, A. K. (2018). The dynamic relationship between stock returns and trading volume revisited: A MODWT-VAR approach. *Finance Research Letters*, 27, 91-98. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2018.02.018>
- [29] Hansson, M. (2017). On stock return prediction with LSTM networks. Retrieved February 202, from <http://lup.lub.lu.se/student-papers/record/8911069>
- [30] Hayek, F. (1945). The Use of Knowledge in Society. *The American Economic Review*, 35(4), 519-530. Retrieved February, 2021, from <http://www.jstor.org/stable/1809376>
- [31] Hendershott, T., & Riordan, R. (2011). High frequency trading and price discovery. Manuscript, University of California, Berkeley, 3. Retrieved February 2021. Retrieved February 2021, from: [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=1928510](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1928510).
- [32] Hochreiter, S., & Schmidhuber, J. (1997). Long short-term memory. *Neural computation*, 9(8), 1735-1780. <https://doi.org/10.1162/neco.1997.9.8.1735>
- [33] Hornik, K., Stinchcombe, M., & White, H. (1989). Multilayer feedforward networks are universal approximators. *Neural networks*, 2(5), 359-366. [https://doi.org/10.1016/0893-6080\(89\)90020-8](https://doi.org/10.1016/0893-6080(89)90020-8)
- [34] Ismail, M. T., Audu, B., & Tumala, M. M. (2016). Comparison of forecasting performance between MODWT-GARCH (1, 1) and MODWT-EGARCH (1, 1) models: Evidence from African stock markets. *The Journal of Finance and Data Science*, 2(4), 254-264. <https://doi.org/10.1016/j.jfds.2017.03.001>
- [35] Jammazi, R., & Aloui, C. (2012). Crude oil price forecasting: Experimental evidence from wavelet decomposition and neural network modeling. *Energy Economics*, 34(3), 828-841. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2011.07.018>
- [36] Jefferies, P., Hart, M. L., Hui, P. M., & Johnson, N. F. (2001). From market games to real-world markets. *The European Physical Journal B-Condensed Matter and Complex Systems*, 20(4), 493-501. <https://doi.org/10.1007/s100510170228>
- [37] Jordan, M. I. (1997). Serial order: A parallel distributed processing approach. In *Advances in psychology* (Vol. 121, pp. 471-495). North-Holland. [https://doi.org/10.1016/S0166-4115\(97\)80111-2](https://doi.org/10.1016/S0166-4115(97)80111-2)
- [38] Khashei, M., & Bijari, M. (2010). An artificial neural network (p, d, q) model for timeseries forecasting. *Expert Systems with applications*, 37(1), 479-489. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2009.05.044>
- [39] Kirilenko, A. A., & Lamacie, G. (2015). Latency and asset prices. Available at SSRN 2546567. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2546567>
- [40] Kişi, Ö. (2008). Stream flow forecasting using neuro-wavelet technique. *Hydrological Processes: An International Journal*, 22(20), 4142-4152. <https://doi.org/10.1002/hyp.7014>

- 
- [41] Ledolter, J., & Abraham, B. (1981). Parsimony and its importance in time series forecasting. *Technometrics*, 23(4), 411-414. DOI: 10.1080/00401706.1981.10487687
- [42] Maciel, L. S., & Ballini, R. (2008). Design a neural network for time series financial forecasting: Accuracy and robustness analysis. *Anales do 9º Encontro Brasileiro de Finanças, Sao Pablo, Brazil*.
- [43] Maknickienė, N., & Maknickas, A. (2012). Application of neural network for forecasting of exchange rates and forex trading. In *The 7th international scientific conference Business and Management* (pp. 10-11). DOI:10.3846/bm.2012.017
- [44] Malkiel, B. G. (2003). The efficient market hypothesis and its critics. *Journal of economic perspectives*, 17(1), 59-82. DOI: 10.1257/089533003321164958
- [45] Martens, M. (2002). Measuring and forecasting S&P 500 index-futures volatility using high-frequency data. *Journal of Futures Markets: Futures, Options, and Other Derivative Products*, 22(6), 497-518. <https://doi.org/10.1002/fut.10016>
- [46] Mehr, A. D., Kahya, E., & Olyaie, E. (2013). Streamflow prediction using linear genetic programming in comparison with a neuro-wavelet technique. *Journal of Hydrology*, 505, 240-249. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.10.003>
- [47] Minu, K. K., Linesh, M. C., & John, C. J. (2010). Wavelet neural networks for nonlinear time series analysis. *Applied Mathematical Sciences*, 4(50), 2485-2495.
- [48] Murtagh, F., Starck, J. L., & Renaud, O. (2004). On neuro-wavelet modeling. *Decision Support Systems*, 37(4), 475-484. [https://doi.org/10.1016/S0167-9236\(03\)00092-7](https://doi.org/10.1016/S0167-9236(03)00092-7)
- [49] Napoli, C., Bonanno, F., & Capizzi, G. (2010). An hybrid neuro-wavelet approach for long-term prediction of solar wind. *Proceedings of the International Astronomical Union*, 6(S274), 153-155. <https://doi.org/10.1017/S174392131100679X>
- [50] Nath, G. C., & Dalvi, M. (2004). Day of the week effect and market efficiency-evidence from Indian equity market using high frequency data of national stock exchange. *Available at SSRN 1092765*. DOI: 10.2139/ssrn.1092765
- [51] Oancea, B., & Ciucu, Ş. C. (2014). Time series forecasting using neural networks. *Proceedings of the CKS 2013 International Conference*. *arXiv preprint arXiv:1401.1333*.
- [52] Ortega, L., & Khashanah, K. (2014). A neuro-wavelet model for the short-term forecasting of high-frequency time series of stock returns. *Journal of Forecasting*, 33(2), 134-146. <https://doi.org/10.1002/for.2270>
- [53] Otazu, X. (2008). Theory and implementation of image fusion methods based on the a trous algorithm. *Image Fusion*, 139.
- [54] O'Hara, M. (2014) High-Frequency Trading and its impact on Markets. *Financial Analysts Journal*, 70 (3). ISSN: 0015-198X. <https://doi.org/10.2469/faj.v70.n3.6>
- [55] Pascanu, R., Mikolov, T., & Bengio, Y. (2013, February). On the difficulty of training recurrent neural networks. In *International conference on machine learning* (pp. 1310-1318).
- [56] Percival, D. B., & Walden, A. T. (2000). *Wavelet methods for time series analysis* (Vol. 4). Cambridge university press.
- [57] Ramsey, J. B. (1999). The contribution of wavelets to the analysis of economic and financial data. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 357(1760), 2593-2606. <https://doi.org/10.1098/rsta.1999.0450>
- [58] Reboredo, J. C., & Rivera-Castro, M. A. (2013). A wavelet decomposition approach to crude oil price and exchange rate dependence. *Economic Modelling*, 32, 42-57. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2012.12.028>
- [59] Roman, J., & Jameel, A. (1996, January). Backpropagation and recurrent neural networks in financial analysis of multiple stock market returns. In *Proceedings of HICSS-29: 29th Hawaii International Conference on System Sciences* (Vol. 2, pp. 454-460). IEEE. DOI: 10.1109/HICSS.1996.495431

- [60] Siami-Namini, S., & Namin, A. S. (2018). Forecasting economics and financial time series: ARIMA vs. LSTM. *arXiv preprint arXiv:1803.06386*.
- [61] Sirignano, J., & Spiliopoulos, K. (2017). Stochastic gradient descent in continuous time. *SIAM Journal on Financial Mathematics*, 8(1), 933-961. <https://doi.org/10.1137/17M1126825>
- [62] Strawiński, P., & Ślepaczuk, R. (2008). "Analysis of high frequency data on the Warsaw Stock Exchange in the context of efficient market hypothesis". *Journal of Applied Economic Sciences*, 3(3), 306-319.
- [63] Tapia, A. (2020) Hipótesis de eficiencia en mercados automatizados. Doctoral dissertation. EGADE Business School, Tecnológico de Monterrey. URI: <https://hdl.handle.net/11285/636543>
- [64] Zhang, B. L., Coggins, R., Jabri, M. A., Dersch, D., & Flower, B. (2001). Multiresolution forecasting for futures trading using wavelet decompositions. *IEEE Transactions on Neural Networks*, 12(4), 765-775. DOI: 10.1109/72.935090
- [65] Zhu, L., Wang, Y., & Fan, Q. (2014). MODWT-ARMA model for time series prediction. *Applied Mathematical Modelling*, 38(5-6), 1859-1865. <https://doi.org/10.1016/j.apm.2013.10.002>

## Efficiency Analysis of Mexican Stock Exchange Sustainable Firms

**Norma Laura Godínez-Reyes<sup>1</sup>** - Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México

**Rodrigo Gómez-Monge** - Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México

**Argelia Calderón-Gutiérrez** - Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México

**Gerardo Gabriel Alfaro-Calderón** - Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México

### Abstract

This research aims at analyzing the impact that the variables of sustainable value generation (ESG) have on the efficiency of firms listed on the Mexican Stock Exchange Sustainable Index during the period 2014-2017. The non-parametric method of Data Envelopment Analysis (DEA) was used to determine their efficiency. Results indicate that, given the level of profitability, the variable that most affects the generation of sustainable value is corporate governance (G), followed by environmental (E) and social (S) practices. The main limitation of the study is the sample size. The originality of this paper lies in the fact that it determines corporate efficiency using financial performance as an input of a DEA model and sustainable value ratings as outputs. Conclusions show that corporate social responsibility activities may enhance firms' sustainable efficiency. Therefore, it is proposed that corporate efficiency might be complemented by sustainable value measurements.

*JEL Classification: C67, G30, M14.*

*Keywords: Sustainable Value, Efficiency, Corporate Governance, DEA, Corporate Social Responsibility.*

## Análisis de Eficiencia de Empresas Sustentantes de la Bolsa Mexicana de Valores

### Resumen

En esta investigación se analiza el impacto de las variables de generación de valor sustentable (ESG) en la eficiencia de las empresas que calificaron para pertenecer al Índice de Sustentabilidad de la Bolsa Mexicana de Valores durante el periodo 2014-2017. La eficiencia se determinó utilizando el método no paramétrico del Análisis Envoltante de Datos (DEA). Los resultados indican que, dado el nivel de rentabilidad, la variable que mayormente incide en la generación de valor sustentable es gobierno corporativo (G), seguida de medio ambiente (E) y prácticas sociales (S). La principal limitación del estudio radica en el tamaño de la muestra. La originalidad de esta investigación consiste en determinar la eficiencia corporativa utilizando el desempeño financiero como input y las calificaciones de valor sustentable como outputs del modelo DEA. Como conclusión, esta investigación muestra que las acciones de responsabilidad social contribuyen a incrementar la eficiencia sustentable de las empresas, por lo que se propone que la medición del valor sustentable sea complemento de la evaluación de la eficiencia corporativa.

*Clasificación JEL: C67, G30, M14.*

*Palabras clave: Valor Sustentable, Eficiencia, Gobierno Corporativo, DEA, Responsabilidad Social Empresarial.*

<sup>1</sup> Corresponding author. Faculty of Accounting and Administrative Sciences. 418 Jaime Torres Bodet Street, Morelia, Michoacán, Mexico, 58090. Phone (52) 443 395-7395. Email: [lgodinez@umich.com](mailto:lgodinez@umich.com)

\* No source of funding for research development



## 1. Introduction

Sustainability has become a macrotrend for organizations worldwide since the UN Global Compact initiative was launched in 2000 in an attempt to encourage businesses to adopt sustainable and socially responsible policies, and to report on their implementation. Two years later, the World Summit on Sustainable Development held in Johannesburg set out key strategies to try to achieve the Sustainable Development Goals (SDGs), encouraging firms to measure and manage their sustainable performance. Hence, the term *sustainable firm* provides coherence between a firm's value and its Corporate Social Responsibility (CSR), integrating internal factors and taking into consideration all of a firm's stakeholders when designing business strategies (Cruz, 2018), as opposed to the conventional shareholder-oriented management.

Although CSR refers to an organization's responsibility for the impacts of its activities on the society and the environment, but it also focuses on a firm's value generation. On the other hand, sustainable value generation consists of three dimensions: economic, social and environmental, known as Elkington's dimensions in the Triple Bottom Line (TBL) model (Elkington, 2006). The firm is therefore conceived as an agent that generates economic value, altogether with social and environmental value by aligning the interests of stakeholders. Profit maximization is no longer the predominant aim, but it rather converges with social and environmental goals to generate corporate efficiency. Sustainable value is a way of managing and measuring the sustainability performance of firms. In this paper, the term "sustainable value" is used alternatively to ESG ratings.

To date, a large amount of empirical literature has examined corporate efficiency to measure its impact on the profitability of sustainable firms (Alonso-Armeida, Rodríguez, Aimer, & Abreu, 2012; Arteaga, & Ponce de León, 2018; Botero, Garnica & Soto, 2013; Drucker, 1984; De la Torre, Galeana & Aguila-socho, 2015; Friedman, 1970; Ki-Hoom & Reza, 2011; Porter & Kramer, 2011). However, given the wide range of efficiency metrics, it makes it difficult to determine a general relationship regarding this issue and using a single metric fails to capture potential CSR implications (Xie, Nozawa, Yagi, Fujii & Managi, 2019). A second group of studies evaluated corporate efficiency in terms of sustainability, creating local, regional or international rankings (Sánchez, Parra & Udi, 2014) in order to identify the most sustainable firms. Whereas a third group examined efficiency in terms of market value and financial factors (Walker, Zhang & Yu, 2016; Xie et al., 2019). A last group developed models for measuring CSR performance (Wood, 2010; Cruz, 2018). However, most of these studies focus on the firm's strategies to increase their profits, without considering the generation of sustainable value for the company.

Thus, the objective of this research is to determine corporate efficiency by empirically analyzing sustainable value indicators (ESG scores) *based on* profitability. For a firm, it is essential to know the value of such indicators in order to provide corporate decision making actors with information that allows the implementation of sustainable and competitive strategies to meet the organization's internal goals and to get listed on the sustainability indexes of any given Stock Exchange.

Moreover, socially responsible investment has increased dramatically worldwide in the past decades (Xie et al., 2019) and investors with intrinsic social preferences are more likely to hold socially responsible funds, rather than conventional funds of higher financial performance (Riedl & Smeets, 2017). So, investors now demand tools that allow them to select companies that in the long

term, invest on risk management to face the challenges of sustainability. Also, for any given profitability level, stakeholders may be able to decide what firms they want to support, based on the ESG activities such firms perform.

What we propose is that, if companies standardize their management processes through corporate governance, they will become more sustainable efficient. This work seeks to prove, by a DEA analysis, that corporate governance indicator is the ESG indicator that mainly strengthens the efficiency of large sustainable firms in Mexico.

We have contributed to the existing literature in two aspects. First, we found that the indicator that has the greatest impact on sustainable value generation, is corporate governance. When a company generates sustainable value, it follows environmental, social and corporate governance practices that can be rated by ESG agencies. Second, the innovation of using profitability as input of the DEA model allows to compare firms' efficiency, regardless of the sector they belong to.

This paper proceeds as follows. Section 2 presents a systematized review of the existing literature on CSR conceptual references, followed by a review of both the TBL and DEA methodologies. Section 3 explains the methodological considerations of the research and the efficiency model of firms that underpins this work. Section 4 presents the empirical results and discussion. Section 5 presents the conclusions and final considerations of the research.

## **2. Literature review**

### **2.1. Corporate Social Responsibility**

Corporate Social Responsibility (CSR) was formally defined when Bowen (1953) stated that firms do not only sell goods and products, but also "social goods". So, firms must follow desirable lines of action in terms of the society's objectives and values. Carroll (1979), on the other hand, suggested that the motivation to follow such lines of actions was not measurable, so he chose the term "profitability" instead. Carroll used a four-level structure of basic responsibilities to society - economic, legal, ethical and discretionary- to build his CSR model (1979). From that date to present, the concept of CSR has evolved and its dimensions have increased. However, the social and environmental dimensions prevail, as stated in the Green Book's definition, where Corporate Social Responsibility (CSR) is defined as "a concept whereby companies integrate social and environmental concerns in their business operations and in their interaction with their stakeholders on a voluntary basis, as they are increasingly aware that responsible behavior leads to sustainable business success" (European Commission, 2001).

Garriga and Melé (2004) grouped CSR theories into four categories: 1) instrumental theories, in which the corporation is seen only as an instrument for wealth creation, and its social activities are only a means to achieve economic results; 2) political theories, concerned with the power of corporations in society and a responsible use of this power in the political arena; 3) integrative theories, focused on the satisfaction of social demands by corporations; and 4) ethical theories, based on ethical responsibilities of corporations to society. Even though numerous efforts have been made to integrate these four dimensions, no consensus has been reached yet. Dahlsrud (2008) used



frequency counts and found that CSR existing definitions were congruent and developed five dimensions of CSR (environmental, social, economic, stakeholder and voluntariness). Therefore, the author concluded that the main difficulty in implementing the CSR in firms was not so much about how CSR was defined, as about understanding that CSR is the result of a social construction in a specific context and how such a context must be taken into account for the development of business strategies (Dahlsrud, 2008). Furthermore, according to the theory of well-being, CSR is defined as the obligation of a company to meet the externalities created by market shares (Sethi & Sama, 1998).

For Drucker (1993), business responsibility to society was to find valid solutions to basic social problems that fitted their share. However, for Friedman (1970), the creator of the monetarist theory, there is one and only one social responsibility of business: to use its resources and engage in activities designed to increase its profits. Friedman stated that getting good results was the first responsibility of business, before it could perform any other responsibility. Following this reasoning, a large number of businesses still envision their policies towards generating economic value, before assuming any other responsibilities, such as social and environmental. Nevertheless, businesses are aware now that they must be responsible for all the impacts their decisions and actions have on society and the environment (ISO 26000, 2011).

It is in the 21st century when the economic dimension takes on a relevant role in CSR concepts. According to Wood (2010), financial performance (FP) is directly related to CSR, and to measure that performance she proposed a Corporate Social Performance Model (CSP). Wood recognized some measurement issues, but concluded that a good performance in CSR indicators, results in better financial outcomes for a business, whereas poor performance will most likely cause it financial damage. On the one hand, there is a reasonably well-established relationship between CSR and FP (Wood, 2010). Such relationship is positive, but weak (Margolis & Walsh, 2001; Orlitzky, 2003).

For Porter and Kramer (2011) CSR is a differential source of competitive advantage that has already meant economic benefits for large companies, since using bad environmental, social and corporate practices have resulted in serious economic biases. Also, adopting CSR disclosure practices by several communicational channels has influence over financial performance and corporate reputation, while promoting strong relationships with partners (Valenzuela, Jara-Bertin & Villegas, 2015).

Similarly, Walker, Zhang and Yu (2016) studied large companies belonging to the US CompStat and found that increases in CSR were directly related to firms' performance, improving their profitability, efficiency and market value. Moreover, Heufemann's (2013) study of the financial-accounting performance of a group of companies that incorporated sustainability practices into their businesses along the period 1992-2010 showed that markets are aware of the fact that companies which integrate sustainability practices into their business strategies are better prepared to thrive in uncertain market conditions. In Mexico firms listed on the Mexican Stock Exchange showed a positive relationship between financial performance (measured by the financial variables ROE, ROA, earnings per share, and Tobin's Q ratio) and the CSR certification (Alonso-Almeida et al., 2010). Nevertheless, a study of the efficiency of sustainable investment practices in Mexico for companies listed on the Sustainable Index, proved that firms that hold a CSR certification report only a slightly better return on short term investment versus other firms of the same sector that do not hold a CSR certification

(De la Torre et al., 2015). Despite the fact that the relationship between CSR and financial performance has been a stream of research largely studied, results are not conclusive.

In contrast, the approach proposed in this study is to determine to what extent profitability leads to the generation of sustainable value and which indicators might have the greatest relevance on corporate efficiency.

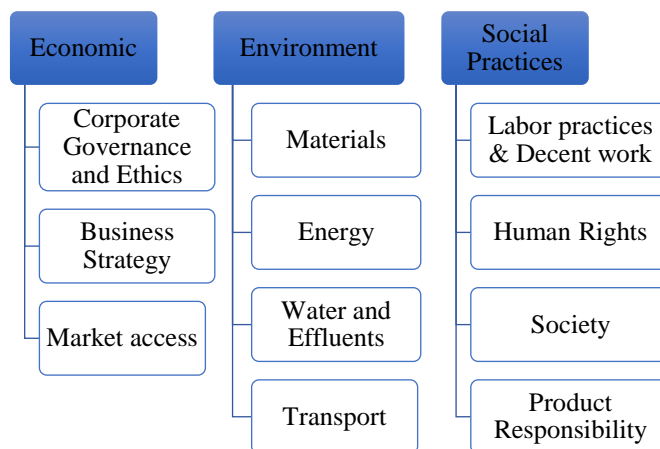
## **2.2. Sustainable value: valuation of companies using the *triple bottom line***

Given the technological, economic and financial advances demands for companies to constantly adapt at and innovate, firms must ensure that their organizational goals add value and provide long term sustainable results.

In recent decades, a trend to generate sustainable value has been observed among world class companies, as a value aggregation strategy. Sustainable value is defined as the process to determine, use and exchange qualities by business management in a triple results account (Cruz, 2018). Triple bottom line (TBL) is as a framework for measuring and reporting the performance of a company on 3 dimensions a framework that recommends companies to engage on social and environmental concerns just as much as they do on profits, introducing performance at three levels: social, economic and environmental (Elkington, 2006). Sustainability strategies range from voluntarily participation in sustainable activities, to integrating ESG policies and activities in a firm's strategic plan.

TBL Sustainability Reports link the agenda of sustainable development to large firms' business opportunities worldwide and are mainly built to better understand and analyze environmental, social and corporate governance risks. Such analyses are committed to the principles of the UN Global Compact initiative and to the Sustainable Development Goals (SDGs), the objectives of sustainable development, shifting the focus on traditional competitiveness strategies and market analysis, to strategies where companies integrate stakeholders and the triple bottom line (Elkington, 2006; Keinert, 2008; Raufflet, 2012).

There are other methodologies for assessing compliance with sustainability practices that companies communicate through sustainability reports, which are legitimized by international institutional and business initiatives to promote the adoption of sound principles of corporate social responsibility. These reports are based on information transparency and formal standards for their implementation. Large sustainable companies, for instance, use the Global Reporting Initiative methodology (GRI, 2015) to comply with parameters established by several Stock Exchanges. In order to propose a framework to evaluate sustainable value of companies other internationally recognized methodologies were reviewed, such as the ISO 26000 (2011), SDG Compass (2014,) and P5 from GPM Global (2017). Figure 1 shows and the three dimensions and components of our proposed evaluation framework.



**Figure 1.** Dimensions of sustainable value, according to the TBL approach

Source: Authors, based on ISO 26000 (2011), SDG Compass (2014,) P5 from GPM Global (2017) and GRI G4 (2015).

In Mexico, companies listed on the Mexican Stock Exchange and the ones that qualify to belong to the Sustainable Index use TBL reporting. The Sustainable Index groups companies that have proven high performance in terms of their sustainable value, based on environmental, social and corporate government criteria. By doing so, these companies demonstrate the degree of commitment and actions taken towards sustainability (BMV, 2018). All these companies conform the sample used in this research.

### 2.3 Theory of Efficiency and Data Envelopment Analysis (DEA)

The theory of efficiency started out in 1951 with Koopmans and Debreu's studies related to the use of business resources and the analysis of production. Later, Farrell (1957) successfully measured productive efficiency to measure the efficiency of the business function. According to Farrell (1957), efficiency measurement is not absolute, but relative, and the results is expressed as an observed deviation from efficient units (Gómez-Monge, 2012). Farrell divided the efficiency into two components: technical and allocative, and global efficiency is equal to the product of these two components. Technical efficiency shows the capacity of a production unit to obtain the maximum number of achievable products (outputs) from a set of factors (inputs) used in the process. Whereas allocative efficiency is the level of output where the price of a good or service is equal to the marginal cost of production (Navarro, Gómez-Monge and Torres, 2016). Farrell's initial model specifically measures production efficiency. However, when analyzing a production process with a structure of multiple inputs and outputs, it is not possible to determine an optimal efficiency point. This is why the Data Envelopment Analysis (DEA) approach introduced by Charnes, Cooper and Rhodes (1978) is used to to measure sustainable efficiency, since this multicriteria method measures the relative efficiency of decision-making units (DMUs) that are characterized by multiple inputs and outputs. It is based on linear programming for the estimation of efficient frontiers and its results rely heavily on the set of criteria used in the analysis. Therefore, one of the most important stages in the DEA is the selection of criteria.

Data Envelopment Analysis (DEA) is a non-parametric method since it does not require a functional relationship between inputs and outputs. Figure 2 shows a DEA graphic representation, with the efficient DMUs located within the envelopment surface. Each firm's efficiency score is calculated relative to an efficiency frontier. Firms located on the efficiency frontier have an efficiency score of 1 (or 100%). Firms operating beneath the frontier are considered inefficient, with a score inferior to 1 (or 100%) and hence have the capacity to improve future performance. This tool is used for benchmarking, since firms located on the frontier serve as benchmarks to inefficient firms. These benchmarks (i.e. real firms with real data) are associated with best practices (Huguenin, 2012). Hence, the efficient DMUs may lead to a "best practice frontier".

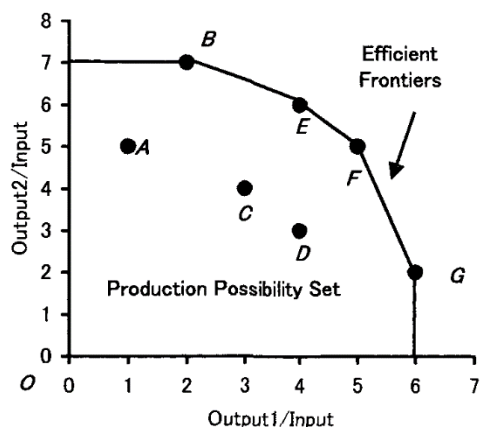


Figure 2. **DEA efficiency model graphic**

Source: **Data Envelopment Analysis by Cooper, Seiford and Tone (2006)**

Charnes and others (1978) classifies DEA models according to:

- a) the type of efficiency measure they provide: in radial and non-radial;
- b) the orientation of the model: input-oriented or output-oriented;
- c) the type of scale performance that characterizes production technology: constant returns to scale or variable.

Models with radial efficiency measures are used to analyze the effect of input and output. In DEA, we have two measures of efficiency with different characteristics; radial and non-radial. Historically, the radial models, represented by the CCR model (named after its authors: Charnes, Cooper and Rhodes) assume convexity, strong free disposal of inputs and outputs, and constant returns to scale. In the input-oriented case, the CCR deals mainly with proportionate reduction of input resources. In contrast, the non-radial models put aside the assumption of proportionate contraction in inputs and aim at obtaining the maximum rate of reduction in inputs that may discard varying proportions of the original input resources (Avkiran, Tone & Tsutsui, 2008).

Input-oriented DEA models minimize input for a given level of output. This indicates how much a firm can decrease its input while remaining at the frontier of production possibilities for a given (fixed) level of output. A DMU is not considered efficient if it is possible for it to decrease any

input without altering its outputs. On the other hand, output-oriented models maximize output for a given level of input, remaining within the frontier of production possibilities.

Types of DEA which address varying returns to scale, evaluate the efficiency of a set of DMUs as Constant, Increasing, or Decreasing returns to scale. Constant returns to scale (CRS) occur when outputs increase proportionally to growth of used inputs. A DMU is said to operate at increasing returns to scale (IRS) if a proportionate increase in all of its inputs results in a greater than proportionate increase in its outputs (economies of scale). Conversely, a unit is said to operate at decreasing returns to scale (DRS) if a proportionate increase in all of its inputs results in a less than proportionate increase in its outputs (diseconomies of scale).

The basic output-input oriented CCR DEA model which provides radial measurement (Charnes et al., 1984) is as follows:

$$\max h_0 \sum_{r=1}^s u_r y_{ro} \quad (1)$$

Subject to

$$\sum_{i=1}^m v_{io} x_{io} = 1$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} \leq \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \quad j = 1, \dots, n$$

$$u_r \geq 0, \quad r = 1, \dots, s$$

$$v_i \geq 0, \quad i = 1, \dots, m$$

where:

- $y_{ro}$  weighted sum of outputs by the  $r$  unit of the output  $o$
- $x_{io}$  weighted sum of inputs from the input  $or$  by unit  $i$ .
- $u_r$  weight for output  $r$
- $v_i$  weight assigned to input  $i$

This model considers that all variables must be positive values, with a population of  $n$  productive units (DMUs), each unit produces  $s$  outputs while consuming  $m$  inputs. The dependent variable, is  $y$ , and  $x$  is the independent variable (Vincova, 2005). Likewise, this model seeks to determine the most efficient unit (or units) that will serve as benchmarks to inefficient units (lambdas). It also allows to determine the input factors that maximize the outputs of the inefficient units from the identified gaps (slacks) between the efficiency frontier and the DMU.

We decided to use a basic CCR input-oriented DEA model with constant returns to scale because it allows a proportionate reduction of input resources while maximizing outputs. In our case

we aim at generating maximum sustainable value from minimum levels of profitability. By keeping profitability values constant, firms can be standardized and results of sustainable levels may be then compared, regardless of the sector the company belongs to.

DEA model has been intensively used to calculate efficiencies in very different fields, both in theoretical and empirical works. DEA was used to measure corporate sustainability for the specific case of a Korean company (Ki-Hoom & Reza, 2011); also, corporate efficiency was empirically measured on the basis of ESG scores against ROA and Tobin's Q ratios (Xie et al., 2019). In both studies, models for assessing corporate efficiency were designed to determine how sustainable value practices (ESG) are related to corporate efficiency. The former study determined efficiency with indicators from fundamental analysis data, and the latter with a combination of results derived from technical, fundamental analysis and ESG value estimates.

Due to the lack of a standardized measurement that takes into account all the efforts businesses make to generate sustainable value, we intend to achieve a standardized estimation of corporate efficiency of sustainable firms in Mexico with the objective of identifying the efficiency factors with the strongest weight.

### 3. Methodology

To estimate corporate efficiency, we applied DEA, a multivariable estimation method widely used to evaluate the efficiency of firms and utilities (Xie et al., 2019). We applied the input-oriented model by minimizing inputs, as shown in Equation (1), where  $x_i$  denotes inputs, including ROA, ROE and ROS and  $y_r$  denotes outputs, namely ESG scores.

Profitability ratios (ROA, ROE, ROS) for each firm were calculated using financial statements. ESG scores were taken from Yahoo! Finance. The selected DMUs used similar parameters to measure the inputs for generating equal or similar outputs.

#### 3.1 Sample, hypothesis and variables

The selected sample for this study, consisted of 18 domestic and foreign firms listed on the Mexican Stock Exchange and which qualify to be part of the Sustainable Index and their correspondent 72 Annual Sustainability Reports for the 2014-2017 period. These firms provide public information on their social, environmental and corporate governance (ESG) performance through the Yahoo! Finance website with data provided by Sustainalytics, Inc.<sup>2</sup> Table 1 shows the list of the 18 companies studied.

The **hypothesis** presented in this research is as follows: Corporate governance has the strongest weight when determining corporate efficiency, since it becomes a transversal axis to regulate its business strategies.

---

<sup>2</sup> Sustainalytics© is an international firm that evaluates the sustainability of publicly traded companies based on environmental, social and corporate governance (ESG) performance.

**Table 1.** CSR firms listed on the Sustainable Index of Mexican Stock Exchange

N <sup>o</sup>	List issuers	Company name	Sector
1	AC	Arca Continental, SAB de CV	Consumer Staples
2	ALFA	Alfa, SAB de CV	Industrial
3	AMX	America Mobil, SAB de CV	Telecom
4	BIMBO	Bimbo, SAB de CV	Consumer Staples
5	CEMEX	Cementos Mexicanoss, SAB de CV	Materials
6	FEMSA	Fomento Economico Mexicano, SAB de CV	Consumer Staples
7	GFNORTE	Grupo Financiero Banorte, SAB de CV	Financial
8	GMEXICO	Grupo Mexico, SAB de CV	Materials
9	KIMBER	Kimberly Clark de Mexico, SAB de CV	Consumer Staples
10	MEXCHEM	Mexchem de Mexico, SAB de CV	Industrial
11	PE&OLES	Industrias Peñoles, SAB de CV	Materials
12	SAN. MX	Grupo Financiero Santander, SAB de CV	Financial
13	TLEVISA	Grupo Televisa, SAB de CV	Telecom
14	WALMEX	Walmart de Mexico, SAB de CV	Basic-Consumer Discretionary
15	LIVERPOL*	El Puerto de Liverpool, SAB de CV	Non-basic Consumer Discretionary
16	GCARSO*	Grupo Carso, SAB de CV	Industrial
17	GFINBURO*	Grupo Financiero Inbursa, SAB de CV	Financial
18	GRUMA*	Gruma, SAB de CV	Consumer Staples

Source: Authors, from BMV data over the period 2014- 2017.

\* Firms that do not belong to the Sustainable Index, but do have ESG scores.

## Variables

Based on the research hypothesis, the dependent variable was sustainable value and the independent variable was profitability, as Figure 3 shows.

## Independent Variable

Financial ratios ROE, ROA and ROS were used in order to determine a firm's profitability, as shown in Table 2. Calculated values are shown in Table 4.

**Table 2.** Performance indicators of the independent variable

Variable	Ratio	Formula (indicator)
Profitability	Return on equity (ROE)	$\frac{\text{Net income (annual)}}{\text{Shareholders' equity}}$
	Return on assets (ROA)	$\frac{\text{Net income}}{\text{Total assets}}$
	Return on sales (ROS)	$\frac{\text{Operating profit}}{\text{Net sales}}$

Source: Authors, based on García (2015)

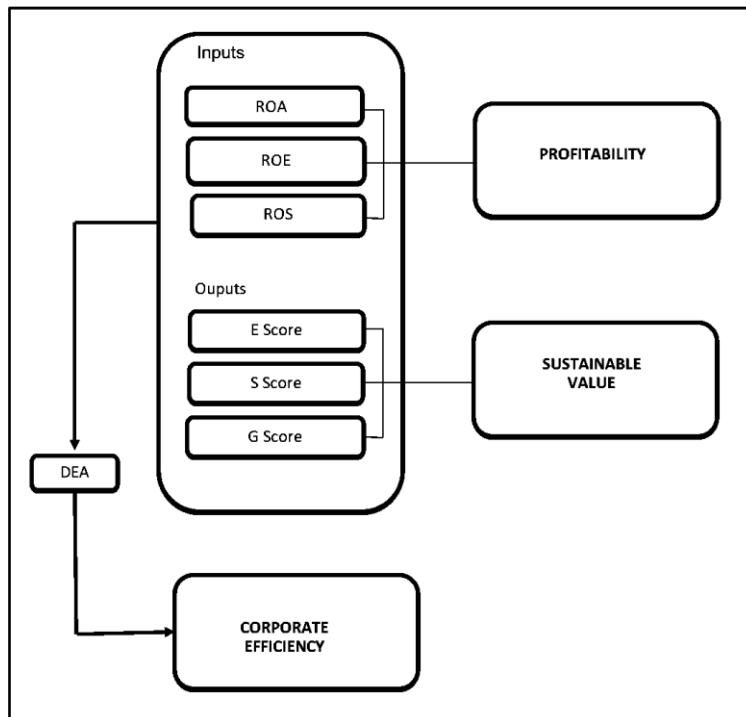
## Dependent Variable

The dependent variable was Sustainable Value, and its performance indicators were: Corporate Governance (G), Environmental Performance (E) and Social Performance (S). The conceptual definitions are shown in Table 3. Calculated values are shown in Table 5.

**Table 3.** Dimensions of the Dependent Variable: Conceptual Definitions

Variable	Indicator	Conceptual Definition
Sustainable Value	Corporate Governance (G)	It is a mechanism that regulates relationships between shareholders, directors and the management team of a company, through the definition and separation of strategic, operational, surveillance and managerial roles.
	Environmental Performance (E)	It refers to the natural environment in which an organization operates, and includes the company's impacts related to supplies and products. It focuses on: biodiversity, transport, the impact of products and services on the environment, as well as environmental compliance and expenditure.
	Social Performance (S)	It refers to the impact a company has on the social systems where it operates. This category includes: work and decent work practices, human rights, community and product responsibility.

Source: Authors, based on Aguiñaga (2011), ISO 2600 (2011), GRI (2018).



1. Research framework of the study.

Source: Authors (2020)



**Table 4.** Input variables: Profitability indicators of Sustainable Index firms

List Issuer	2014			2015			2016			2017		
	ROA	ROE	ROS	ROA	ROE	ROS	ROA	ROE	ROS	ROA	ROE	ROS
AC	8%	15%	11%	6%	15%	10%	7%	14%	10%	7%	11%	12%
ALPFA	-1%	-3%	-1%	1%	5%	1%	1%	2%	1%	-1%	-2%	-1%
AMX	4%	20%	6%	3%	23%	4%	1%	4%	1%	2%	12%	3%
BIMBO	2%	7%	2%	3%	10%	3%	3%	9%	3%	2%	7%	2%
CEMEX	-1%	-5%	-3%	0%	1%	1%	3%	8%	6%	3%	8%	6%
FEMSA	6%	10%	9%	6%	10%	7%	5%	9%	7%	6%	11%	8%
GFNORTE	1%	12%	2%	1%	12%	19%	2%	14%	19%	2%	16%	27%
GMEXICO	8%	15%	22%	5%	9%	12%	5%	9%	13%	6%	11%	16%
KIMBER	12%	51%	12%	14%	64%	13%	12%	68%	13%	10%	66%	11%
MEXCHEM	1%	3%	2%	2%	4%	2%	3%	6%	4%	2%	6%	4%
PENOLES	1%	2%	2%	-1%	-1%	-1%	4%	7%	7%	7%	12%	13%
SAN. MX	1%	13%	25%	1%	13%	22%	1%	15%	20%	1%	15%	18%
TLEVISA	4%	10%	11%	4%	12%	14%	2%	6%	6%	2%	7%	7%
WALMEX	12%	20%	7%	10%	17%	5%	12%	20%	6%	14%	25%	7%
LIVERPOL	7%	12%	10%	8%	13%	10%	7%	12%	8%	6%	11%	8%
GCARSO	7%	11%	8%	7%	10%	7%	9%	13%	11%	8%	12%	11%
GFINBURO	5%	19%	49%	3%	11%	30%	2%	11%	32%	4%	15%	32%
GRUMAB	11%	25%	9%	2%	6%	2%	11%	24%	9%	10%	24%	9%

Source: Authors, according to 2014, 2015, 2016 and 2017 financial statements. Retrieved in December 2018 from the BMV website.

Since DEA model restrictions consider that all variables must be positive, negative profitability results (inputs) were disabled. That was the case for Alfa in 2014 and 2017, Cemex in 2014 and Peñoles in 2015, whose negative results were due exclusively to company economic strategies or to market causes.

**Table 5.** Output Variables: Sustainable Value indicators of Sustainable Index firms

List Issuers	2014			2015			2016			2017		
	E	S	G	E	S	G	E	S	G	E	S	G
AC	61	70	74	62	79	74	70	78	76	72	78	76
ALFA	42	51	83	37	52	90	38	49	90	42	44	93
AMX	52	46	56	52	47	57	57	40	60	59	50	64
BIMBO	51	51	65	67	59	67	67	57	67	72	60	63
CEMEX	73	72	86	73	72	82	68	65	84	76	65	97
FEMSA	65	68	72	62	68	72	61	67	72	61	67	70
GFNORTE	43	61	53	62	69	66	61	68	68	61	68	68
GMEXICO	27	24	44	48	61	54	52	62	59	52	62	56
KIMBER	68	54	71	70	54	71	52	52	71	68	52	71

MEXCHEM	55	68	78	69	71	79	69	59	79	71	64	81
PENOLES	60	55	75	60	55	75	60	52	75	55	65	74
SAN. MX	68	62	67	67	63	66	70	67	63	71	73	62
TLEVISA	40	41	52	42	43	57	47	40	60	45	42	69
WALMEX	78	70	52	71	54	56	71	66	58	79	70	58
LIVERPOL	34	48	54	34	48	54	34	45	54	34	45	54
GCARSO	32	40	57	41	40	57	41	37	57	47	46	63
GFINBURO	32	56	38	32	56	39	32	55	41	32	55	41
GRUMAB	50	55	78	48	55	79	69	59	79	47	47	63

Source: Authors, according to Sustainalytics Inc. for the 2014- 2017 period. Retrieved in December 2018 from the Yahoo Finance website.

## 4. Results and discussion

Table 6 shows technical efficiency for firms over the period 2014-2017. The most efficient firms (in bold) were as follows: Alpha in 2015 and 2016; América Móvil in 2016; Bimbo in 2017; Cemex in 2015; Mexchem in 2014 and 2017; Peñoles in 2014; and Santander in 2014, 2016 and 2017. In terms of profitability, all these companies reached the maximum sustainable value efficiency. Due to the DEA model restriction for positive values, not all companies participated in every year calculations. In 2014, only 16 companies were evaluated, 18 firms in 2016, and 17 firms in 2015 and 2017, respectively.

¡Error! Marcador no definido.. Technical efficiency of Sustainable Index companies

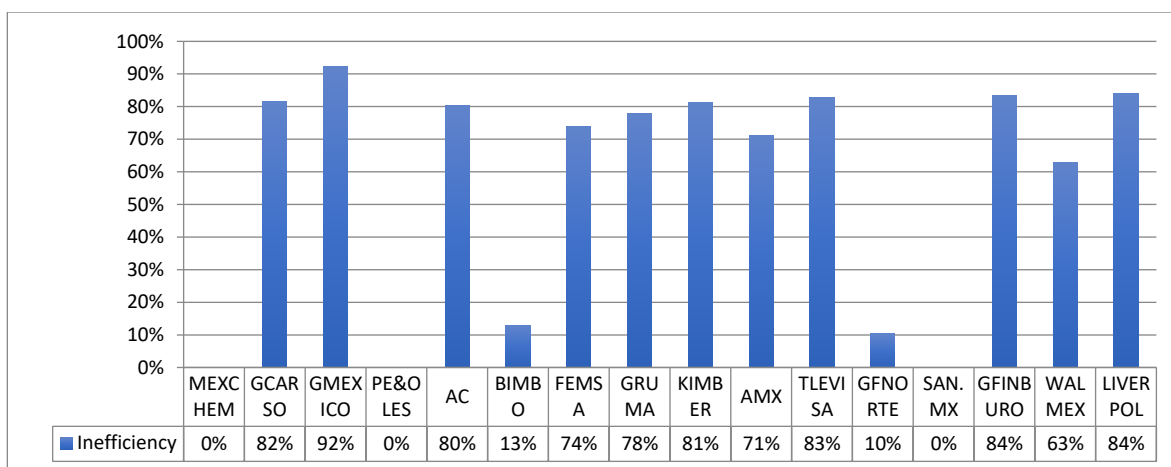
Station	2014	2015	2016	2017
	Efficiency	Efficiency	Efficiency	Efficiency
AC	19.75%	10.97%	26.32%	66.48%
<b>ALFA</b>		<b>100%</b>	<b>100%</b>	
<b>AMX</b>	28.89%	17.81%	<b>100%</b>	88.89%
<b>BIMBO</b>	87.01%	30.59%	47.02%	<b>100%</b>
<b>CEMEX</b>		<b>100%</b>	51.13%	89.81%
FEMSA	26.10%	13.49%	35.67%	57.10%
GFNORTE	89.71%	7.99%	60.80%	69.27%
GMEXICO	7.82%	9.41%	30.41%	52.84%
KIMBER	18.89%	7.38%	9.51%	21.91%
<b>MEXCHEM</b>	<b>100%</b>	49.31%	60.53%	<b>100%</b>
<b>PENOLES</b>	<b>100%</b>		45.11%	50.78%
<b>SAN. MX</b>	<b>100%</b>	7.06%	<b>100%</b>	<b>100%</b>
TLEVISA	17.15%	5.79%	49.47%	83.34%
WALMEX	37.14%	19.45%	24.78%	33.33%
LIVERPOL	15.95%	6.67%	15.31%	38.35%

GCARSO	18.45%	9.83%	16.60%	38.89%
GFINBURO	16.47%	7.07%	51.07%	39.78%
GRUMAB	22.22%	45.93%	17.29%	26.11%

Source: Authors, using DEAOS Software, processed on April 7, 2019

Additionally, an annual vertical analysis for each of the four years of the analyzed period was performed (Table 6). For 2014, it can be observed that out of the 16 companies subject to evaluation that year, the firms with the highest efficiency values were Mexchem, Peñoles and Santander. Inefficient companies, grouped by Stock Exchange sectors, should have increased their social, environmental and corporate governance performance scores according to the following percentages:

1. Industrial sector: Grupo Carso by 82%. Materials: Grupo México by 92%. Consumer staples: Arca Continental by 80%, Bimbo by 13%, Femsas by 74%, Gruma-Maseca by 78%, and Kimberly Clark by 81%. Telecom: América Móvil by 71%, Televisa 83%. Financial: Grupo Financiero Banorte by 10%, and Grupo Financiero Inbursa by 84%. Basic and non-basic consumer discretionary: Walmart 63%, and Liverpool by 84%. These results are shown in Figure 4.



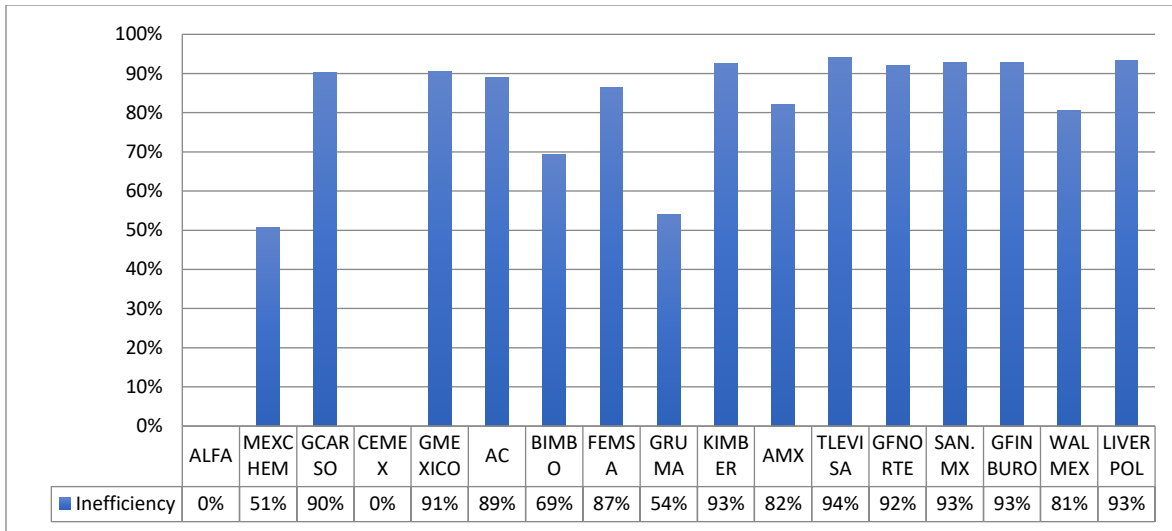
**Figure 4.** Sustainable inefficiency of the firms in 2014

Source: Authors, using DEAOS Software, processed on April 7, 2019

In 2015 only two companies reached perfect efficiency, Alfa and Cemex. That was a difficult year for most companies in Mexico in terms of profitability, especially for those in the financial sector, which showed the lowest efficiency results. In order to meet the highest sustainable efficiency, such firms should have increased their ESG performance scores according to the following percentages:

2. Industrial: Mexchem by 51%, and Grupo Carso by 90%. Materials: Grupo México by 91%. Consumer staples: Arca Continental by 89%, Bimbo by 69%, Femsas by 87%, Gruma by 54%, and Kimberly Clark by 93%. Telecom: America Móvil 82% , and Televisa by 84%. Financial: Grupo Financiero Banorte by 92%, Santander in its worst year, by 93%, and Grupo

Financiero Inbursa by 93%. Basic and non-basic consumer discretionary: Wal-Mart by 81% and Liverpool by 93%. These results are shown in Figure 5.

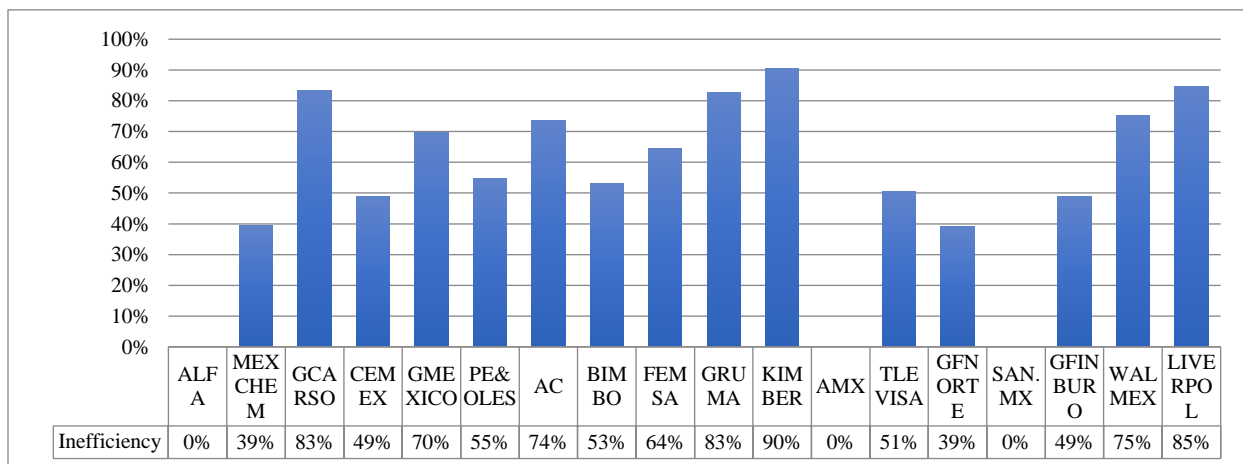


**Figure 5.** Sustainable inefficiency firms of 2015

Source: Authors, using DEAOS Software, processed on April 7, 2019

In 2016, the three companies with perfect sustainable efficiency were Alfa, Santander and America Móvil. The remaining 13 companies should have increased their ESG performance scores according to the following percentages:

- Industrial: Mexchem by 39%, and Grupo Carso by 83%. Materials: Cemex by 49%, Grupo México by 70%, and Peñoles by 55%. Consumer staples: Arca Continental by 74%, Bimbo by 53%, Femsa by 64%, Gruma by 83%, and Kimberly by 90%. Telecom: Televisa by 51%. Financial: GF Banorte by 39%, and GF Inbursa by 49%. Basic and non-basic consumer discretionary: Walmart by 75% and Liverpool by 85%. These results are shown in Figure 6.

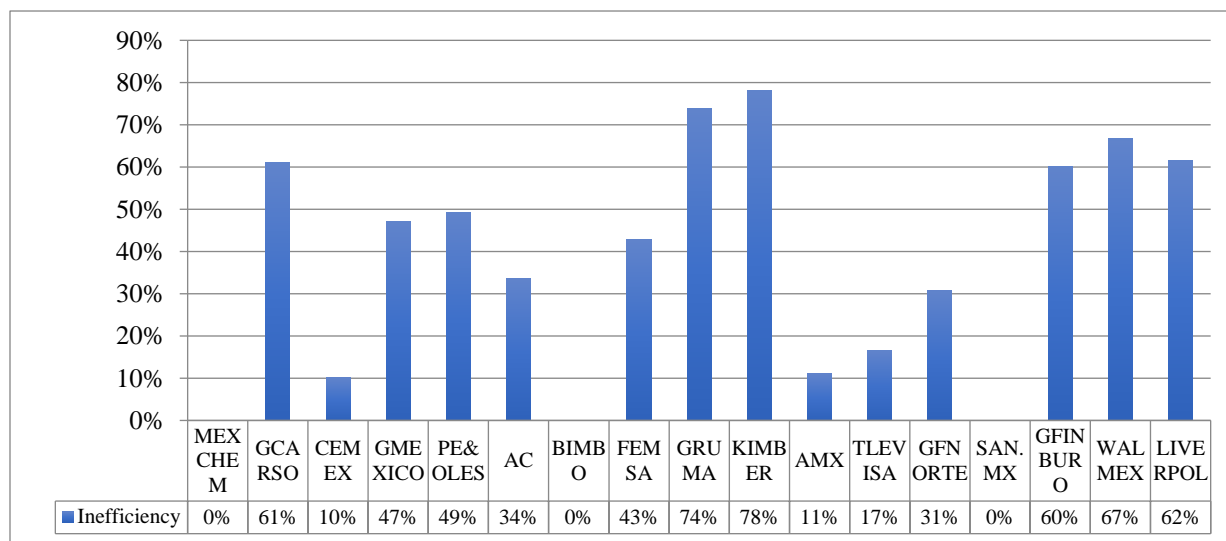


**Figure 6.** Sustainable inefficiency firms in 2016

Source: Authors, using DEAOS Software, processed on April 7, 2019

Lastly, in 2017 the firms with perfect efficiency were Mexchem, Bimbo and Santander. The remaining 12 companies should have increased their sustainable value levels by the following percentages:

4. Industrial: Grupo Carso by 61%. Materials: Cemex by 10%, Grupo México by 47%, and Peñoles by 49%. Consumer staples: Arca Continental by 33%, Femsa by 43%, Gruma by 74%, and Kimberly Clark by 78%. Telecom: América Móvil by 11%, and Televisa by 17%. Financial: Grupo Financiero Banorte by 31% and Grupo Financiero Inbursa by 60%. Basic and non-basic consumer discretionary: Walmart by 67% and Liverpool by 62%. These results are shown in Figure 7.



**Figure 7.** Sustainable inefficiency firms of 2017

Source: Authors, using DEAOS Software, processed on April 7, 2019

It should be noted that Kimberly, Grupo Carso, Liverpool, Grupo Financiero Inbursa and Gruma did not invest enough to strengthen ESG practices to reach higher sustainable efficiency values. For Grupo Carso, Liverpool and GF Inbursa, such investment would have meant the opportunity to belong to sustainable indexes, and in the future, it could even the chance reach new markets and international investors.

Table 7 shows the seven most efficient companies of the study in the corresponding year. It can be highlighted that five firms consistently got the highest score on the Corporate Governance. On the other hand, Santander (2014, 2016 and 2017) and Bimbo (2017) reached their highest score on Environmental practices.

**Table 7.** Sustainable value (ESG) scores of the most efficient companies.

Station	Sector	2014			2015			2016			2017		
		E	S	G	E	S	G	E	S	G	E	S	G
Alpha	Industrial				37	52	90	38	49	90			
Amx	Telecom							57	40	60			
Bimbo	Consumer Staples										72	60	63
Cemex	Materials				73	72	82						
MEXCHEM	Industrial	55	68	78							71	64	81
Peñoles	Materials	60	55	75									
Santander	Financial	68	62	67				70	67	63	71	73	62

Source: Authors, based on Sustainalytics Inc. for the 2014- 2017 period. Retrieved in November 2018 from the Yahoo Finance website.

### 5.3. Lambdas and slacks

As DEA benchmarks DMUs, it is a powerful decision analysis tool to improve management practices, indicating sources of inefficiency, and determining the overall situation on different dimensions. After identifying inefficient DMUs, lambda values were generated to indicate the coefficient that a specific DMU must benchmark for each of the reference units. In an input-oriented model, slacks consist of the excess in one of the input variables (profitability), that should be reduced in order to generate improvements in the output variables (ESG scores). A slack value indicates the points below the efficiency frontier a specific DMU has, and therefore, the gap that has to be fulfilled.

Table 8 shows accumulated lambdas and slacks for sustainable firms for the years 2014-2017. Companies with perfect efficiency were Mexchem, Peñoles, Grupo Financiero Santander, Alfa, Cemex, América Movil and Bimbo. Despite being a company that attained perfect efficiency for three years, Santander was not a benchmarking reference, since its sustainable strategies were not the most effective to be imitated by other companies.

Our findings indicate that the two companies to benchmark were Alfa, with 18.91 points, and Mexchem, with 16.81 points, both in the industrial sector. Alpha is a firm that manages a diversified business portfolio which includes the several industries: food, polyester fabrics, automobile parts, information and communication technologies, hydrocarbons. Mexchem plays a leading role in the production of PVC in the chemical industry it supplies. Both firms are recognized for their investments in sustainability and in the search for solutions that generate value not only for the company, but for all of the stakeholders.

**Table 8.** Accumulated Lambdas and Slacks of sustainable firms for the period 2014-2017

Year	LAMBIDAS (BENCHMARKS)							SLACKS					
	mexch	peñoles	san.mex	alfa	cemex	amx	bimbo	E	S	G	ROA	ROE	ROS
2014	6.1	7.8	1.0					59.0	40.5	146.3	9%	32%	7%
2015				1.5	13.5			107.1	62.6	127.1	10%	14%	3%
2016			1.7	17.4		4.4		16.7	128.1	727.4	3%	4%	23%
2017	10.7		1.7				4.3	188.3	58.7	112.8	12%	12%	29%
<b>Σ</b>	<b>16.8</b>	7.8	4.5	<b>18.9</b>	13.5	4.4	4.3	371.1	289.9	<b>1,113.6</b>	33%	61%	61%

Source: Authors, using DEAOS Software, processed on April 7, 2019

After evaluating the degree of efficiency to be improved (Benchmarks-Lambdas), slacks are discussed as a means to enhance ESG indicators. In this sense, companies that proved inefficient must have improved their scores for environmental and social practices as well as for corporate governance in each of the individual scores resulting from DEA, and in some cases, they should have invested a part of their profits in strategies that generate sustainable value. Slack analysis shows that the least sensitive indicator was ROA, and that firms should have focused their efforts on sustainable value factors, even sacrificing some returns on sales and/or capital, to optimize their efficiency.

Table 8 also shows that the largest values for slacks were in the corporate governance variable in 2016, the year following a financial crisis that affected most of the largest firms in Mexico. It can be concluded that during that year companies were more concerned with economic issues, than with generating sustainable value. However, in the subsequent years sustainable strategies were resumed, strengthening corporate governance (G), a variable that becomes a transversal axis of CSR so that firms are in turn able to meet their social, environmental and economic goals. These results support Keinert's (2008) claim that economic activities focused on increasing governance, will improve social and environmental goals in the long term.

Our findings also support the theory of economic value (Friedman, 1970), according to which companies are required to generate economic value if they are to attain their social and environmental goals. With this vision, CSR companies set business strategies that integrate sustainable practices into their value chain. Moreover, this strategy allows firms to contribute to the achievement of the Sustainable Development Goals (SDGs), their stakeholders' well-being and to accomplish corporate profitability goals.

Additionally, Corporate Governance allows firms to improve their business practices and stress the importance of institutionalization of all social, environmental and economic internal processes, by standardizing and regulating them. Likewise, authors such as Jaén and Rivas (2008) and Campbell (2007) state that business strategies should be institutionalized in order to encourage and ensure responsible firm behavior. Similarly, sustainable value practices must be ensured as everyday practices, not only when companies are interested in maximizing their profits.

## 6. Conclusions, recommendations and final considerations

Statistical models currently used to quantify firms' financial distress are unable to identify what areas need to be improved and determine corporate efficiency in terms of their profitability. For this study, we have used a DEA model based on previous evidence supporting the ability of DEA to set optimum performance referents.

Results show that, for firms listed on the Sustainable Index of the Mexican Stock Exchange, corporate governance is the indicator that has the greatest weight on business sustainability practices, followed by environmental and social practices. Moreover, findings reveal similarities in firms' functionality to generate sustainable value, regardless of the economic sector they belong to. However, individual differences are observed in the strategies followed, hence ESG activities vary according to the economic sector. The information provided by this model might be useful for investors and stakeholders alike, who could base their support to firms, on the specific ESG activities of firms.

Governance activities remarkably reduce companies risks and give certainty to stakeholders, since it becomes a transversal axis of business strategies. Thus, achieving corporate governance generates efficiency and allows firms to compete in today's global markets contributing to the sustainable development goals. Also, corporate governance and institutional practices foster the generation and monitoring of internal and external regulations, collective participation, gender equity, objective and independent business decision-making processes, without neglecting economic efficiency. This is accomplished by monitoring, controlling, systematizing and optimizing a firm's ESG practices according to their vision, generating in turn, business resilience. To sum up, if companies standardize their management processes through corporate governance, they will strengthen institutionality and become more sustainable efficient.

We recommend a deeper analysis of individual ESG strategies that large companies in Mexico are currently incorporating into their value chain. This is required in order to evaluate their impact on the country's development. By determining the individual ESG strategies of companies, a sustainable competitive model that might apply to other firms could be designed. Another proposed line of research is to assess the institutionality and sustainable value generation in SMEs in Mexico to evaluate their sustainable efficiency.

In addition, by adding sustainable value to business strategies, new firms are more likely to qualify to be incorporated into international Sustainable Indexes, while implementing mechanisms to prevent social, environmental and economic risks. As a final consideration, our model strengthens the evaluation of business performance, and it might be an alternative tool to fundamental analysis for assessing efficient business management.

To conclude, firms' actions to achieve efficiency can be observed in the strategies they devise to generate value for the company, which can no longer be seen only as a means of meeting profitability goals. Instead, sustainable value is an opportunity to generate positive impacts on the environment and on the community.



## References

- [1] Aguiñaga, D. (2011) *Panorama global de la sustentabilidad y su impacto en México. El nuevo escenario competitivo de los negocios*. Delloite México. México, D.F. retrieved in December 2018
- [2] Alonso-Armeida, M., Rodríguez, M., Aimer, K. y Abreu, J. (2012). *La responsabilidad social corporativa y el desempeño financiero: un análisis en empresas mexicanas que cotizan en la bolsa*. Revista Contaduría y Administración, FCA-UNAM. Vol 57, núm. 1, ener-marzo, 53-77 México. <https://doi.org/10.22201/fca.24488410e.2018.1214>
- [3] Arteaga García, J., & Ponce de León Rodríguez, G. (2018). *¿Qué explica la relación positiva entre rentabilidad y concentración en las Casas de Bolsa de México?* Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF, 13(3), 363-386. doi:<https://doi.org/10.21919/remef.v13i3.328>
- [4] Avkiran, N., Tone, K. & Tsutsui, M. (2008). Bridging radial and non-radial measures of efficiency in DEA. United Kingdom. *Annals of Operations Research* 164, 127-138. <https://doi.org/10.1007/s10479-008-0356-8>
- [5] BMV (2018). *Responsabilidad Social*, Mercados. Consultado el 15 de febrero de 2018 en <http://www.bmv.com.mx/es/mercados/responsabilidad-social>
- [6] Botero C. Eduardo A, Garnica A. Diana M, Soto G. Johanna M.(2013) *La competitividad financiera: un componente fundamental de la competitividad empresarial*. Contexto Vol. (2), 141-157.
- [7] Bowen, H. (1953) *Social Responsibilities of de Businessman*. 1ª Edición. New York.
- [8] Campbell, J. (2007) *Why Would Corporations Behave in Socially Responsible Ways? An Institucional Theory of Corporate Social Responsibility*. *Academy of Management Review*, 32 (3), 946-967. <https://doi.org/10.5465/amr.2007.25275684>
- [9] Carroll, A. (1979). *A Three-dimensional Conceptual Model of Corporate Performance*. *Academy of Management Review*, 4, 497-505. <https://doi.org/10.5465/amr.1979.4498296>
- [10] Charnes, A. Cooper, W.W. & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision-making units. *European Journal of Operational Research*. 2,(6), 429-444. Elsevier. Uk [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(78\)90138-8](https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8)
- [11] Cooper, W. W., Seiford, L. M., & Tone, K. (2006). *Introduction to data envelopment analysis and its uses: With DEA-solver software and references*. Boston: Springer. doi:10.1007/0-387-29122-9
- [12] Cruz, M. (2018) *Generación de valor sustentable. Repensar la valuación empresarial*. México. Publicaciones Empresariales UNAM, FCA Publishing.
- [13] Dahlsrud, A. (2008). *How corporate social responsibility is defined: an analysis of 37 definitions*. (Vol. 15). Norway: Corporate Social Responsibility and Enviromental Manegment. <https://doi.org/10.4995/vitruvio-ijats.2015.4477>
- [14] De la Torre, O., Galeana E., Aguilasocho, D. (2015) *The use of the sustainable investment against the broad market one. A first test in the Mexican stock market*, Revista: Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa, Elsevier.es <http://dx.doi.org/10.1016/j.iedee.2015.08.002>
- [15] Druker, P.F. (1984) *The New Meaning of Corporate Social Responsibility*. *California Management Review*, 26 (2) p. 53
- [16] Elkington, J. (2006) *Governance for Sustainability*. Journal Compilation. Vol. 14, Number 6. Blackwell Publishing Ltd. USA.
- [17] European Commission (2001). *Promoting a European framework for corporate social responsibility-Green Paper*. Belgium
- [18] Farrell, M.F. (1957) *The mesasurement of productivie efficiency* *Journal of Royal Statistical Society A*. Vol. 120 pp. 253-281.
- [19] Friedman, M.(1970) *La responsabilidad social de la empresa es incrementar ganancias*. The New York Times Magazine.

- [20] García, V. (2015). *Análisis Financiero: Un enfoque integral*. México. Grupo Editorial Patria. 1ª Edición.
- [21] Garriga, E., & Melé, D. (2004). *Corporate Social Responsibility Theories: Mapping the Territory*. Journal of Business Ethics, 53(1). <https://doi.org/10.1023/b:busi.0000039399.90587.34>
- [22] Gómez-Monge, R. (2012). *El Sector Bancario en México, los depósitos a plazo y las cuentas de ahorro: un análisis de eficiencia durante el periodo de internacionalización a través de la envolvente de datos (DEA)*, Revista Ciencias Estratégicas, Vol. 20, N° 27. Enero-Junio 2012, pp 13-38. Medellín. Colombia. <https://doi.org/10.32468/be.57>
- [23] GPM Global (2017) *GPM P5 Standard for Sustainability in Project Management*. Version 2.0 Published in United States of America with de United Kingdom Copyright Service. <https://www.greenprojectmanagement.org>
- [24] GRI, G4. (2015) *Global Reporting Initiative*. Recuperado el 23 de julio de 2017, de GRI: [www.globalreporting.org](http://www.globalreporting.org)
- [25] Heufemann, G. (2013). *Índices Bursátiles sustentables: Indicadores para estimular la inversión responsable*. Journal: Sustentare , 1 (389), 179-186
- [26] Huguenin, J.M. (2012). *Data Envelopment Analysis (DEA). A pedagogical guide for decision makers un the public sector*. IDHEAP, Lausanne. Cahier 276.
- [27] Informe Brundtland, UN (1987). *Report of the World Commission of Environment and Development: Our Common Future*. Oslo. <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf> consultado el 22 de junio de 2017.
- [28] ISO 26000. (2011). *Guía de Responsabilidad Social*. México: Instituto Mexicano de Normalización.
- [29] Jaén M. & Rivas, J. (2008). *¿Cómo se organizan las empresas para ser socialmente responsables?*. Debates IESA, 8 (2), 54-58.
- [30] Keinert, C. (2008) *Corporate Social Responsibility as an International Strategy* . Springer. doi:10.1007/978-3-7908-2024-9
- [31] Ki-Hoon, L., Reza, S. (2011) *Measuring corporate sustainability management: A data envelopment analysis approach*. Int. J. Production Economics. Elsevier doi:10.1016/j.ijpe.2011.08.024
- [32] Leff, E. (2005). *Ecología y Capital* (6ª ed.). (S. XXI, Ed.) México. Siglo Veintiuno Editores, S.A. de C.V.
- [33] López, A. (2013) *Hacia la responsabilidad social de las pequeñas empresas: Caso México*. Revista Internacional Administración y Finanzas. Volumen 6, Number 6
- [34] Margolis, J. D. y J. P. Walsh (2001). *Misery loves companies: whither social initiatives by business?* Social enterprise series No. 19 *Harvard Business School Working Paper Series*: 01-058 <https://doi.org/10.2307/3556659>
- [35] Navarro, J., Gómez-Monge, R-, & Torres, Z. (2016). *Las universidades en México: una medida de su eficiencia a través del análisis de la envolvente de datos con bootstrap*. *Acta universitaria*, 26(6), 60-69. <https://dx.doi.org/10.15174/au.2016.911>
- [36] Orlitzky, M. (2007). *Doing well by doing good: objective findings, subjective assumptions or selective amplification?* Paper presented at the Academy of Management Conference, Philadelphia. <https://doi.org/10.5465/ambpp.2007.26508479>
- [37] Piketty, T. (2014). *El capital en el siglo XXI*. México. Fondo de Cultura Económica. <https://doi.org/10.21678/apuntes.76.735>
- [38] Porter, M. & Kramer, M. (2011). *La Creación de Valor Compartido*. *Harvard Business Review Latinoamérica*, Septiembre-Octubre.
- [39] Porter, M. & Linde. C. (1995). *Green and Competitive: Ending the stalemate*. *Harvard Business Review*. September-October Issue.
- [40] Raufflet, E. L. (2012). *Responsabilidad Social Empresarial*. México. Editorial Pearson.
- [41] Saavedra García, M. L. (2014) *Hacia la determinación de la competitividad de la Pyme Latinoamericana*. D.F., México: Publicaciones Empresariales UNAM.

- [42] Sánchez M., Parra, G. y Udi, S. (2014) Benchmarking de la sustentabilidad de empresas: una propuesta basada en el Análisis Envoltante de Datos. *Revista Trayectorias*. Año 16, número 39. Julio-diciembre 2014: 19-35. Argentina.
- [43] SDG Compass (2014) *La guía para la acción empresarial en los ODS*. By Global Reported Initiative (GRI), The United Nations Global Compact, and World Business Council for Sustainable Development
- [44] Sethi, S., & Sama, L. (1998). Ethical behavior as a strategic choice by large corporations: The interactive effect of marketplace competition, industry structure and firm resource-es. *Business Ethics Quarterly*, 8(1) <https://doi.org/10.2307/3857523>
- [45] Software for DEA <https://www.deaos.com/Report.aspx?rpId=9&PID=48177>
- [46] Valenzuela, L., Jara-Bertin M. & Villegas, F. (2015) *Prácticas de Responsabilidad Social, reputación corporativa y desempeño financiero*. *Revista de Administração de Empresas*, 55(3), 329-344. <https://doi.org/10.1590/S0034-759020150308>
- [47] Vincova, K. (2005). *Using DEA models to measure efficiency*. *Biatec*, 13 (8), 24-28.
- [48] Walker, K., Zhang, Z., Yu, B. (2016) *The angel-halo effect: How increases in corporate social responsibility and irresponsibility relate to firm performance*. *European Business Review*, 28(6), 709-722. Descargad el 19 de septiembre de 2017 de <https://doi.org/10.1108/EBR-11-2015-0139>
- [49] Wood, D. J. (2010). *Measuring Corporate Social Performance: A Review*. Blackwell Publishing Ltd and British Academy of Management. United Kingdom. *International Journal of Management Reviews*, 50-84.
- [50] Xie, J, Nozawa, W, Yagi, M, Fujii, H, Managi, S. (2019). Do environmental, social, and governance activities improve corporate financial performance? *Business Strategy and The Environment.*, 28, 286–300. Wiley Online Library <https://doi.org/10.1002/bse.2224>

## ¿Impulsan la actividad económica en América Latina el número de sucursales bancarias y cajeros automáticos?

Ana Lilia Hernández Pineda - Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México

Alí Aali-Bujari<sup>1</sup> - Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México

### Resumen

El objetivo de ésta investigación es analizar el impacto del número de sucursales bancarias por cada 100000 adultos y cajeros automáticos por cada 100000 adultos en el crecimiento económico en Argentina, Brasil, Chile, Costa Rica, Ecuador, México, Perú y Uruguay, durante 2004-2018. Metodología: se estiman modelos de datos panel: efectos fijos y efectos aleatorios. Resultados: El principal hallazgo, es que el crecimiento económico es afectado positivamente por el número de sucursales bancarias y de cajeros automáticos. Recomendaciones: Se exhorta a los tomadores de decisiones buscar los instrumentos e incentivos adecuados para aumentar el número de sucursales bancarias y cajeros por cada 100000 adultos, y así contribuir al crecimiento económico. Limitaciones: La investigación se restringe a analizar sólo el rol del número de sucursales bancarias y cajeros automáticos en el crecimiento económico. Originalidad: se concentra en siete economías de América Latina, se tiene una mayor disponibilidad de datos, se realiza análisis de datos panel, que permite utilizar mayor cantidad de países, variables y períodos. Conclusiones: El número de sucursales bancarias y cajeros automáticos impulsan la actividad económica en América Latina.

*Clasificación JEL: O10, O31, O47.*

*Palabras clave: Crecimiento económico, desarrollo financiero, datos panel.*

## Does the Number of Bank Branches and ATMs Boost Economic Activity in Latin America?

### Abstract

This research is aimed at analyzing the impact of the number of bank branches and the number of ATMs on economic growth in Argentina, Brazil, Chile, Costa Rica, Ecuador, Mexico, Peru and Uruguay, during 2004-2018. Methodology: panel data models are estimated: fixed effects and random effects. Results: The main finding is that economic growth is positively affected by the number of bank branches and ATMs. Recommendations: Decision makers are encouraged to seek the appropriate instruments and incentives to increase the number of bank branches and ATMs per 100,000 adults, and thus contribute to economic growth. Limitations: The research is restricted to analyzing only the role of the number of bank branches and ATMs in economic growth. Originality: It is concentrated in seven Latin American economies, there is greater data availability, panel data analysis is carried out, which allows the use of more countries, variables and periods. Conclusions: The number of bank branches and ATMs drive economic activity in Latin America.

*JEL Classification: O10, O31, O47.*

*Keywords: Economic growth, financial development, panel data.*

<sup>1</sup> Autor de correspondencia. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca-Actopan Km 4.5, Campo de Tiro, 42039, Pachuca de Soto, Hidalgo, México. Teléfono: +527717172000 ext. 5801. [alibujari@yahoo.es](mailto:alibujari@yahoo.es). ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7392-6635>

\*Sin fuente de financiamiento para el desarrollo de la investigación



## 1. Introducción

La relación entre el desarrollo financiero y el crecimiento económico ha sido objeto de estudio de diferentes investigaciones, tanto teóricas como empíricas, a lo largo del tiempo: Schumpeter (1954) encuentra que el sector financiero es clave para impulsar la innovación tecnológica y por ende al desarrollo económico. El desarrollo empresarial promueve el crecimiento económico y este a su vez, estimula la creación de nuevos instrumentos y mecanismos de financiación. Asimismo, Wicksell (1934) argumenta que la demanda de crédito dinamiza la economía, encuentra que el sector financiero juega un papel crucial para financiar la inversión, la innovación, el progreso tecnológico, y en este sentido contribuye al crecimiento económico. Por otro lado, Goldsmith (1969) encuentra una relación positiva entre el desarrollo financiero y el crecimiento económico, utilizando el análisis de corte trasversal, para una muestra de 35 países.

Aunado a lo anterior, el desarrollo financiero debe considerarse bajo el enfoque de crear y expandir las instituciones, mercados y productos financieros que promuevan la inversión y el crecimiento. El desarrollo financiero es función de intermediación que llevan a cabo los mercados financieros entre los ahorradores e inversionistas en el proceso para impulsar el desarrollo económico. Existe una gran cantidad de estudios realizados en muchos países respecto a la relevancia del sector financiero para el crecimiento económico: Mckinon (1973), King y Levine (1993), Bencivenga (1996), Levine y Zervos (1998), Rajan y Zingales (1998), Venegas-Martínez (1999), Beck y Levine (2002), Nazmi (2005), Guidotti (2007), Brianto (2010), López y Rodríguez (2010), Bittecourt (2012), Tabak *et al.* (2013), Pastor y Wise (2015), Saona (2016), Vianna y Mollick (2018), Williams (2018), Restrepo (2019), Yakovlev (2019), Onder y Ozyildirim (2019).

En este sentido, Aali-Bujari *et al.* (2017) estudian el impacto de la capitalización de mercado de valores y el spread bancario en el crecimiento económico, en las principales economías de América Latina durante el período 1994-2012. Para ello, estiman un modelo de datos de panel con el Método Generalizado de Momentos tanto en sistema como en diferencias. Sus resultados indican que el crecimiento económico en los países estudiados es afectado positivamente por la capitalización bursátil y negativamente por el spread bancario. La mayoría de los trabajos en este campo, apuntan a una relación positiva entre desarrollo financiero y la actividad económica. Los autores coinciden en que la relación existente entre el desarrollo financiero y el crecimiento económico debe ser considerada al momento de evaluar elementos que promuevan el crecimiento económico sostenido y a largo plazo de las naciones. Por otro lado, Pradhan *et al.* (2017) estudian la relación causal entre desarrollo financiero, penetración de las TIC y crecimiento económico en once países, en el periodo 1961-2012, utilizan datos panel, encuentran que existe causalidad de Granger tanto a corto, como a mediano plazo entre a variables: penetración de TIC, desarrollo del sector financiero y crecimiento económico para los países considerados en la muestra.

En ésta investigación se evalúa el impacto del desarrollo financiero en el crecimiento económico en las economías de América Latina. Específicamente se examina el impacto de las principales variables, como: el número de sucursales bancarias por cada 100000 adultos y el número de cajeros automáticos por cada 100000 adultos; en el crecimiento del PIB real *per cápita*, en el período 2004-2018. Para ello se utiliza el análisis de datos de panel con información del Banco

Mundial a fin de encontrar evidencia sobre los nexos del desarrollo financiero y el crecimiento económico. Asimismo, con base en el modelado econométrico propuesto, se establecerán varias recomendaciones que permitan incrementar los niveles de bienestar en la región.

Con referencia al estado actual del tema, el presente trabajo se distingue en que: 1) se concentra en la región de América Latina, haciendo énfasis en las siete principales economías (Argentina, Brasil, Chile, Costa Rica, Ecuador, México, Perú y Uruguay); 2) se tiene una mayor disponibilidad de datos con respecto al pasado, 3) se realiza un análisis de datos de panel, que permite utilizar una mayor cantidad de países, de variables y de períodos; también permiten corregir problemas econométricos. Asociado a lo anterior, se desprende la hipótesis de este trabajo de investigación, que el desarrollo financiero tiene un impacto positivo en el crecimiento económico en América Latina, y por tanto las variables asociadas al desarrollo financiero (el número de sucursales bancarias por cada 100000 adultos y el número de cajeros automáticos por cada 100000 adultos), atendidas podrían jugar un rol importante en el crecimiento económico en la región.

El objetivo de ésta investigación es evaluar el impacto del desarrollo financiero en el crecimiento económico en América Latina, específicamente, se analiza el rol el número de sucursales bancarias por cada 100000 adultos y el número de cajeros automáticos por cada 100000 adultos, en el crecimiento económico en ocho países<sup>2</sup>, en el periodo 2004-2018; para ello, se utiliza análisis de datos panel para naciones latinoamericanas, con información del Banco Mundial disponible en el 2020 y los paquetes Stata e Eviews. El documento se organiza de la siguiente manera, el segundo apartado se dedica a la revisión de literatura del desarrollo financiero y crecimiento económico, el tercero corresponde a descripción estadística de variables, el cuarto a la descripción teórica del modelo, en la quinta sección se analizan los resultados econométricos. Por último, se presentan las conclusiones y referencias de la investigación.

## **2. Desarrollo financiero y crecimiento económico.**

La relación entre desarrollo financiero y crecimiento económico es relevante, Wicksell (1934) encuentra que el sistema bancario determina la tasa de interés en el mercado y que la demanda de crédito es el motor del crecimiento económico. Los intermediarios financieros canalizan los ahorros a los proyectos de inversión más productivos, identifican a los mejores empresarios, las mejores tecnologías, reducen los riesgos asociados a la innovación, contribuyen a la eficiencia económica, promueven el progreso tecnológico y el crecimiento económico.

Por otro lado, De Gregorio (1996) discute sobre las restricciones crediticias, por un lado incrementan el ahorro agregado, y por lo tanto pueden contribuir al crecimiento económico. En este sentido, argumentan que las restricciones de crédito también tienen efectos negativos sobre la acumulación de capital humano y por tanto sobre el crecimiento. Asimismo, el Banco Mundial Banco Mundial afirma que alrededor de 2,500 millones de personas no utilizan servicios financieros formales y el 75% de los pobres no tiene cuenta bancaria, por lo cual esta institución considera que el desarrollo financiero es un factor clave para reducir la pobreza e impulsar la prosperidad. Por otro lado, el sistema financiero ayuda a movilizar el ahorro, asignar el capital, contribuye a un mercado de valores más robusto, eficiente, que a su vez promueve la actividad económica. En otro sentido,

---

<sup>2</sup> Las ocho naciones objetos de este estudio, son: Argentina, Brasil, Chile, Costa Rica, Ecuador, México, Perú y Uruguay.

analizan una muestra de datos de varios países y encuentran una relación positiva entre desarrollo financiero y crecimiento económico a largo plazo, sin embargo en países donde se ha presentado crisis financieras, encuentran una relación negativa de corto plazo.

La estructura del sistema bancario de cada país tiene implicaciones en los resultados del desarrollo financiero, en la medida que existe una mayor cantidad de participantes en el sector bancario, los usuarios de servicios financieros tendrán mayor acceso a cuentas de depósito, préstamos, sucursales, cajeros automáticos y productos financieros en general. Rodríguez y López (2009), estudian la relación existente entre el desarrollo financiero y el crecimiento económico en México, mediante series de tiempo, encuentran que el desarrollo financiero impacta de forma positiva en el crecimiento económico y que existe una relación bidireccional entre ambas variables. El funcionamiento del sistema financiero y el crecimiento económico se analiza en Levine (2004), estudia la causalidad entre el sector financiero y la actividad económica, encuentra que los sistemas financieros más desarrollados ayudan a reducir las restricciones financieras externas que enfrentan las empresas, esto es un mecanismo a través del cual el desarrollo financiero influye en el crecimiento económico. El desarrollo del sector financiero contribuye a relajar las restricciones de financiamiento externo de las empresas y con ello promueve el crecimiento económico, Rajan y Zingales (1998) estudian una muestra de 36 industrias pertenecientes a 48 países y concluyen que el desarrollo del sector financiero impulsa la actividad económica.

En este sendero, Aali-Bujari *et al.* (2016) evalúan el impacto de los mercados de derivados sobre el crecimiento económico en las seis principales economías del mundo (Unión Europea, Estados Unidos, Japón, China, India y Brasil) durante el período 2002-2014, estiman un modelo de datos de panel con el Método Generalizado de Momentos), encuentran de manera empírica que los mercados de derivados de las economías estudiadas influyen positivamente en su crecimiento económico. Asimismo proporcionan varias recomendaciones útiles para promover el uso de los mercados de derivados con el fin de impulsar el crecimiento económico. Asimismo, el sector financiero promueve el crecimiento económico por medio del aumento de la tasa de acumulación de capital, King y Levine (1993) después de estudiar una muestra de alrededor de ochenta países y hallan que el sector financiero ayuda a mejorar la eficiencia económica y está fuertemente correlacionado con el crecimiento real del ingreso *per cápita*. Asimismo, la evidencia empírica presentada por Levin y Zervos (1998), sugiere que el desarrollo del mercado valores está fuertemente asociado y correlacionado positivamente con el crecimiento económico a largo plazo.

El desarrollo del sector financiero incentiva la innovación acelerando el progreso tecnológico y por tanto el crecimiento económico, De la Fuente y Marín (1996), analizan la interacción de los intermediarios financieros, la acumulación de capital físico, el progreso tecnológico y el crecimiento económico. Argumentan que el crecimiento económico se sustenta en el desarrollo de nuevas variedades de bienes intermedios<sup>3</sup>, la innovación es un riesgo y la probabilidad de éxito depende de las acciones de los empresarios, los intermediarios financieros negocian contratos de incentivos a los innovadores, y permiten una mejor distribución del riesgo, un mayor nivel de actividad innovadora, lo cual acelera el progreso tecnológico y el crecimiento económico.

---

<sup>3</sup> Se basan en los modelos schumpeterianos como Helpman y Grosman (1991), Aghion y Howitt (1992).

Asimismo, Pérez-Akaki y Fonseca-Soto (2017) utilizan técnicas de análisis econométrico espacial y encuentran una relación causal relevante y positiva entre la inclusión financiera y la pobreza en los municipios mexicanos. López-Mateo *et al.* (2018) estudian el papel del desarrollo del sistema financiero, analizan sus determinantes en México para el periodo 2001-2014. Utilizan modelos de datos panel, encuentran que el desarrollo del sistema financiero depende directamente de la concentración y rentabilidad bancaria. Por otro lado, Pessoa *et al.* (2019) estudian la relación entre desarrollo financiero y crecimiento económico en Brasil, utilizan datos de los estados brasileños, en el periodo 1995-2014, con datos panel, concluyen que existe una relación positiva y no lineal entre el desarrollo financiero y crecimiento económico.

### 3. Estadística descriptiva de variables

Los datos que se utilizan en este trabajo son obtenidos del (Banco Mundial, 2020)<sup>4</sup>, el Producto Interno Bruto real *per cápita* (PIB *per cápita*), es la variable dependiente y las variables independientes son: el número de sucursales bancarias y el número de cajero automáticos, el PIB real *per cápita* está expresado en dólares estadounidenses de la paridad del poder adquisitivo del 2010, el número de sucursales bancarias esta expresado en términos absolutos para cada 100000 adultos, el número de cajeros automáticos está expresado por cada 100000 adultos. Se dispone de datos de panel balanceado con el objetivo de estimar un modelo de datos panel, el periodo y número de países, se encuentra restringido por la disponibilidad de datos, el panel incluye ocho países de América Latina<sup>5</sup> para el periodo entre 2004-2018. La muestra está restringida a las ocho economías cuya información está disponible. El cuadro 1, muestra las notaciones de las variables utilizadas en este trabajo, que son el producto interno bruto real *per cápita*, número de sucursales, número de cajeros automáticos, así como sus promedios, las desviaciones estándar, los niveles máximos y mínimos.

**Cuadro 1.** Estadística de variables

Variable	Notación	Promedio	Desviación	Mínimo	Máximo
Producto Interno Bruto real <i>per cápita</i>	PIBper	9295.739	3047.283	3603	15130.15
Número de sucursales	ns	14.28232	4.38454	4.20973	22.96379
Número de cajeros	nc	52.18296	32.07875	1.86135	122.7815

Fuente: elaboración propia con datos de Banco Mundial.

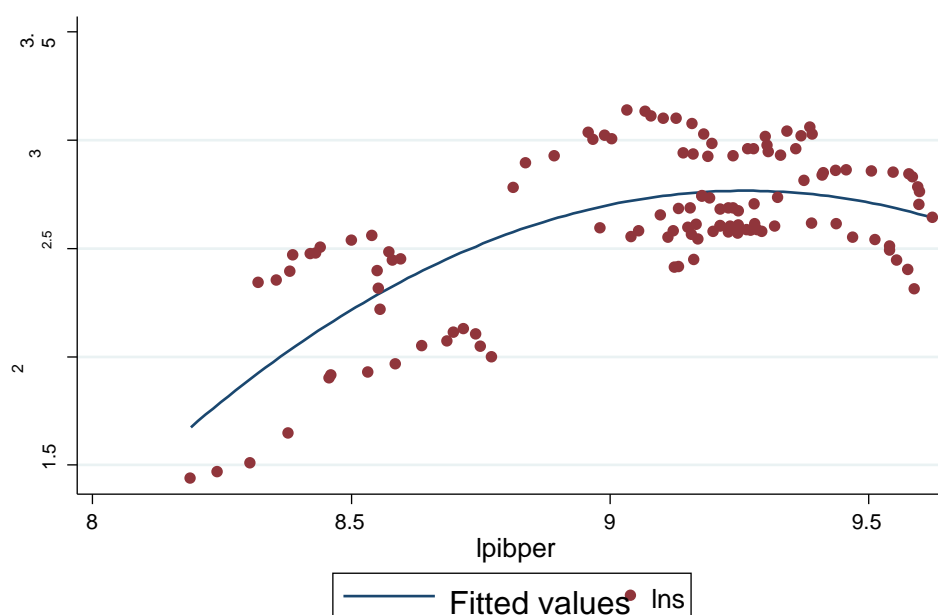
El cuadro 1, muestra la estadística de las variables utilizadas en este trabajo. El PIB real *per cápita* promedio para los 8 países que se estudian es 9295.73 USD al año, desviación estándar de 3047.28 USD, el menor ingreso real *per cápita* corresponde a Perú (2004), el mayor ingreso *per cápita* corresponde a Chile (2018). Respecto al número de sucursales bancarias, el promedio es de 14.28 sucursales por cada 100000 adultos, la desviación estándar es de 4.38 sucursales por cada 100000 adultos, el país con menos sucursales por cada 100000 adultos corresponde a Perú (2004), mientras que Costa Rica (2011) tuvo el mayor número de sucursales por cada 100000 adultos, que es de 22.96.

<sup>4</sup> Indicadores de Banco Mundial disponibles en 2020.

<sup>5</sup> Los países son: Argentina, Brasil, Chile, Costa Rica, Ecuador, México, Perú y Uruguay. El número de países está limitado por la disponibilidad de datos país en la base de datos del Banco Mundial.

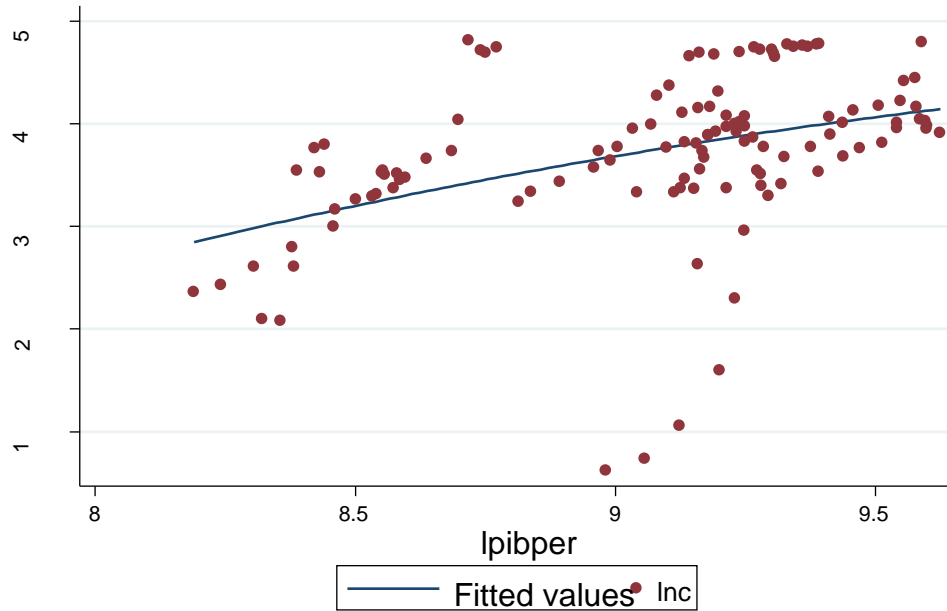


Por otro lado, el número de cajeros promedio es 52.18 cajeros por cada 100000 adultos, la desviación estándar es de 32.07 cajeros por cada 100000 adultos, el país con menos cajeros corresponde Argentina (2004), con 1.86 cajeros por cada 100000 adultos, mientras que el país con más cajeros automáticos corresponde a Perú 2015. A continuación se muestran los resultados del análisis gráfico, que relaciona la variable dependiente producto interno bruto real *per cápita*, con las variables del sector financiero como objetos de este estudio como, número de sucursales por cada 100000 adultos y número de cajeros por cada 100000 adultos en las economías de América Latina.



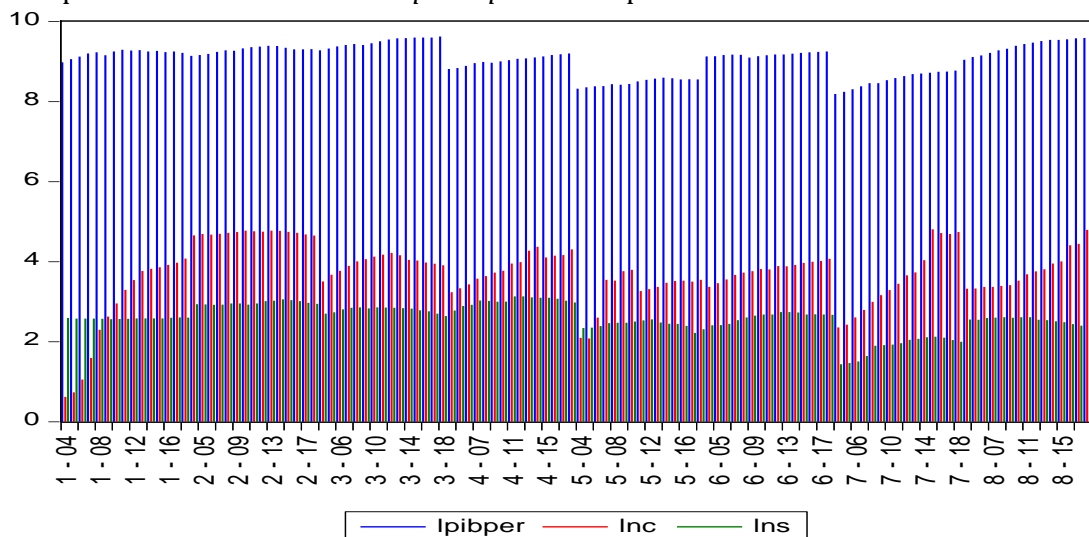
**Grafica 1.** Dinámica del número de sucursales y PIB real *per cápita*  
 Elaboración propia con datos de Banco Mundial.

La gráfica 1, muestra la dinámica del número de sucursales bancarias relacionada con el PIB real *per cápita* para las ocho economías analizadas de América Latina (Argentina, Brasil, Chile, Costa Rica, Ecuador, México, Perú y Uruguay) durante el periodo 2004-2018, se observa una relación positiva, aumentos en el número de sucursales bancarias por cada 100000 adultos están asociados con el incremento del PIB real *per cápita*. Por otro lado, esto sugiere que los países con un mayor número de sucursales bancarias por cada 100000 adultos están en mejores condiciones para elevar su PIB real *per cápita*, asimismo las economías con mayor PIB real *per cápita* tienen la posibilidad de contar con mayor número de sucursales bancarias por cada 100000 adultos en las economías objeto de estudio, esto es un argumento a favor de que el desarrollo financiero está asociado de forma positiva con el crecimiento económico.



**Gráfica 2.** Comportamiento del número de cajeros y PIB real *per cápita*.  
 Elaboración propia con datos de Banco Mundial.

En la gráfica 2 se representan gráficamente los datos del número de cajeros automáticos y el producto interno bruto real *per cápita* en ocho economías de América Latina en el periodo 2004-2018. La gráfica muestra la dispersión de las observaciones y la línea de tendencia ascendente que indica una relación positiva entre las variables, se puede argumentar que los países con un mayor número de cajeros automáticos por cada 100000 adultos están en mejores condiciones para elevar su PIB real *per cápita*. Además, es más probable que los países con un mayor PIB real *per cápita* ostentan un mayor número de cajeros automáticos por cada 100000 adultos. En resumen, la gráfica 2, apunta a la idea de que el desarrollo financiero impulsa el producto interno bruto real *per cápita* y a su vez el producto interno bruto real *per cápita* afecta positivamente al desarrollo financiero.



**Gráfica 3.** Dinámica del número de sucursales, número cajeros y PIB real *per cápita*.  
 Elaboración propia con datos de Banco Mundial.

La Grafica 3, muestra la dinámica del número de sucursales bancarias por cada 100000 adultos, el número de cajeros automáticos por cada 100000 adultos y PIB real *per cápita* en las ocho economías objeto de estudio, se observa que aumentos en el número de sucursales bancarias y en el número de cajeros automáticos están asociados con el aumento en PIB real *per cápita*. Mientras que disminuciones en número de sucursales bancarias y en el número de cajeros automáticos están asociados con la disminución en el PIB real *per cápita*. En resumen las tres gráficas indican que las variables utilizadas como proxys del desarrollo financiero tiene un impacto positivo en el aumento del ingreso real *per cápita* en las economías latinoamericanas que son objetos de ésta investigación. La mayor parte de los trabajos que estudian la relación del desarrollo financiero y el crecimiento económico predicen que existe una correlación positiva como lo señalan las gráficas 1, 2 y 3 y refuerzan este tipo de pensamiento.

#### 4. Especificación econométrica del modelo de datos panel

La investigación aplicada crece y cada vez más, utiliza con mayor frecuencia el análisis de datos panel, ya que es muy útil para la investigación aplicada, los datos de panel son una muestra de características que tienen los individuos, familias, empresas, industrias, países, a lo largo del tiempo. El panel relaciona datos de series de tiempo y de cortes transversal<sup>6</sup>. El modelo general que se pretende estimar es:

$$y_{it} = \alpha y_{it-1} + \beta X_{it} + u_{it} \quad (1)$$

Las estimaciones de datos panel se realizan por distintos métodos, por mínimos cuadrados ordinarios (MCO) y por otro lado, mediante el anidamiento de los datos: modelo de efectos fijos (EF) y modelo de efectos aleatorios (EA), como modelos alternativos a la regresión agrupada. El uso de datos de panel presenta varias ventajas porque tiene mayor número de observaciones, más y mejor información, admite mayor número de variables y menos multicolinealidad entre datos de las variables explicativas, mayor eficiencia en la estimación, y se puede hacer un seguimiento de cada país, individuo o unidad de observación. También alivia el problema de variables omitidas, ya que se pueden eliminar por diferencia las que se mantienen constantes en el tiempo<sup>7</sup>. Por otro lado, el uso de datos panel presenta sus desventajas, ya que los datos son más complejos, se enfrentan a otro tipo de problemas, que son diferentes a los problemas comunes en datos de series de tiempo y de datos de corte trasversal. El modelo de efectos fijos implica menos suposiciones sobre el comportamiento de los residuos. Supone que el modelo a estimar es ahora:

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

<sup>6</sup> Información de varios países, empresas, individuos, a lo largo del tiempo.

<sup>7</sup> Para profundizar en el tema sobre las bondades y limitaciones del uso datos panel, el lector puede revisar Baltagi (1995).

Consideramos que  $\varepsilon_{it} = v_i + u_{it}$ , luego reemplazando en (3.2) queda:

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

Es decir, supone que el error  $\varepsilon_{it}$  se divide en dos partes, una parte fija, constante para cada individuo o país  $v_i$  y otra aleatoria  $u_{it}$  que cumple los requisitos MCO ( $\varepsilon_{it} = v_i + u_{it}$ ), lo que es equivalente llevar a cabo una regresión general y asignar, a cada individuo o país un punto de corte diferente (ordenada distinta). Asimismo, el modelo de efectos aleatorios tiene la misma especificación que el de efectos fijos, sin embargo  $v_i$  en lugar de ser una constante para cada país y tener valor fijo a lo largo del tiempo es una variable aleatoria con un valor medio  $v_i$  y una varianza  $\text{Var}(v_i) \neq 0$ . Es decir la especificación del modelo es igual a (3.3).

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

La diferencia ahora, es que  $v_i$  es una variable aleatoria.

## 5. Análisis de resultados

El objetivo de esta sección es construir un modelo de datos panel, en base a la información disponible en el 2020, proporcionada por el banco mundial, y que el modelo permita analizar la relevancia que tiene el desarrollo financiero en el crecimiento económico en las economías latinoamericanas objetos de ésta investigación en el periodo 2004 – 2018. Nuestro estudio se centra en una muestra de ocho países latinoamericanos<sup>8</sup>: Argentina, Brasil, Chile, Costa Rica, Ecuador, México, Perú y Uruguay; tomando en cuenta las variables, producto interno bruto real *per cápita*, número de sucursales bancarias por cada 100000 adultos y número de cajeros automáticos por cada 100000 adultos, contando con 120 observaciones, se estimó un panel balanceado en el paquete econométrico Stata, los principales resultados, se presentan en el siguiente cuadro.

**Cuadro 2.** Modelos de datos panel

Variable Dependiente: <i>lpibper</i>	BE	EF	EA
Ins	0.6179728 (0.190)	0.1921195 (0.016)	0.2096172 (0.006)
Inc	0.0694066 (0.803)	0.1241995 (0.000)	0.123195 (0.000)
<b>R<sup>2</sup></b>	0.3800	0.5010	0.5008
ML BP			Prob>Chi2=0.0575
Hausman			Prob>Chi2=0.6073
Número de países	8	8	8
Numero de observaciones	120	120	120

Entre paréntesis el error estándar correspondiente.

Fuente: elaboración propia con estimaciones en Stata

<sup>8</sup> Se analiza una muestra de ocho economías, cuya información está disponible en Banco Mundial en 2020.

El cuadro 2, presenta los resultados de las estimaciones de modelos de datos panel: modelo de corte de transversal (BE), modelo de efectos fijos (EF) y modelo de efectos aleatorios (EA). La primera columna señala que la variable dependiente es el logaritmo del producto interno bruto real *per cápita*, las variables explicativas el logaritmo del número de sucursales bancarias por cada 100000 adultos y el logaritmo de número de cajeros automáticos por cada 100000 adultos, el coeficiente de determinación ( $R^2$ ), la prueba del multiplicador de Lagrange (ML BP), posteriormente la prueba de Hausman, número de países y número de observaciones de la muestra. La segunda columna del cuadro 3.2, muestra los resultados de las estimaciones de corte transversal (BE)<sup>9</sup>, los coeficientes de las variables: logaritmo del número de sucursales bancarias y el logaritmo de número de cajeros automáticos presentan signos positivos esperados, mientras que ninguno de los coeficientes es significativo, el modelo presenta una  $R^2=0.38$ , el número de países es 8 y se cuenta con 120 observaciones.

Por otro lado, la tercera columna presenta el modelo de efectos fijos que indica coeficientes positivos y significativos de ambas variables explicativas: logaritmo del número de sucursales bancarias y el logaritmo de número de cajeros automáticos, el modelo de efectos fijos presenta un coeficiente de determinación más alto en comparación con modelo de corte transversal ( $R^2=0.5010$ ), el número de países es 8 y se cuenta con 120 observaciones. Asimismo, la cuarta columna presenta el modelo de efectos aleatorios, las estimaciones señalan coeficientes positivos y significativos, tanto para el logaritmo del número de sucursales bancarias, como para el logaritmo de número de cajeros automáticos, el coeficiente de determinación del modelo de efectos aleatorios ( $R^2=0.5008$ ) es ligeramente menor respecto al modelo de efectos fijos.

Posteriormente se presenta la prueba del multiplicador de Lagrange que arroja un  $\text{prob} > \chi^2 = 0.0575$ , que indica que la estimación por efectos aleatorios es preferible a mínimos cuadrados ordinarios; asimismo se presenta la prueba de Hausman con  $\text{prob} > \chi^2 = 0.6073$  indicándonos que el modelo de efectos aleatorios es preferible al modelo de efectos fijos. Por último, se indica el número de países es 8 y se cuenta con 120 observaciones. En síntesis, se llevaron a cabo estimaciones con diferentes métodos, para analizar la interrelación entre las variables financiera con el PIB real *per cápita*, se utilizan datos panel, modelos efectos fijos y efectos aleatorios y las pruebas de multiplicador de Lagrange y de Hausman, en este trabajo hallamos el modelo de efectos aleatorios es la preferido entre los modelos que se estiman en ésta investigación para explicar el impacto de las variables financieras al crecimiento económico en los países y durante el periodo que se analiza.

Las estimaciones indican que modelo de efectos aleatorios es el modelo de mejor ajuste entre los modelos de datos panel estimados, asimismo muestra que el aumento en el número de sucursales bancarias por cada 100000 adultos causa un incremento en el PIB real *per cápita*, por otro lado, un aumento del número de cajeros automáticos por cada 100000 adultos causa un incremento en el PIB real *per cápita*, en las economías que son objetos de estudio. Aunado a lo anterior, encontramos que el PIB real *per cápita* presenta mayor sensibilidad al número de sucursales bancarias por cada 100000 adultos, comparado con el número de cajeros automáticos por cada 100000 adultos.

---

<sup>9</sup> La estimación de corte transversal utiliza las medias de las variables.

## 6. Conclusiones

El objetivo de ésta investigación es analizar el impacto del desarrollo financiero en el crecimiento económico en América Latina y demostrar con evidencia empírica, la hipótesis de este trabajo, que el desarrollo financiero tiene un impacto positivo en el crecimiento económico, en concordancia con la mayor parte de la teoría en este campo. Efectivamente los resultados obtenidos señalan que existe un impacto positivo de número de sucursales bancarias por cada 100000 adultos en el incremento del PIB real *per cápita*, así como un impacto positivo del número de cajeros automáticos por cada 100000 adultos en incremento PIB real *per cápita*, en periodo analizado 2004-2018.

Mediante el análisis descriptivo, ésta investigación muestra que tanto número de sucursales bancarias por cada 100000 adultos, como el número de cajeros automáticos por cada 100000 adultos, tiene relación positiva con el PIB real *per cápita*, que el desarrollo financiero está ligado al crecimiento económico en la región de América Latina (Argentina, Brasil, Chile, Costa Rica, Ecuador, México, Perú y Uruguay), en el periodo que se analiza. Las estimaciones de modelos de datos panel presentan la importancia del desarrollo financiero (número de sucursales bancarias por cada 100000 adultos y número de cajeros automáticos por cada 100000 adultos) para el crecimiento económico en América Latina.

Todos los modelos estimados en el presente trabajo de investigación, tanto el modelo de corte transversal, modelo de efectos fijos, como modelo de efectos aleatorios indican un impacto positivo del desarrollo financiero en el crecimiento económico de las economías que se analizan, por otro lado indican que el número de sucursales bancarias por cada 100000 adultos tiene mayor impacto en el crecimiento económico, en comparación con el número de cajeros automáticos por cada 100000 adultos. El desarrollo financiero a través de en el número de sucursales bancarias y de cajeros automáticos por cada 100,000 habitantes sí tiene efecto positivo en el crecimiento económico en América Latina aun cuando el Banco Mundial afirma que alrededor de 2,500 millones de personas no utilizan servicios financieros formales y el 75% de los pobres no tiene cuenta bancaria.

La presente investigación propone a los tomadores de decisiones en los países latinoamericanos buscar los instrumentos e incentivos adecuados para fomentar el desarrollo financiero (incrementando el número de sucursales bancarias por cada 100000 adultos y aumentando el número de cajeros automáticos por cada 100000 adultos), que inciden en el incremento de PIB real *per cápita* y por tanto en el crecimiento económico, empleo y bienestar de las familias. Estas medidas pueden estar orientadas al sector financiero, banca, cajas de ahorro, fondos de pensión, con incentivos fiscales y otros, de manera que promuevan el desarrollo financiero. Por otro lado, impulsar el sector financiero como medio para fomentar la actividad económica, empleo y con ello lograr mayores niveles de bienestar en la región. La investigación se limita a analizar el rol dos variables del desarrollo financiero (el número de sucursales bancarias y el número de cajeros automáticos) en el crecimiento económico, que son relevantes desde el punto de vista de resultados de ésta investigación, sin embargo recomienda para futuras investigaciones, explorar desde otras perspectivas el papel que juegan otras variables de desarrollo financiero en el crecimiento económico, así como el impacto del desarrollo económico en el desarrollo financiero.

## Referencias

- [1] Aali Bujari, A., Venegas Martínez, F. y Pérez Lechuga, G. (2016). Impact of Derivatives Markets on Economic Growth in a some of the major World Economies. A Difference-GMM Panel Data Estimation (2002-2014). *AESTIMATIO, The IEB International Journal of Finance*, 12, 110-127. DOI:10.5605/IEB.12.6
- [2] Aali Bujari, A., Venegas-Martínez, F., Pérez Lechuga, G. (2017). Impact of the Stock Market Capitalization and the Banking Spread in Growth and Development in Latin American: A Panel Data Estimation with System GMM. *Contaduría y Administración*, 62 (5), 1427-1441. <https://doi.org/10.1016/j.cya.2017.09.005>
- [3] Aghion, P y Howitt, P. (1992). A Model of Growth through Creative Destruction. *Econometrica*, 60 (2), 323-351. DOI:10.3386/w3223
- [4] Baltagi, B. (1995). Editors Introduction Panel Data. *Journal of Econometrics*, 68 (1), 1-4. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(95\)90009-8](https://doi.org/10.1016/0304-4076(95)90009-8)
- [5] Beck, T. y Levine, R. (2002). Industry Growth and Capital Allocation: Does Having a Market-Or Bank-Based System Matter? *Journal of Financial Economics*, 64 (2), 147-180. doi=10.1.1.708.8638&rep=rep1&type=pdf
- [6] Bencivenga, V. Smith, R. y Starr, R. (1996). Equity Markets, Transactions Costs, and Capital Accumulation: An Illustration. *World Bank Economic Review*, 10 (2), 241-266. <https://doi.org/10.1596/1813-9450-1456>
- [7] Bittencourt, M. (2012). Inflation and Economic Growth in Latin America : Some Panel Time-series Evidence. *Economic Modelling*, 29 (2), 333-340. DOI: 10.1016 / j.econmod.2011.10.018
- [8] Blanco, L. (2013). Finance, Growth and Institutions in Latin America: what are the links. *Journal of Economics*, 50 (2), 179-208. DOI: 10.7764 / LAJE.50.2.179
- [9] De Gregorio, J. (1996). Borrowing Constraints, Human Capital Accumulation and Growth. *Journal of Monetary Economics*, 37 (1), 49-71. [https://doi.org/10.1016/0304-3932\(95\)01234-6](https://doi.org/10.1016/0304-3932(95)01234-6)
- [10] De la Fuente, J. y Marín, J. (1996). Innovation, Bank Monitoring and Endogenous Financial Development. *Journal of Monetary Economics*, 38 (2), 269-302. [https://doi.org/10.1016/S0304-3932\(96\)01277-9](https://doi.org/10.1016/S0304-3932(96)01277-9)
- [11] Golsmith, R. (1969). *Financial Estructure and Development*. New Haven: Yale University Press.
- [12] Grosman, G y Helpman, E. (1991). Quality Ladders in the Theory of Growth. *Review of Economic Studies*, 58(1), 43-61. <https://doi.org/10.2307/2298044>.
- [13] Guidotti, P. (2007). Global Finance, Macroeconomic Performance, and Policy Response in Latin America: Lessons from the 1990s. *Journal of Applied Economics*, 10(2), 279-308. DOI: 10.1080 / 15140326.2007.12040491
- [14] .King, R. y Levine, R. (1993). Finance and Growth: Schumpeter might be Right. The World Bank, Policy Research Working Paper Series 1083. DOI: 10.2307 / 2118406
- [15] Levine, R. (2004). Finance and Growth: Theory and Evidence. NBER Working, papers 10766, National Bureau of Economic Research, Inc. <https://www.nber.org/papers/w10766.pdf>
- [16] Levine, R. y Zervos, S. (1998). Stock Markets. Banks and Economic Growth. *American Economic Review*, 88 (3), 537-558. <https://econpapers.repec.org/paper/wbkwbwrwps/1690.htm>
- [17] López-Mateo, C., Ríos-Manríquez, M. y Cárdenas-Alba, L. (2018). Competencia, Inclusión y Desarrollo del Sistema Financiero en México. *Investigación Administrativa*, 47 (121), 1-22. <http://www.scielo.org.mx/pdf/ia/v47n121/2448-7678-ia-121-00001.pdf>
- [18] McKinnon, R. (1973). Money and Capital in Economic Development. Washington, D. C. Brookings Institution. <https://doi.org/10.2307/1239377>.

- [19] Nazmi, N. (2005). Deregulation, Financial Deepening and Economic Growth: The Case of Latin America. *Quarterly Review of Economics and Finance*, 45(2), 447-459. <https://ideas.repec.org/a/eee/quaeco/v45y2005i2-3p447-459.html>
- [20] Onder, Z., y Ozyildirim, S. (2019). Foreign Banks and Short-term Macroeconomic Fluctuations: Do Financial Development and Regions Matter? *Economic Systems*, 43 (1), 63-76. <https://dx.doi.org/10.1016/j.ecosys.2018.08.007>
- [21] Pastor, M., y Wise, C. (2015). Good Bye Financial Crash, Hello Financial Eclecticism: Latin American Responses to the 2008-09 Global Financial Crisis. *Journal of International Money and Finance*, 52, 200-217. <https://ideas.repec.org/a/eee/jimfin/v52y2015icp200-217.html>
- [22] Pérez Akaki, P. y Fonseca Soto, M. (2017). Análisis Espacial de la Inclusión Financiera y su relación con el Nivel de Pobreza en los Municipios Mexicanos. *Revista Mexicana de Economía y Finanzas*, 12 (1), 43-62. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmef/v12n1/2448-6795-rmef-12-01-00043.pdf>
- [23] Pessoa, F.C., Braga, M. y Morais, G. (2019), Crecimiento Económico y Desarrollo Financiero en Brasil: Investigación a partir del Modelo de Regresión Flexible. *Revista de la CEPAL*, 128, 101-123. [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/44739/1/RVE128\\_Braga.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/44739/1/RVE128_Braga.pdf)
- [24] Pradhan, R.P., Arvin, M., Nair, M., Brenett, S. y Bahmani, S. (2017). ICT-Finance-Growth nexus: Empirical Evidence from the Next-11 countries. *Cuadernos de Economía*, 40 (113), 115-134. <https://doi.org/10.1016/j.cesjef.2016.02.003>
- [25] Rajan R. y Zingales, L. (1998). Financial Dependence and Growth. *American Economic Review*, 88 (3), 559-586. <https://econpapers.repec.org/paper/nbrnberwo/5758.htm>
- [26] Restrepo, F. (2019). The Effects of Taxing Bank Transactions on Bank Credit and Industrial Growth: Evidence from Latin America. *Journal of International Money and Finance*, 93, 335-355. DOI: 10.1016 / j.jimonfin.2019.02.005
- [27] Rodríguez, D. y López, F. (2009). Desarrollo Financiero y Crecimiento Económico en México. *Problemas del Desarrollo: Revista Latinoamericana de Economía*, 40 (159), 39-60. <http://www.scielo.org.mx/pdf/prode/v40n159/v40n159a3.pdf>
- [28] Saona, P. (2016). Intra-and Extra-Bank Determinants of Latin America Banks' Profitability. *International Review of Economics & Finance*, 45, 197-214. DOI: 10.1016 / j.iref.2016.06.004
- [29] Schumpeter, J. (1954). *History of Economic Analysis*. Oxford: Oxford University Press.
- [30] Tabak, B., Fazio, D. M., y Cajero, D. O. (2013). Systemically important Banks and Financial Stability: The case of Latin America. *Journal of Banking & Finance*, 37 (10), 3855-3866. DOI: 10.1016 / j.jbankfin.2013.06.003
- [31] Venegas-Martínez, F. (1999). Crecimiento Endógeno, Dinero, Impuestos y Deuda Externa. *Investigación Económica*, 59 (229), 15-36. <http://www.scielo.org.mx/pdf/ineco/v59n229/0185-1667-ineco-59-229-15.pdf>
- [32] Vianna, A. C., y Mollick, A. V. (2018). Institutions: Key variable for Economic Development in Latin America. *Journal of Economics and Business*, 96, 42-58. <https://doi.org/10.1016/j.jeconbus.2017.12.002>
- [33] Wicksell, K. (1934). *Lectures on Political Economy*. London: Routledge.
- [34] Williams, K. (2018). Has the Finance -Growth link been broken? Panel Data Evidence from Latin America and the Caribbean. *Economía*, 19 (3), 404-423. <https://doi.org/10.1016/j.econ.2018.10.001>
- [35] Yakovlev, P. (2019). Latin América: Is a spurt in Development Possible? *World Economy and International Relations*, 63 (3), 94-103. DOI: 10.20542/0131-2227-2019-63-3-94-103



## Sectores económicos determinantes para el Estado de Durango. Una aplicación de la Matriz Insumo Producto Regional

Jorge Omar Razo De Anda<sup>1</sup> - Instituto Politécnico Nacional, México

Luis Lorenzo Romero Castro - Universidad Juárez del Estado de Durango, México

María Alejandra Herrera Pasillas - Universidad Juárez del Estado de Durango, México

### Resumen

El objetivo principal de esta investigación es la generación de la Matriz Insumo Producto Regional y la identificación de los sectores determinantes para el Estado de Durango. Lo anterior se lleva a cabo mediante la metodología indirecta de Flegg y Weber (1997) para determinar las relaciones intersectoriales regionales, a partir de un ajuste sobre los coeficientes de ubicación cruzada de la Matriz de Insumo Producto Nacional (MIPN) 2013. Este análisis muestra como sectores clave: 1) Generación, transmisión y distribución de suministro de energía eléctrica, agua y gas; 2) Servicios financieros y de seguros, 3) Información en los medios de comunicación, entre otros. En estudios regionales similares, el parámetro de ajuste es determinado a priori, por lo que una recomendación es la de estimar el valor adecuado para cada región. La principal limitación es el uso de MIPN, que son publicadas cada 5 años, lo que implica que la herramienta realiza un análisis estático, sin embargo, esto puede solventarse mediante pronósticos basados en metodologías para la actualización de los coeficientes técnicos. Hasta donde tenemos conocimiento, somos los primeros en realizar un análisis sobre los sectores productivos del estado de Durango y de implementar un proceso de optimización sobre el parámetro de ajuste. Los resultados de la clasificación concuerdan con la realizada a partir del Censo Económico y los Valores Agregados Brutos Estatales de los sectores que se encuentran en INEGI.

*Clasificación JEL: C61, D57, D58, R11, R12, R13.*

*Palabras clave: Matriz Regional, Insumo Producto, Optimización, Sectores clave.*

## Determining economic sectors for the State of Durango. An application of the Regional Input Output Matrix

### Abstract

The main objective of this research is the generation of the Regional Product Input matrix and the identification of the determining sectors for the State of Durango. The foregoing is carried out using the indirect methodology of Flegg and Weber (1997) to determine the regional intersectoral relationships, from an adjustment on the cross location coefficients of the 2013 National Input Output Matrix (MIPN). This analysis shows as key sectors: 1) Generation, transmission and distribution of electricity, water and gas supply; 2) Financial and insurance services, 3) Information in the media, among others. In similar regional studies, the adjustment parameter is determined a priori, so a recommendation is to estimate the appropriate value for each region. The main limitation is the use of MIPN, which are published every 5 years, implying that the tool performs a static analysis, however, this can be solved through forecasts based on methodologies for updating the technical coefficients. To our knowledge, we are the first to carry out an analysis of the productive sectors of the state of Durango and implementing an optimization process on the adjustment parameter. The results of the classification match with the one made from the Economic Census and the State Gross Added Values of the sectors found in INEGI.

*JEL Classification: C61, D57, D58, R11, R12, R13.*

*Keywords: Regional Matrix, Input Output, Optimization, Key sectors.*

<sup>1</sup> Autor de correspondencia. Correo electrónico: [jorgerazodeanda@gmail.com](mailto:jorgerazodeanda@gmail.com), Teléfono: 5513631773, Dirección: Norte 55 #2216 Col. San Salvador Xochimanca, Azcapotzalco Ciudad De México, CP. 02870

\*Sin fuente de financiamiento para el desarrollo de la investigación



## 1. Introducción

Una Matriz Insumo Producto (MIP) es una representación ordenada que relaciona los niveles de producción necesarios (en términos constantes) para satisfacer cambios exógenos en la demanda final. Debido a su naturaleza y su construcción basada en el equilibrio entre la oferta y la utilización de bienes y servicios dentro de una economía, esta herramienta es idónea para realizar un análisis estático de la eficiencia de políticas públicas, a partir de identificar y cuantificar el efecto multiplicativo de impactos sobre la demanda final sobre la producción total nacional, considerando los encadenamientos de la demanda intermedia o intersectorial. Lo anterior permite obtener un panorama general de la producción de cada sector y su contribución marginal y total al Valor Agregado Bruto (VAB) de un sistema económico. Con base en esta estructura, resulta posible desarrollar planes y escenarios dirigidos a la redistribución de los recursos en beneficio del crecimiento y desarrollo económico.

Sin embargo, a pesar de su utilidad y popularidad, la principal desventaja del uso de la MIP radica en que la información en la que está basada es recopilada a través de encuestas cada 5 años aproximadamente, debido a que su construcción representa una erogación considerable de recursos federales por sus características sectoriales y su ámbito nacional. Hablando en términos regionales, el generar una MIP a nivel regional representa una tarea aún más complicada debido a que dependen de los recursos y del interés del presupuesto estatal o municipal.

Es por lo anteriormente expuesto, que motivado por su utilidad y en busca del análisis de la eficiencia de políticas públicas y las restricciones de información a nivel regional, han surgido incentivos para desarrollar y aplicar metodologías denominadas indirectas o sintéticas para la creación de Matrices de Insumo Producto Regionales (MIPR) a partir de sus símiles nacionales. El proceso a grandes rasgos consiste en la transformación de los coeficientes de la Matriz Inversa de Leontief de la Matriz de Insumo Producto Nacional (MIPN), a partir de coeficientes de Localización que describen la relación intersectorial de las industrias regionales y su actualización en función de la relación de escala de con respecto a la estructura intersectorial nacional, metodología propuesta por Flegg et al. (1995), y que es una de las más utilizadas en la literatura para la generación de MIPR por métodos sintéticos. Es importante mencionar que estos métodos de regionalización han sido ya aplicados en territorio mexicano, con regionalizaciones para estados como son el Distrito Federal, Jalisco, Aguascalientes, Oaxaca, Baja California, entre otros. Estos estudios han aportado información que permite una mejor comprensión de la estructura estatal y permite enfocar los esfuerzos de política pública estatal para mejorar las condiciones regionales. Sin embargo, a pesar de la gran cantidad de estudios de MIPR para diferentes estados mexicanos, a la fecha y hasta donde sabemos, no existe un estudio similar para el caso de Durango.

Por lo tanto y de acuerdo a los razonamientos que se han realizado, el presente trabajo tiene como objetivo la generación de una MIPR a partir de la metodología generalizada por Flegg et al. (1995), Flegg y Tohmo (2013) y Flegg y Tohmo (2016), la cual parte del cálculo los coeficientes de localización cruzados ajustados, para el estado de Durango. Tal y como se me ha mencionado, la finalidad de una MIPR, al igual que una MIPN, es la de proporcionar información de la estructura intersectorial que permita realizar un análisis de políticas públicas, a partir de la identificación de los

sectores que más aporten al VAB regional, considerando la demanda intermedia como motor de la producción intersectorial y la demanda final como una fuente de innovaciones impulsoras del sistema económico en general. Por lo tanto, la principal aportación de esta investigación es la determinación y análisis de los sectores más importantes para la propuesta de políticas públicas orientadas a la redistribución de los recursos públicos, considerando únicamente la estructura intersectorial basada en la clasificación realizada a partir de los indicadores de arrastre y dispersión total, así como los resultados de la optimización del parámetro Delta en el ajuste de los coeficientes técnicos.

En consecuencia y como resultado del análisis hasta este punto, el documento se encuentra integrado de la siguiente manera. En el primer apartado podemos encontrar una revisión detallada de la literatura con respecto a las metodologías referentes a la obtención de Matrices Insumo Productos Regionales (MIPR) y sus aplicaciones en México. Este se encuentra enfocado en particular en la descripción y comparación de los procesos de regionalización sintéticos de una Matriz de Insumo Producto Nacional (MIPN). Adicionalmente se incluye evidencia empírica de las ventajas del uso de MIPR sintéticas, tanto a nivel nacional como internacional. El siguiente apartado se encuentra dividido en dos secciones: En primera instancia, se revisa la metodología referente a la obtención de los coeficientes fijos de la matriz inversa de Leontief y de los Indicadores de Dispersión y de Arrastre total según el trabajo pionero de Rasmussen (1957); esto con la finalidad de proporcionar una metodología capaz de identificar los sectores más relevantes para la distribución de recursos. En la segunda sección, se encuentra la metodología para la generación de los coeficientes de la MIPR a partir de los coeficientes de localización cruzada de acuerdo con el trabajo de Flegg et al. (1995) y la estimación de los componentes de la demanda final regional. Una de las aportaciones de nuestro estudio con respecto a la literatura y que tiene injerencia en el proceso de ajuste de los coeficientes de localización, es la estimación en específico del parámetro Delta, en donde comúnmente en la mayoría de los trabajos se adopta un valor fijo determinado a priori, que se encuentra en un intervalo de .25 y .30. Para este caso, se utiliza un proceso de optimización mediante la minimización de los errores absolutos entre el VAB regional<sup>2</sup> y la estimación del mismo a partir de la multiplicación del vector de demanda estimada final<sup>3</sup> y la matriz de Leontief regional obtenida de la MIPN mediante los coeficientes de Flegg. Finalmente, se presenta el último apartado que contiene las conclusiones de la investigación.

## 2. Revisión de la literatura

Es importante mencionar que la metodología de la Matriz Insumo Producto (MIP) y el análisis de la estructura intersectorial fue desarrollada para ser aplicada originalmente a escala nacional. Esta herramienta ha sido utilizada principalmente con dos fines: Por una parte se busca identificar la estructura de un sistema económico y por otro lado se usa como metodología para la simulación de escenarios en la producción, a partir de innovaciones en el vector de demanda final. La aplicación de estas metodologías no es nueva en nuestro país, ya que estos análisis ya han sido utilizados en México,

---

<sup>2</sup> Obtenido del Banco de Información Económica (BIE) del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

<sup>3</sup> La demanda regional estimada se realiza como proporciones de la demanda final nacional, para más información revisar el apartado "Metodología"

como los trabajos recientes de Boundi Chraki (2016), el cual lleva a cabo un análisis mediante el uso de la Matriz Insumo Producto Nacional (MIPN) y el método de Chenery y Watanabe (1958) para la identificación de encadenamientos productivos totales y sectores claves en la economía mexicana. Por otro lado, otro uso que se le ha otorgado a la MIPN es para identificar la participación de un sector en específico en todo el sistema industrial. Ejemplos de este enfoque podemos encontrarlo en trabajos como el de Urrutia et al. (2017), en donde se analiza la contribución del sector pecuario en la economía mexicana, concluyendo que las actividades pecuarias, en particular, las explotaciones avícola y porcina, poseen potencial de rescate de la estructura productiva debido a sus efectos multiplicadores. Debido a su utilidad y su versatilidad han surgido extensiones de la Matriz Insumo Producto. Una de ellas es la re expresión y condensación de la MIP en la denominada Matriz de Contabilidad Social (MCS), la cual desagrega los flujos circulares de la renta de una economía y da a conocer las relaciones entre cada uno de los agentes económicos sus operaciones de producción, de distribución, de uso de la renta y de acumulación, constituyendo un sistema de equilibrio general (Beltrán Jaimes et al., 2005). En este contexto, existe evidencia empírica de su uso, en particular para matrices nacionales, tal es el caso de Schuschny (2005) y para el caso mexicano el estudio de Beltrán Jaimes et al. (2005) a partir de la información de la MIPN con base 2008, identificando los sectores clave, impulsores y estratégicos de la economía mexicana<sup>4</sup>. Más recientemente se encuentra el análisis de Cardona Reséndiz et al. (2018) con la MIPN mexicana con base 2013, que confirma esta clasificación de sectores con algunos cambios mínimos en la estructura. Es importante mencionar que la desagregación de la MIP en la MCS, tal y como se menciona anteriormente, depende de información referente a cuentas que permitan la desagregación y que en algunas ocasiones pueden ser difíciles de incorporar en un marco regional debido a su falta de disponibilidad. En este estudio, debido a la dificultad para la obtención de las cuentas auxiliares para la desagregación para el caso de Durango, se opta por el uso de la metodología tradicional de Insumo Producto basada en coeficientes de demanda intersectorial.

Adicionalmente, otra extensión de las MIPN comúnmente encontrada en la literatura son las Matrices de Insumo Producto Regionales (MIPR). Dentro de los trabajos pioneros en aplicar el método a nivel regional fueron Isard (1951) y Leontief (1955). Dichos modelos, no solo permitieron identificar los flujos sectoriales sino también el origen y el destino geográfico de flujos comerciales. A pesar de los resultados obtenidos, vale la pena recalcar que el núcleo de estos trabajos se realizó bajo la reestructuración de información de cuadros de oferta y utilización elaborados con información recopilada por encuestas, donde la principal desventaja de estos métodos denominados directos o “*survey*”, es la gran cantidad de recursos erogados (tiempo, esfuerzo, recursos monetarios).

De los argumentos planteados en líneas anteriores, y a fin de aprovechar los beneficios del análisis de la MIP, y a su vez intentado solventar las desventajas de los métodos directos, surge una nueva metodología para la creación de MIPR a través de “enfoques sintéticos” o métodos indirectos<sup>5</sup>, los cuales consisten en modificar la información disponible en nivel agregado a información en nivel

---

<sup>4</sup> a) Sectores Clave: Comercio; b) Sectores Impulsores: Educación, servicios de salud y asistencia social; c) Sectores Estratégicos: Servicios inmobiliarios e industrias manufactureras).

<sup>5</sup> También denominados métodos “*non-survey*”. Existe una clasificación adicional que realiza una mezcla de los métodos directos e indirectos, denominados “híbridos”. Estos métodos no se revisan en esta investigación esta investigación.

regional. De acuerdo con Fuentes et al. (2015), estos procedimientos se llevan a cabo sin proceder a realizar encuestas directas y en su lugar utiliza sólo la información estadística secundaria de los censos económicos, así como los anuarios estadísticos y otras fuentes nacionales y regionales. Esto, consiste en ajustar los datos de la MIP a una MIPR, tomando en todos los casos la MIP como punto de inicio. Estos métodos dependen de “Coeficientes de Localización” (LQ, por sus siglas en inglés, *Location Quotients*), los cuales sirven para transformar los coeficientes nacionales en coeficientes regionales. Los primeros de ellos son los Coeficientes de Localización Simple (SLQ, por sus siglas en Inglés, *Simple Location Quotients*) que aparecen en los trabajos de Czamanski y Malizia (1969) con una MIP aplicada en el estado de Washington para el análisis de la técnica RAS y Schaffer y Chu (1969), que consisten en la estimación de coeficientes para el análisis de la participación comercial de una industria localizada en determinada región frente a la misma industria en una escala nacional, obteniendo como resultado el porcentaje de participación. Una desventaja de estos coeficientes es la subestimación de los flujos de comercio regional, que se ve reflejado particularmente en los coeficientes de localización, mostrando una sobreestimación de los coeficientes regionales.

A fin de superar los inconvenientes de los coeficientes de localización simple, surgen los Coeficientes de Localización Cruzada (CILQ) usados en trabajos pioneros como el de Eskelinen y Suorsa (1980) y que consisten en el análisis entre la relación cruzada de dos cocientes de ubicación. La debilidad de estos coeficientes radica en que no consideran el tamaño relativo de la región además que subestiman los coeficientes técnicos. De esta manera aparece una nueva propuesta de ajuste denominados Coeficientes de Localización Flegg (FLQ) propuestos en los trabajos de Flegg et al. (1995). Estos consisten en una técnica de estimación de coeficientes mediante el ajuste de los símiles en una economía nacional en un periodo de tiempo determinado a partir de un parámetro de ajuste logarítmico  $\lambda$ , que es función de los Coeficientes de Localización Cruzada y un parámetro de exportación  $\delta$ . Evidencia de estos puede ser encontrada en Flegg y Webber (1997), Flegg y Tohmo (2013) y Kowalewski (2015). Es importante mencionar que el principal inconveniente del uso de estos coeficientes es que el parámetro de ajuste  $\delta$  es determinado *a priori* con un valor fijo para todas las regiones, cuando su determinación debe recaer en la estimación empírica de este parámetro. Surge adicionalmente a partir de las críticas de la metodología de los coeficientes de Flegg, los denominados Coeficientes de Flegg Aumentados (AFLQ) que consisten en un método de regionalización de coeficientes siendo la versión ajustada de los coeficientes de localización Flegg (FLQ) por un método de suavización logarítmico con base binaria. Para mayor referencia de trabajos referentes y comparativos de los métodos de regionalización véase Bonfiglio y Chelli (2008) y más recientemente Jahn, Flegg y Tohmo (2020).

Con respecto a los métodos anteriores, surge la problemática de seleccionar el método que proporcione los estimadores más eficientes para el cálculo de los coeficientes de ámbito nacional a ámbito regional. La respuesta a esta cuestión puede ser resuelta a partir del trabajo de Lamonica y Chelli (2018) que contribuye al debate sobre el desempeño de técnicas indirectas o “*non-survey*” para la regionalización de MIPN, donde se analizó el comportamiento y la eficiencia de un conjunto de métodos indirectos, considerando tres aspectos; los resultados de los métodos de reproducción de los coeficientes de entrada reales, la variabilidad del error y la dirección del sesgo. Los resultados mostraron que el método de Coeficiente de Localización de Flegg (FLQ) tiende a superar a los otros métodos. Sin embargo, es importante mencionar que también se destaca el comportamiento del método SLQ donde se demuestra que tiene un mejor desempeño que los demás métodos siempre que

$\delta \leq 0.1$ . Lo anterior implica que la eficiencia de los coeficientes depende directamente del valor *ad-hoc* que se le proporcione al parámetro delta, comúnmente establecido en un rango de (.25 a .30). En este sentido, y para evitar el sesgo en las estimaciones inducido por establecer un valor a priori de  $\delta$ , en este trabajo se opta por estimar su valor a partir de un modelo de optimización presentado en el siguiente apartado.

El uso de las MIPR y su constitución a partir de los métodos de regionalización expuestos se ha extendido en la literatura en las últimas décadas, como consecuencia de su practicidad y versatilidad. Para el caso de Matrices Insumo Producto Regionales en México por métodos sintéticos o indirectos se tienen bastantes ejemplos en la literatura. Podemos encontrar el trabajo de Fuentes (2005) aplicado para el estado de Baja California en el año 2004, a partir de la actualización de la MIPN con base 2003 mediante el procedimiento denominado RAS. Posteriormente surge la investigación de Fuentes y Durán (2010), donde se desarrolla una MIPR para el caso del Distrito Federal, y donde se realiza un análisis del impacto económico de la administración pública. Por otro lado, Acolt, Flores, y Medina (2010) identifican los sectores estratégicos de la economía en Aguascalientes a partir de los índices de encadenamiento de Rasmussen. Dentro de los resultados destacaron que los sectores clave que encontraron era la fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón, industrias metálicas básicas, fabricación de productos metálicos y la generación, transmisión y suministro de energía eléctrica. Con respecto al sector de fabricación de equipo de transporte, que es uno de los sectores más dinámicos en Aguascalientes en cuestión de la generación de producto y empleo (Acolt, Flores, y Medina, 2010). Existe evidencia empírica donde se analiza los progresos en la estimación de las MIPR, con la aplicación de métodos indirectos y nuevas técnicas de evaluación de su desempeño, a través del uso y comparación de la aplicación del método FLQ para el desarrollo de MIPR en casos específicos como el estado de Jalisco con base en las MIPN de 2003 y 2008 propuesto por Dávila Flores y Valdés Ibarra, (2013). Los resultados revelan que tres de los 10 sectores localizados en la entidad en el año 2003 registraron pérdidas importantes de competitividad, reflejándose de manera más aguda en el caso de la fabricación de maquinaria y equipo, su coeficiente de localización fue inferior a la unidad (0.88), por lo que su presencia relativa fue inferior a la del promedio nacional y las pérdidas de competitividad también fueron significativas en la fabricación de productos a base de minerales no metálicos. En Albornoz, García-Rojas, y Adrián (2014) se presenta un enfoque novedoso de la MIPR. Los objetivos del trabajo son la determinación de los sectores productivos que son vulnerables ante posibles limitaciones en la disponibilidad de agua subterránea con base en la MIPR con base 2003. Usando la estructura de uso de agua intersectorial estiman el valor agregado del agua, a través de precios sombra de este recurso (multiplicadores). Los resultados indicaron que el sector Agricultura, ganadería, alimentos, productos eléctricos y de generación eléctrica son vulnerables; el comercio y los servicios son los menos vulnerables y en relación al precio sombra se obtiene un valor de \$4.00 a \$14.96 pesos por m<sup>3</sup> para uso general, y de \$28.00 a \$104.71 para uso industrial – comercial (Albornoz, García-Rojas, y Adrián, 2014).

Tal y como puede apreciarse, aun cuando la metodología de regionalización se ha extendido rápidamente, se ha tomado conciencia por la generación de MIPR a partir de métodos directos. Además, en los últimos años se han realizado esfuerzos para su construcción, con la finalidad de

contar con información de fuentes primarias, tal es el caso de (Mendoza-Sánchez, 2019), donde se analiza la estructura económica del Estado de Sonora para el año 2013, con la construcción de un marco Insumo-Producto, basado en la generación de cuadros de oferta y utilización regional mediante la determinación de coeficientes regionales. En este sentido, es importante mencionar los esfuerzos de instituciones para la construcción de Matrices de Insumo Producto regionales a partir de Cuadros de Oferta Utilización híbridos, como el proyecto en México dirigido por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Sin embargo, a pesar de estos intentos por mejorar el sistema de cuentas estatales, aún no se cuenta con información específica para todos los estados, en este caso el Estado de Durango, por lo que para esta investigación existe otra alternativa que la construcción de la MIPR a partir de los métodos indirectos, sin olvidar recalcar la eficiencia de la estimación de la verdadera estructura económica de una región tal y como se ha mencionado a lo largo de este apartado.

### 3. Metodología

Para la construcción de la MIPR, la metodología de Flegg utiliza los denominados Coeficientes de Localización los cuales son indicadores de la magnitud del sector a nivel regional relativo a la participación del mismo a nivel nacional. El método comienza con el supuesto de que los coeficientes técnicos regionales, son, en un principio, iguales a los nacionales, por lo que, como primer paso es necesario calcular los coeficientes técnicos de la MIP. Entonces, en la medida que se requiera una Matriz Insumo Producto con coeficientes técnicos representativos de la región, los coeficientes técnicos nacionales son transformados mediante los Coeficientes de Localización, su objetivo es capturar el grado de especialización productiva de una región, en este caso el del Estado de Durango con respecto a la del país. Estos coeficientes identifican si los bienes intermedios necesarios para producir en el sector de la región son adquiridos dentro de la misma o son importados de otras regiones del país. De esta manera se obtienen los coeficientes técnicos regionales.

Es importante mencionar que es posible que la magnitud de un sector específico a nivel regional tenga el mismo peso que a nivel nacional. Cuando lo anterior llega a suceder, se aplica el método de Flegg para ajustar los coeficientes técnicos nacionales a las características regionales. Una vez establecidos dichos coeficientes se puede construir los consumos regionales y, por consiguiente, la MIPR.

#### 3.1 El modelo de coeficientes fijos de Leontief

Una MIP, matemáticamente hablando, es un modelo que muestra a partir de un sistema de ecuaciones, las relaciones que existen entre la producción y la demanda final e intermedia en los diferentes sectores. Por otro lado, gracias a este modelo es posible construir identidades cuantitativas que reflejan la interacción e interdependencias económicas que ocurren entre los sectores ya sea a nivel nacional o a nivel estado (según sea el caso).

Suponga la existencia de una economía con  $n$  sectores. El valor de producción total  $Y_a$  de cada uno de los sectores  $a$  es utilizada en dos rubros: por una parte como insumos para la producción de

otros sectores económicos  $j$  (ventas intermedias) o en otro caso como productos de consumo final. De esta manera, la suma de sus ventas intermedias y finales es igual al valor de su producción total:

$$Y_a = k_{a1} + \dots + k_{aj} + \dots + k_{an} = \sum_{j=1}^n k_{aj} + d_a \quad (1)$$

Donde el subíndice  $a$  representa la fila o sector vendedor y  $k_{aj}$  representa la cantidad que el sector  $j$  demanda del sector  $a$ . Dado que existe una ecuación como la anterior para cada uno de los  $N$  sectores de la economía, el sistema económico de producción puede generalizarse como un sistema de ecuaciones:

$$Y = [Y_1 \ : \ Y_n], \quad K = \begin{bmatrix} k_{11} & \dots & k_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ k_{n1} & \dots & k_{nn} \end{bmatrix} y \quad D = [d_1 \ : \ d_n] \quad (2)$$

Donde el anterior puede expresarse en forma matricial de la siguiente manera:

$$Y = K\vec{1} + D \quad (3)$$

Donde  $\vec{1}$  representa un vector columna con dimensión  $(1 \times n)$  y con elementos igual a la unidad.

### 3.2 La matriz de coeficientes fijos de Leontief

La base del análisis Insumo Producto son las funciones de producción del tipo Leontief. En estas, cada factor de la producción es usado siempre en la misma cantidad, denotada como una proporción fija. Para el caso de la MIP, estas proporciones fijas pueden calcularse de manera nominal, tomando la razón del valor de los insumos que el sector  $j$  demanda del sector  $a$  en un periodo dado, relativo al valor de la producción total del sector  $j$ . Esta relación se expresa de la siguiente manera:

$$b_{aj} = \frac{k_{aj}}{Y_j} \quad (4)$$

Despejando de la expresión anterior, se tiene que:

$$k_{aj} = b_{aj}Y_j \quad (5)$$

Donde  $b_{aj}$  representa la proporción fija de insumos que el sector  $j$  demanda del sector  $a$ . Estas proporciones constantes en la función de producción son conocidos como coeficientes técnicos. La expresión anterior puede ser generalizada para todos los sectores, permitiendo escribir el sistema de ecuaciones anterior de la siguiente manera:



$$Y_a = b_{a1}Y_1 + \dots + b_{aj}Y_j + \dots + b_{an}Y_n = \sum_{j=1}^n b_{aj}Y_j + d_a \quad (6)$$

Es importante mencionar que la MIP es una tabla de doble entrada, por lo que tanto la suma por filas como por columnas debe ser igual, garantizando que la totalidad del producto que se vende sea exactamente igual a la que se demanda, por lo que la expresión anterior puede reescribirse de forma matricial como:

$$Y = BY + D \quad (7)$$

Donde:

$$Y = [Y_1 \ : \ Y_n \ ], \quad B = \begin{bmatrix} b_{11} & \dots & b_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{n1} & \dots & b_{nn} \end{bmatrix} \text{ y } D = [d_1 \ : \ d_n \ ]$$

Se puede agregar que los coeficientes técnicos implican que todos los sectores productivos tienen funciones de producción del tipo Leontief y, por lo tanto, los sectores productivos tienen rendimientos constantes a escala. Bajo el supuesto de que los coeficientes de la matriz  $B$  son relativamente estables (por lo menos en el corto plazo), la única variable de la ecuación matricial es el valor de la producción, por lo que se procede a despejar  $Y$  de modo que:

$$\begin{aligned} (1 - b_{11})Y_1 - \dots - b_{a1}Y_a - \dots - b_{1n}Y_n &= d_1 \\ &\vdots \\ -b_{a1}Y_1 - \dots + (1 - b_{aa})Y_a - \dots - b_{1n}Y_n &= d_a \\ &\vdots \\ -b_{n1}Y_1 - \dots - b_{na}Y_a - \dots + (1 - b_{nn})Y_n &= d_n \end{aligned} \quad (8)$$

Definimos las siguientes variables como " $I$ " a la matriz identidad ( $n \times n$ ),  $B$  como la matriz de coeficientes técnicos, el vector de producción total como " $Y$ " ( $n \times 1$ ) y por último,  $D$  como el vector de información referente a la demanda final con dimensión ( $n \times 1$ ), entonces puede expresarse como:

$$(I - B)Y = D \quad (9)$$

Finalmente, reordenando y reduciendo términos, se tiene que:

$$Y = (I - B)^{-1} D \Rightarrow Y = L D \quad (10)$$

Donde  $L = (I - B)^{-1}$  es conocida como la Matriz Inversa de Leontief. Es importante mencionar que los coeficientes de la matriz  $L$  es una medida de la relación total entre el sector

### 3.3 Método de Flegg para la determinación de la MIPR: los coeficientes técnicos regionales

El supuesto fundamental para el cálculo de la estimación de la MIPR por el método de Flegg consiste en el ajuste de los coeficientes técnicos nacionales a través de los Coeficientes de localización LQ o SLQ (Coeficientes de localización simples), que miden el tamaño relativo de los sectores productivos con respecto al Valor Agregado Bruto de la región con respecto al tamaño relativo del mismo sector pero ahora considerando el Valor Agregado Bruto Nacional.

En esta metodología, inicialmente se asume que los coeficientes técnicos de cada sector  $j$  a nivel regional  $b_{aj}^R$  tiene la misma participación que a nivel nacional  $b_{aj}^N$ . Bajo este supuesto, la cantidad demandada de bienes para la producción intermedia del sector  $j$  en la región  $R$  es:

$$y_j^r = \sum_{a=1}^n b_{aj}^N * y_j^R \quad (11)$$

Donde:

- $b_{aj}^N$  Representa el consumo intermedio del sector  $j$  de sector  $a$  a nivel regional
- $y_j^R$  Representa la producción bruta regional del sector  $j$

Los coeficientes técnicos regionales con base en el método Flegg ( $FLQ_{aj}$ ) se calculan de la siguiente manera siguiendo el trabajo de Miller y Blair (2009):

1. Se calculan los coeficientes de localización simple para cada uno de los sectores  $a$  ( $SLQ_s$ ) mediante la razón de la participación del Valor Agregado Bruto (VAB) del sector  $a$  en el VAB regional, relativo a la participación del mismo sector con respecto al VAB nacional, tal que:

$$SLQ_a = \frac{\frac{VAB_a^R}{VAB^R}}{\frac{VAB_a^N}{VAB^N}} \quad (12)$$

2. Se calcula el Cociente de Localización de Industria Cruzada ( $ILQ$ ) del sector  $a$  respecto al sector  $j$  ( $ILQ_{aj}$ ) con la finalidad de incorporar la relación intersectorial del sistema:

$$ILQ_{aj} = \frac{SLQ_a}{SLQ_j} \quad (13)$$

3. Una vez obtenidos los Coeficientes Intersectoriales Cruzados, se emplea un factor  $\lambda$  para ajustar los coeficientes técnicos nacionales en función del grado de especialización de la

región relativo al grado de especialización industrial nacional. Este factor se define de la siguiente manera:

$$\lambda = \left[ \left( 1 + \frac{VAB^R}{VAB^N} \right) \right]^\delta \quad (14)$$

4. Los Coeficientes de Flegg se obtienen de la multiplicación de los coeficientes de localización de industria cruzada por el factor de ajuste  $\lambda$ :

$$FLQ_{aj} = ILQ_{aj} * \lambda \quad (15)$$

5. Finalmente, los Coeficientes Técnicos Regionales se construyen a partir de la siguiente función:

$$b_{aj}^R = \begin{cases} b_{aj}^N & \text{ysi } FLQ_{aj} \geq 1 \\ b_{aj}^N * FLQ_{aj} & \text{ysi } FLQ_{aj} < 1 \end{cases} \quad (16)$$

Es importante notar de la función anterior que, si el coeficiente de Flegg  $FLQ_{aj}$  es mayor que uno, se mantiene el supuesto de que el grado de especialización cruzada entre el sector  $a$  y  $j$  a nivel regional es exactamente igual que el nacional, mientras que si el coeficiente es menor a 1, el coeficiente técnico nacional  $b_{aj}^N$  es ajustado para la obtención del regional  $b_{aj}^R$ .

### 3.4 El vector de demanda final regional

El vector de demanda final regional  $D^R$  se calcula con las siguientes variables, de acuerdo con Torre Cepeda, Alvarado Ruiz, y Quiroga Treviño (2017):

$$D^R = C^R + FBKF^R + I^R + G^R + EXP^R \quad (17)$$

En primer lugar,  $C^R$  representa el vector de consumo,  $I^R$  hace referencia al vector de inversión (variación de existencias),  $G^R$  al gasto del gobierno,  $EXP^R$  hace referencia a las exportaciones, y por último  $FBKF^R$  que significa la Formación Bruta de Capital Fijo. Es importante mencionar que el superíndice "R" indica términos regionales. La estimación de las variables apenas mencionadas se realiza de la siguiente manera:

$$FBKF^R = \frac{VAB^R}{VAB^N} * FBKF^N \quad (18)$$

$$I^R = \frac{VAB^R}{VAB^N} * I^N \quad (19)$$

$$EXP^R = \frac{VAB^R}{VAB^N} * EXP^N \quad (20)$$

$$C^R = \frac{POB^R}{POB^N} * C^N \quad (21)$$

$$G^R = \frac{POB^R}{POB^N} * G^N \quad (22)$$

Por otro lado, *POB* hace referencia a la población, ya sea regional o nacional, según sea el caso (*R, N*). Tal y como puede notarse de las expresiones anteriores, las variables regionales son determinadas a partir de proporciones tanto de la población y el Valor Agregado Bruto Regional con respecto a sus símiles nacionales.

### 3.5 Indicadores de Dispersión e Indicadores de Arrastre de la MIPR

Una vez obtenida la MIPR, el objetivo consiste en poder utilizarla para analizar la eficiencia de políticas públicas, en términos de identificar los mejores planes o escenarios de distribución de recursos, que maximicen la producción y generen crecimiento económico. Por lo anterior, es importante poder clasificar los sectores que tengan un mayor efecto multiplicativo en función de su relación intersectorial en el sistema. En este punto, es posible identificar dos tipos de encadenamientos: por una parte existe una relación de uso de recursos que un sector usa de otras industrias para su producción y en segundo lugar se tiene la relación que tiene su producto como insumo para otros productos. A pesar de que dentro de la literatura concerniente a la MIP y su uso para la evaluación de políticas públicas existen muchos indicadores de estas relaciones, estos encadenamientos son generalmente estimados a partir de los índices de arrastre y dispersión según Rasmussen (1957) y Chenery y Watanabe (1958). Hirschman (1958) contextualiza las propiedades que deben incluir los indicadores de encadenamiento, mismas que son retomadas indirectamente con los indicadores de Rasmussen: Enlaces que represente los efectos totales (directos e indirectos) a diferencia de los propuestos por Chenery y Watanabe (solo directos). Con respecto a la separación entre efectos de arrastre y dispersión, se incluye el cálculo usando la matriz inversa de Leontief para los índices de arrastre, mientras que para los de dispersión, la determinación de esto se realiza a partir de la matriz inversa de Gosh. (Miller y Blair, 2009). Es por lo anterior, que para este trabajo se opta por el uso de los Indicadores de Rasmussen. El Índice de Dispersión (ID) puede definirse como el grado estandarizado de distribución de producción por un sector en específico hacia todo el sistema intermedio, mientras que el Índice de Arrastre (IA) refleja el grado de absorción de recursos provenientes del sistema económico de un sector en particular. En términos coloquiales, el Indicador

de Arrastre puede ser clasificado como indicador de compras, mientras que los Indicadores de Dispersión pueden ser vistos como un indicador de ventas.

- Índice de Arrastre Normalizado (IA)

$$\overline{IA}_j = \frac{IA_j}{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n IA_j} = \frac{\sum_{a=1}^n b_{a,j}}{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n IA_j} \quad (23)$$

- Índice de Dispersión Normalizado (ID)

$$\overline{ID}_a = \frac{ID_a}{\frac{1}{n} \sum_{a=1}^n ID_a} = \frac{\sum_{j=1}^n b_{a,j}}{\frac{1}{n} \sum_{a=1}^n ID_a} \quad (24)$$

Por lo tanto se pueden clasificar los sectores por claves, impulsores, estratégicos e independientes de acuerdo a la ecuación 23 y 24. El cuadro 1 muestra la clasificación de dichos sectores:

**Cuadro 1.** Clasificación de sectores

CLAVE	IMPULSORES
<p>Son sectores que tienen grandes impactos en la economía debido a su valor mayor al promedio con respecto a la oferta y demanda de su producción.</p> <p style="text-align: center;"><b>ID y IA &gt; 1</b></p>	<p>Son sectores que funcionan como motores de la economía, debido a su característica de consumir una gran cantidad de insumos de los demás sectores, manteniendo en constante movimiento la producción del sistema económico.</p> <p style="text-align: center;"><b>IA &gt; 1, ID &lt; 1</b></p>
ESTRATÉGICOS	INDEPENDIENTES
<p>Son sectores importantes en cuanto a la oferta de bienes intermedios se refiere. Poseen un indicador más alto que el promedio de los sectores que funcionan como proveedores de insumos.</p> <p style="text-align: center;"><b>ID &gt; 1, IA &lt; 1</b></p>	<p>Son sectores que tienen un bajo grado de encadenamientos con los demás sectores de la economía, por lo que su actividad no afecta de manera significativa al sistema, ni los cambios en el sistema no afectan la producción de estos sectores.</p> <p style="text-align: center;"><b>ID y IA &lt; 1</b></p>

Fuente: Elaboración propia con base en Miller y Blair (2009)

## 4. Análisis de resultados

En el caso específico del Estado de Durango, la entidad aportó en 2014 aproximadamente un 1.23% al PIB nacional y tuvo una tasa de crecimiento del 1.9% en un periodo de 2003 a 2014, menor a la nacional, que fue del 2.65%. Según datos del censo económico del INEGI de 2014 sobre la estructura sectorial base 2014, se registraron 50,452 Unidades Económicas<sup>6</sup> (UE) por parte del Sector privado y paraestatal con actividades en 2013, con una tasa de variación anual del 2.2% con respecto a 2008, teniendo un aumento de 5272 UE. Además, en este mismo periodo se registró un incremento del 2.5% del personal ocupado por estas UE, llegando a la cifra de 266,471 personas ocupadas. Ahora bien, del total de Unidades Económicas, los sectores de Comercio, Servicios privados no financieros y la Industria manufacturera concentraron el 97% de estas, también el 87.4% del personal ocupado total y el 77.1% de la producción bruta total de la entidad. Agregado a lo anterior, sectores como Construcción, Servicios financieros y de Seguros; Transporte, correos y almacenamiento; Minería; Electricidad, agua y gas; Pesca y agricultura, concentraron el 2.1% de UE<sup>7</sup>. Es importante recalcar que el hecho de analizar el número de Unidades Económicas y del personal ocupado por los sectores se debe a que son indicativos de incrementos de la actividad económica debido a un incremento en el uso de factores de la producción, lo cual ubicaría a los sectores antes mencionados como posibles sectores “clave” para impulsar el crecimiento y desarrollo de la región. Sin embargo, también es importante mencionar, que por sí solas, estas variables no reflejan la productividad de los sectores, pudiendo simplemente reflejar un grado de ineficiencia de los sectores por el uso de dichos factores. Con el fin de solventar dicha cuestión, se procedió a analizar el desempeño de los sectores en el Estado de Durango a partir de su aportación al Valor Agregado Bruto.



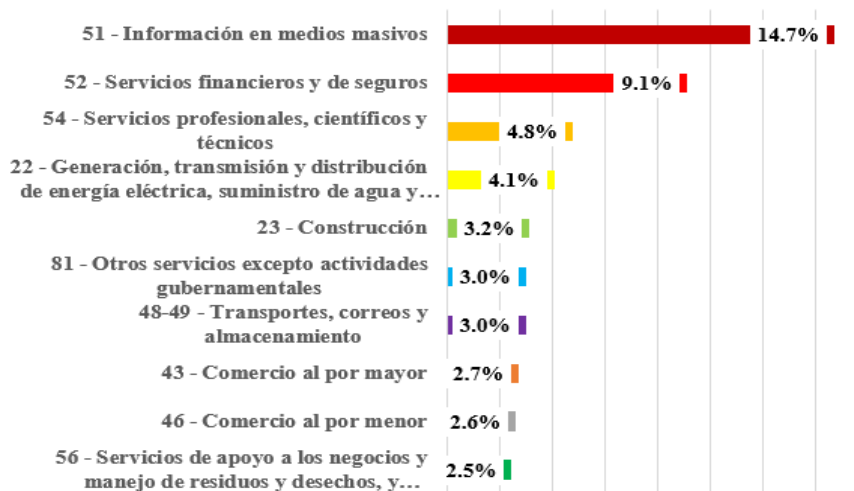
**Gráfico 1.** Sectores con mayor crecimiento acumulado en el Estado de Durango (2003-2014)

Fuente: Elaboración propia con datos del Banco de Información Económica de INEGI

<sup>6</sup> Según INEGI las unidades económicas son la unidades estadísticas sobre las cuales se recopilan datos, se dedican principalmente a un tipo de actividad de manera en construcciones e instalaciones fijas para llevar a cabo producción de bienes y servicios.

<sup>7</sup> Obtenido del estudio de INEGI titulado “Estructura económica de Durango en síntesis”

En este sentido, de acuerdo con datos del Banco de Información Económica de INEGI, las industrias que presentaron un mayor crecimiento en el Valor Agregado Bruto en términos constantes dentro de la región fueron los sectores de Información de medios masivos y Servicios financieros, con unas tasas de crecimiento promedio en el periodo de 2003 a 2014 de 14.55% y 10.77%, respectivamente. Por otro lado, en el 2014 el sector de Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, suministro de agua y de gas por ductos al consumidor final tuvo una tasa de crecimiento 4% y una aportación al PIB regional del 3%. Finalmente, la industria de Transportes, correos y almacenamiento registró, en el mismo periodo, una tasa de crecimiento por debajo del 3% y una aportación al PIB de la entidad del 6% en 2014. En el Gráfico 1, se puede apreciar la variación porcentual de los 10 sectores más importantes para el Estado, mismos que representan los incrementos más altos en el periodo del 2003 a 2014. Como se puede observar, a nivel regional, en términos acumulados, el sector de Información en medios masivos registró un incremento del 160% seguido de los Servicios financieros y seguros con una tasa de 118%, mientras que el sector de Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica reportó un notable 54%. Hablando en términos de tasa de crecimiento promedio anual, los tres sectores más representativos son de nueva cuenta Información en medios masivos y Servicios financieros y seguros con una tasa de crecimiento promedio en el mismo periodo de 14.7% y 9.1% respectivamente. Sin embargo, como se muestra en el Gráfico 2, en el tercer lugar se encuentra el sector de Servicios profesionales, científicos y técnicos con una tasa de 4.8, desplazando al sector de Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica al cuarto lugar con una tasa de 4.1%.



**Gráfico 2.** Sectores con mayor crecimiento promedio en el Estado de Durango (2003-2014)

Fuente: Elaboración propia con datos del Banco de Información Económica de INEGI

Vale la pena mencionar que en términos de crecimiento acumulado, el sector de Servicios profesionales a nivel regional se encontraba, en el mismo periodo, en el sexto lugar con una tasa acumulada de crecimiento de aproximadamente 33%. La comparación de ambas gráficas permite identificar la pérdida de dinamismo en algunos sectores en los últimos años del periodo comprendido entre 2003 a 2014, tal es el caso del sector de Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, donde a pesar de encontrarse en tercer lugar de crecimiento agregado, su tasa de

crecimiento promedio se ha visto disminuida, atribuyendo el acumulado, a un crecimiento acelerado durante la parte temprana del periodo de estudio. Un caso similar es el sector de la Minería, mismo que en referencia a los acumulados, se ubica en cuarto lugar, mientras que no figura dentro de los 10 principales sectores con las mayores tasas de crecimiento promedio en el mismo lapso de tiempo. La explicación del crecimiento de este sector es diferente; sus tasas de crecimiento del VAB con respecto al año anterior son muy volátiles, alcanzado máximos de 49% en el 2011, mientras que se encuentran retrocesos, en el mismo periodo, de -18.94% y -8.10% en 2008 y 2014, respectivamente, lo que en este caso, el crecimiento acumulado que lo lleva a estar en cuarto lugar, es debido a los efectos acumulados y la gran volatilidad de sus tasas de crecimiento, volviéndolo un sector inestable. Es posible que los sectores de un sistema económico se encuentren relacionados en la cadena de suministro, ya sea participando como proveedores o como demandantes. Si lo anterior es cierto, un aumento del Producto Total (y por ende del Valor Agregado Bruto) en un sector en específico puede derramarse hacia los demás sectores a partir de las conexiones intersectoriales, generando un crecimiento multiplicativo. A partir de lo anterior, el objetivo de esta sección consiste en la determinación de las relaciones intersectoriales en la estructura económica mexicana, y en función de la participación e importancia del sector en la cadena de suministro, clasificarlos en función de aquellos que pueden generar un mayor derrame de actividad económica e impulse el crecimiento económico de la región. En este sentido, la Matriz Insumo Producto aplicada a nivel regional, permitiría identificar los efectos multiplicadores y el grado de participación de cada sector, y con base en estos, proponer planes y programas de apoyo gubernamental para el desarrollo en el Estado de Durango. Siguiendo con la metodología propuesta por Flegg y Weber (1997), el primer paso consiste en el cálculo de los coeficientes de localización por sector, mismos que pueden observarse en el Cuadro 2. Los Coeficientes de Localización Simple (SQL por sus siglas en inglés) muestran el grado de especialización de cada sector del Estado de Durango en comparación con la importancia del mismo sector pero a nivel nacional.

**Cuadro 2.** Coeficientes de localización simple

Sector	SQL
Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza	3.046553
Minería	0.702899
Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, suministro de agua y de gas por ductos al consumidor final	1.150861
Construcción	1.050765
Industrias manufactureras	0.990279
Comercio al por mayor	0.99538
Comercio al por menor	0.9256
Transportes, correos y almacenamiento	1.03034
Información en medios masivos	0.340675
Servicios financieros y de seguros	0.618723
Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles	1.02527
Servicios profesionales, científicos y técnicos	0.625992
Corporativos	0.838569



Servicios de apoyo a los negocios y manejo de residuos y desechos, y servicios de remediación	0.522966
Servicios educativos	1.364921
Servicios de salud y de asistencia social	1.059822
Servicios de esparcimiento cultural y deportivo, y otros servicios recreativos	0.262259
Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas	0.501303
Otros servicios excepto actividades gubernamentales	0.707858
Actividades legislativas, gubernamentales, de impartición de justicia y de organismos internacionales y extraterritoriales	1.235413

Fuente: Elaboración propia con información anual para el año 2013, obtenida del Banco de Información Económica (BIE) y del Producto Interno Bruto Estatal (PIBE) de INEGI

Los sectores que destacan en este cuadro son 11- Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza y 61- Servicios educativos, los cuales cuentan con un SQL de 3.04 y 1.36, respectivamente; lo que indica que el sector 11 (por su clasificación en el SCIAN), en Durango es aproximadamente 3 veces más importante con respecto a la participación del mismo sector a nivel nacional; el mismo argumento aplica para el caso del sector 61- Servicios educativos. Con respecto a datos del INEGI, la industria número 11 está dentro de las 8 industrias más importantes con lo que respecta al grado de aportación para el Estado ya que representó un 10.1% del PIB regional (Durango) en 2014. En el caso del sector 61, su participación local está por encima de la participación nacional, ya que los Servicios educativos en el Estado representan un 5.5% del PIB regional, a diferencia del 4.3% que este representa a nivel nacional. Para incorporar la importancia intersectorial a nivel regional relativo al nacional, se procede al cálculo de los coeficientes de localización Cruzada y finalmente la Matriz Insumo Producto Regional utilizando el valor de referencia de  $\delta = .30$ , según Flegg y Weber (1997).

#### 4.1 Ajuste de parámetros de suavizamiento para coeficientes técnicos

Tal y como se había mencionado con anterioridad, el uso del valor “*ad-hoc*” propuesto por Flegg y Weber (1997), puede traer como consecuencia una estimación sesgada de los Coeficientes Técnicos Regionales. Con la finalidad de obtener coeficientes técnicos regionales más robustos, se plantea un problema de optimización para el parámetro  $\lambda$  de suavizamiento de los Coeficientes de Localización Cruzada. Este proceso se lleva a cabo de la siguiente manera:

1. A partir del modelo de regionalización de Flegg con valor de  $\delta = .30$ , se calcula el vector de Producto Total ( $\hat{Y}$ ) a partir de la metodología basada en el Valor Agregado Bruto de la Región  $VAB^R$  siguiendo la metodología de Torre Cepeda, Alvarado Ruiz, y Quiroga Treviño (2017):

$$\hat{Y}_i = \frac{VAB^R}{1 - \sum_{i=1}^n a_{ij} - m_i - t_i} \quad (25)$$

2. Se calcula un vector de Producto Total ( $\tilde{Y}$ ), a través del uso de la Matriz Inversa de Leontief y el vector de demanda final  $D^R$ , el cual se construye de la suma ponderada por la

participaciones del Consumo, Inversión, Gasto del Gobierno, Exportaciones y la Formación Bruta de Capital Fijo de sus referentes nacionales. Este puede ser consultado en el Cuadro 3:

$$\tilde{Y} = (I - B)^{-1} D^R \quad (26)$$

3. A partir de los 2 vectores de producto anterior, se plantea un problema de optimización. Vale la pena mencionar que la solución se obtuvo mediante métodos numéricos considerando que  $\lambda$  es una función de Delta ( $\delta$ ), de modo que el proceso de optimización se establece como:

$$\min_{\lambda(\delta)} \sum_{i=1}^n |\hat{Y}_i - \tilde{Y}_i| \quad (27)$$

De la aplicación del proceso de optimización sobre el parámetro de suavizamiento de los coeficientes  $\lambda$ , se obtiene el valor óptimo de  $\delta^* = .01$ , para el cuál se encuentran los coeficientes técnicos de la MIP regional que describen de mejor manera las relaciones intersectoriales del Estado de Durango. Es importante mencionar que el valor de .01 es consistente con la interpretación que comúnmente se le da a este parámetro, el cual indica el tamaño relativo del Valor Agregado Bruto de la región con respecto al símil nacional. Indirectamente del proceso, se obtienen los vectores óptimos de producto  $\hat{Y}_i^*$  y  $\tilde{Y}_i^*$ , mismos que pueden consultarse en la primera y segunda columna del Cuadro 3.

**Cuadro 3.** Vectores de Producto total estimados y vector de Demanda Final (Miles de pesos)

Sector	$\hat{Y}_i^*$	$\tilde{Y}_i^*$	$D^R$
Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza	\$ 23,937.98	\$ 10,810.79	\$ 4,226.37
Minería	\$ 12,329.30	\$ 15,464.86	\$ 9,161.99
Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, suministro de agua y de gas por ductos al consumidor final	\$ 5,556.06	\$ 6,003.48	\$ 1,740.50
Construcción	\$ 24,516.60	\$ 25,412.48	\$ 22,864.40
Industrias manufactureras	\$ 96,008.86	\$ 124,440.99	\$ 92,512.56
Comercio al por mayor	\$ 18,393.36	\$ 9,285.24	\$ 7,753.78
Comercio al por menor	\$ 19,345.86	\$ 25,287.87	\$ 22,829.60
Transportes, correos y almacenamiento	\$ 19,480.58	\$ 23,445.49	\$ 18,600.44
Información en medios masivos	\$ 2,152.79	\$ 5,728.05	\$ 4,701.09
Servicios financieros y de seguros	\$ 6,086.96	\$ 11,268.83	\$ 9,488.91
Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles	\$ 24,479.06	\$ 28,816.19	\$ 24,991.11
Servicios profesionales, científicos y técnicos	\$ 3,112.02	\$ 4,274.09	\$ 1,022.67
Corporativos	\$ 1,364.86	\$ 1,611.75	\$ 3.68
Servicios de apoyo a los negocios y manejo de residuos y desechos, y servicios de remediación	\$ 4,221.07	\$ 5,555.96	\$ 653.35
Servicios educativos	\$ 11,876.06	\$ 10,958.82	\$ 10,874.50

Servicios de salud y de asistencia social	\$ 6,906.70	\$ 8,543.36	\$ 8,453.68
Servicios de esparcimiento cultural y deportivo, y otros servicios recreativos	\$ 360.90	\$ 1,608.36	\$ 1,564.44
Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas	\$ 3,165.45	\$ 7,037.22	\$ 6,440.81
Otros servicios excepto actividades gubernamentales	\$ 3,953.55	\$ 6,237.08	\$ 5,127.31
Actividades legislativas, gubernamentales, de impartición de justicia y de organismos internacionales y extraterritoriales	\$ 12,533.01	\$ 13,930.71	\$ 13,910.85

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI

Se puede observar que el vector de Producto Total por Sector Estimado (PTSE o  $\hat{Y}_i^*$ ) después de la optimización del parámetro de suavizamiento, se obtienen los valores óptimos de cada sector en particular. Dicho vector, también se puede ser visto desde el enfoque de ingreso por su construcción a partir del Valor Agregado Bruto representado el pago a los factores de producción. En este sentido, los sectores que más ingreso generan por concepto de remuneraciones son la Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza con \$23, 937.98; Minería con \$12,329.30; Transportes correos y almacenamiento con \$ 19,480.58 miles de pesos. Cabe mencionar que en este análisis el sector que presentó el valor más alto de PTSE es Industrias manufactureras con valor de \$ 96,008.86 miles de pesos, lo que significa que tiene gran protagonismo dentro de la región. En el mismo cuadro, se puede apreciar el vector de Producto Total por Sector Estimado-Demanda Final (PTSEDF o  $\tilde{Y}_i^*$ ), después de la optimización del parámetro de suavizamiento, el cual, en contraparte de  $\hat{Y}_i^*$ , presenta las cifras en miles de pesos que los consumidores finales gastan en la obtención de bienes y servicios de los diferentes sectores, siendo esto cercano al enfoque del gasto en la identidad de VAB. Las industrias que destacan en este análisis son: 1.-Industrias manufactureras con un valor de \$124,404.99; 2.-Transportes, correos y almacenamiento con una cifra de \$23,445.49, y 3.-Servicios financieros y de seguros con \$11,268.83. De la comparación de los cuadros anteriores es posible observar que la diferencia entre la mayoría de sectores estimados de los vectores de Producto Total  $\hat{Y}_i^*$  y  $\tilde{Y}_i^*$  es mínima en términos relativos, con excepción del sector 11- Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza, demostrando la eficiencia del proceso de optimización. El objetivo principal de este análisis es identificar los sectores que, en función de su interacción con la cadena de suministro regional, podrían impulsar el crecimiento, para lo cual se realiza la clasificación de sectores basados en los índices de arrastre y dispersión estandarizados o normalizados, mismos que se presentan en el cuadro 4.

**Cuadro 4.** Indicadores de dispersión y de arrastre totales

Sector	IA	ID
Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza	0.9345	1.3655
Minería	0.9516	1.0200
Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, suministro de agua y de gas por ductos al consumidor final	1.1642	1.3280
Construcción	1.0894	0.8358
Industrias manufactureras	1.1641	0.9998
Comercio al por mayor	0.9185	1.1870
Comercio al por menor	0.9234	0.8581
Transportes, correos y almacenamiento	1.0696	1.0695
Información en medios masivos	1.0378	1.0046
Servicios financieros y de seguros	1.0443	1.0002
Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles	0.8351	0.9118
Servicios profesionales, científicos y técnicos	0.9912	1.4722
Corporativos	1.0350	19.6877
Servicios de apoyo a los negocios y manejo de residuos y desechos, y servicios de remediación	0.9001	1.4823
Servicios educativos	0.8367	0.7600
Servicios de salud y de asistencia social	1.0252	0.7623
Servicios de esparcimiento cultural y deportivo, y otros servicios recreativos	1.0731	0.7830
Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas	1.0848	0.8560
Otros servicios excepto actividades gubernamentales	0.9971	0.9039
Actividades legislativas, gubernamentales, de impartición de justicia y de organismos internacionales y extraterritoriales	0.9242	0.7551

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI. Los indicadores de dispersión son calculados sobre las filas de acuerdo a la metodología de Gosh presentada en Miller y Blair (2009). Para la estandarización se utiliza la mediana y no el promedio como medida de tendencia central.

A partir de los cálculos de los Índices de Arrastre y Dispersión mostrados en el Cuadro 4, se procede a clasificar los sectores regionales de acuerdo al Cuadro 1, misma que se presenta en el Cuadro 5. No es coincidencia que sectores como 22 - Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, suministro de agua y de gas por ductos al consumidor final o 48-49 - Transportes, correos y almacenamiento sean claves en el caso de Durango, como se observó en los análisis anteriores, estas industrias tienen un gran protagonismo dentro de la entidad, considerando el Producto Total ( $\hat{Y}$ ) y su rol como grandes compradores y grandes vendedores en el Estado de Durango, medidos por los Índices de Arrastre y Dispersión, respectivamente. Por otro lado, industrias como 11 - Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza y 62 - Servicio de salud y de asistencia social, cuentan con un grado de especialización por encima del nivel

nacional, lo que los colocados en una posición importante dentro de la estructura económica de la región, y que los lleva a ser catalogados como sector estratégico y sector impulsor, respectivamente.

**Cuadro 5.** Clasificación de sectores del estado de Durango

<b>CLAVE</b>	<b>IMPULSORES</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>* Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, suministro de agua y de gas por ductos al consumidor final</li> <li>* Transportes, correos y almacenamiento</li> <li style="padding-left: 20px;">* Corporativos</li> <li>* Información en medios masivos</li> <li>* Servicios financieros y de seguros</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Servicios de esparcimiento cultural y deportivo, y otros servicios recreativos</li> <li>* Servicios de salud y de asistencia social</li> <li style="padding-left: 20px;">* Industrias manufactureras</li> <li style="padding-left: 20px;">* Construcción</li> <li>* Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas</li> </ul>
<b>ESTRATÉGICOS</b>	<b>INDEPENDIENTES</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>* Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza</li> <li style="padding-left: 40px;">* Minería</li> <li style="padding-left: 20px;">* Comercio al por mayor</li> <li>* Servicios profesionales, científicos y técnicos</li> <li>* Servicios de apoyo a los negocios y manejo de residuos y desechos, y servicios de remediación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li style="padding-left: 40px;">* Comercio al por menor</li> <li>* Otros servicios excepto actividades gubernamentales</li> <li style="padding-left: 20px;">* Servicios educativos</li> <li>* Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles</li> <li>* Actividades legislativas, gubernamentales, de impartición de justicia y de organismos internacionales y extraterritoriales</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI

Del cuadro 5, también es posible observar que la actividad económica del Estado de Durango se encuentra mayormente basada en el sector servicios, ya que, con excepción de 22 - Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, suministro de agua y de gas por ductos al consumidor final, todas las industrias clasificadas en este grupo pertenecen a dicho sector. Según cifras de INEGI para el año 2014, la principal actividad que más aportó al Valor Agregado Bruto regional fue la actividad terciaria con 58.5% de participación, seguido de las actividades secundarias con un 31.3%, y, finalmente, las actividades primarias con sólo el 10.2% del total. Con lo anterior se corrobora de manera empírica la eficiencia del análisis de insumo producto para la detección de sectores clave.

De la categorización realizada en función de los Indicadores de Arrastre y Dispersión, es posible encontrar adicionalmente que la mayoría de los sectores clave coinciden con los más representativos en términos de la tasas de crecimiento de su Valor Agregado Bruto (acumulado y promedio) mostrados en los Gráficos 1 y 2 de la sección anterior. Con base en lo anterior, un sector que causa sorpresa dentro del grupo de sectores “clave” es el de los Corporativos, mismo que no se encuentra dentro de los primeros 10 sectores de crecimiento acumulado y crecimiento promedio en el periodo 2003-2014. Sin embargo, tal y como se puede apreciar en el Gráfico 4, donde se muestra la variación en el crecimiento acumulado de 2014 a 2018, ubica al sector Corporativos en el cuarto lugar de los sectores que más han crecido en los últimos 4 años este periodo.



**Gráfico 4.** Sectores con mayor crecimiento acumulado en el Estado de Durango (2014-2018)

Fuente: Elaboración propia con datos del Banco de Información Económica de INEGI

Del gráfico anterior también puede notarse que los sectores de 52 - Servicios financieros y de seguros y el sector de 51 - Información en medios masivos siguen manteniendo su posición en el primer y segundo lugar, respectivamente, de los sectores con mayor crecimiento (acumulado y promedio) a nivel regional, lo que se encuentra en línea con la clasificación realizada a partir de los Indicadores de Arrastre y Dispersión. Sin embargo, es importante hacer una mención especial del crecimiento acumulado del sector 72 - Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas que se encuentra en el tercer lugar y que la metodología de clasificación mediante el análisis Insumo-Producto lo ubica como sector impulsor. Otra clasificación que causa asombro de primera instancia, es el de observar al sector 46 - Comercio al por menor ubicado en el grupo de sectores independientes, lo anterior a pesar de observarlo entre los 10 primeros sectores en términos de crecimiento acumulado y promedio en el periodo de 2004 a 2014, sin embargo, es importante recordar que la clasificación realiza por el análisis Insumo-Producto, considera las relaciones que cada sector tiene en la cadena de suministro, ya se bajó un rol de oferente o tomando un papel como demandante. La conclusión para este sector en particular estaría definida como un sector con rápido crecimiento impulsado por su propia actividad económica, no siendo dependiente de los demás sectores. Lo anterior, no resulta del todo malo, ya que este sector podría llevar a catalogarlo como un sector refugio para el Estado de Durango en tiempos difíciles en el sistema económico. En otras palabras, choques sobre la economía regional en un sector en particular afectaría en menor medida al sector comercio al por menor, siendo este el motor de crecimiento en situaciones de crisis económica.

## 5. Conclusiones

El objetivo principal de esta investigación consiste en el desarrollo de una propuesta para mejorar los procesos de planeación, dirección y aplicación de políticas públicas orientadas al crecimiento y desarrollo económico del Estado de Durango, determinando e identificando los sectores que tienen un mayor impulso de la actividad económica regional con base en las relaciones intersectoriales en la cadena productiva y su efecto multiplicador sobre el Valor Agregado Bruto. La herramienta que permite mostrar la distribución y el derrame de los efectos de la demanda final hacia toda la estructura económica es la matriz de Leontief y los coeficientes técnicos fijos, mismos que se obtienen a partir del análisis de la Matriz Insumo Producto Nacional. Resulta una tarea sencilla el corroborar su amplio uso y eficiencia en diferentes trabajos dentro de la literatura con respecto al análisis de políticas públicas. De esta manera se busca utilizar esta herramienta a un nivel regional, sin embargo, debido a que la construcción por métodos directos de una Matriz de Insumo Producto estatal requiere de una cantidad considerable de recursos, por lo cual en este trabajo se opta por el uso del método indirecto de regionalización de los coeficientes fijos nacionales mediante el procedimiento propuesto por Flegg y Weber (1997), mismo que ha demostrado propiedades estadísticas excelentes con respecto a la bondad de ajuste de las relaciones intersectoriales observadas. Una de las conclusiones de la revisión de la literatura fue que a pesar del amplio uso de la metodología de Flegg y Weber (1997) para la regionalización de las Matrices de Insumo Producto Nacionales, el parámetro de ajuste delta es situado alrededor de un valor de .30 siguiendo con las sugerencias del mismo trabajo de Flegg y Weber (1997). Comúnmente este valor utilizado en otros estudios similares para la regionalización de la Matriz Insumo Producto Nacional se fija previamente, sin embargo, es importante mencionar la interpretación de este parámetro, mismo que indica la magnitud de la región relativa al nivel de la actividad económica nacional medida por el Valor Agregado Bruto. De lo anterior, resulta evidente que el uso de un valor establecido *ad hoc* de este parámetro, llevaría a realizar estimaciones sesgadas de los coeficientes técnicos regionales, pudiendo incluso clasificarse de manera equivocada a los sectores y por ende la interpretación de posibles políticas publicadas enfocadas al crecimiento y desarrollo regional. De lo anterior, una de las aportaciones de esta investigación es la implementación de un método de optimización para el parámetro de ajuste de los coeficientes técnicos nacionales. Para este caso, el valor del parámetro Delta para el Estado de Durango es optimizado a partir de la diferencia absoluta entre dos vectores de Producto Total. El primero de ellos generado desde el enfoque de gasto a partir de los coeficientes técnicos de la Matriz Inversa de Leontief regional calculados con el parámetro Delta igual a 30% y mientras que el segundo es desarrollado desde el enfoque del ingreso, calculado a partir del Valor Agregado Bruto. Los resultados mostraron consistencia al ubicar al valor de Delta cercano al 1%, mismo valor que, según cálculos a partir de información del Banco de Información Económica del INEGI, refleja la magnitud relativa del Estado de Durango con respecto a la actividad económica del país en términos de Valor Agregado Bruto.

Una vez realizada la clasificación a partir de los Indicadores de Dispersión y de Arrastre estandarizados a partir del valor óptimo de ajuste Delta, el objetivo consistía en identificar y validar que los sectores clasificados como “clave” mostraran representatividad a nivel regional a partir de su dinámica con respecto al crecimiento en su Valor Agregado Bruto, por lo que a fin de robustecer y mostrar la bondad de ajuste del proceso de optimización, se procedió a revisar la tasas de crecimiento

acumuladas y promedio del 2003 al 2014 por sectores. Lo anterior permitió obtener una segmentación y clasificación comparable entre el método de análisis de Insumo Producto y las tasas de crecimiento promedio y acumulado del Valor Agregado Bruto. En primera instancia las dos clasificaciones (las realizadas por los Indicadores de Arrastre y Dispersión y su símil realizada con respecto a la dinámica de crecimiento en términos acumulados y promedio) se muestran bastante similares entre sí. Tres de los sectores que mayor crecimiento presentaron en el periodo de 2003 a 2014, aparecen bajo la denominación de sectores “claves” en la metodología de Insumo Producto. Con base en los resultados obtenidos, se concluye que las actividades enfocadas a los servicios (actividades terciarias) son las más representativas para la región, concentrando estas, cuatro de las industrias catalogadas como clave para el Estado: 1.- 48-49-Transportes, correos y almacenamiento, 2.- 52-Servicios financieros y de seguros, 3.- Coporativos y 4.- 51-Información de medios masivos. Es importante mencionar que la clasificación realizada mediante los Indicadores de Arrastre y Dispersión coincide con información presentada en los censos económicos de INEGI en el mismo periodo. Específicamente, con respecto a la dinámica de crecimiento (acumulada y promedio), podemos identificar en las dos primeras posiciones al sector 51-Información de medios masivos y al sector 52-Servicios financieros y de seguros, siendo quizás estos en términos de Valor Agregado Bruto los que mejor desempeño muestran hasta el 2013 con tasas acumuladas de 160% y 118%, respectivamente. Debido a lo anterior, no cabe duda del porqué estos sectores se encuentran clasificados como “clave” en la metodología Insumo Producto. Un caso particularmente interesante es el caso del sector 3 - Corporativos, que no mostraba relevancia como sector motor de la actividad económica en el periodo de 2003 a 2013. Sin embargo, una revisión de las tasas de crecimiento promedio y acumulada de 2014 a 2018 ubican a este sector en el cuarto lugar de las industrias con el mayor crecimiento en Durango, por lo que no es coincidencia que el análisis de Insumo Producto lo catalogara como sector clave, incluso mostrando un valor de dispersión 19 veces mayor que el promedio regional. Un caso similar es el sector 48-49 - Transportes, Correos y almacenamiento que aun cuando aparece en séptimo lugar en términos de crecimiento promedio con una tasa de 3% y en décimo lugar con una tasa acumulada de 26.31%, ha mostrado un incremento considerable en su Valor Agregado Bruto de 2014 a 2018, ubicándolo en quinto lugar por debajo de 3 - Corporativos. Finalmente, el sector restante clasificado como “clave” es el sector 22 - Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, suministro de agua y de gas por ductos al consumidor final, mismo que reclama su lugar en la lista al presentar un crecimiento acumulado y promedio de 54.55% y 4.1%, respectivamente, de 2003 a 2014.

Por otro lado, es importante mencionar la sorpresa que causa observar al sector 46 - Comercio al por menor clasificado como independiente, mientras que el análisis de crecimiento en términos acumulados y promedios lo ubican dentro de los 10 sectores con mayor crecimiento a nivel regional, presentando en el periodo de 2003-2014 un crecimiento promedio de 2.7%, y posteriormente, de 2014-2018, con un crecimiento promedio de 9.92%. En este sentido, es importante recordar que la MIPR clasifica a los sectores a partir las relaciones intersectoriales en el sistema económico regional. La clasificación en este caso, muestra que 46 - Comercio al por menor tiene una relación intersectorial, tanto como oferente como demandante, por debajo del promedio. Si bien es cierto que el efecto multiplicador en este sector consecuencia de un choque de demanda



final positivo en algún otro sector se encontraría por debajo del promedio, en el caso contrario de existir una reducción de la demanda en general, los efectos negativos serían menores. Lo anterior permite considerarlo como un sector “refugio” en periodos de crisis, por su amplio crecimiento promedio y acumulado, que impulsaría el crecimiento en la región aun cuando los demás sectores presenten dificultades debido a su mayor grado de cohesión intersectorial. Este resultado es bastante interesante en fechas recientes debido a la reciente aparición del COVID19, abriendo una posible línea de investigación de la importancia de sectores catalogados como independientes y que presente un crecimiento alto y sostenible en periodos de dificultades económicas, como el caso del sector 46 - Comercio al por menor. Adicionalmente, otra aportación de la investigación que vale la pena mencionar, es que a partir de la comparación de las dos medidas (tasas de crecimiento promedio contra el crecimiento porcentual acumulado) permitió identificar cuáles son los sectores que han perdido dinamismo en su crecimiento o que por otro lado son sectores relativamente inestables con tasas de crecimiento con alta volatilidad. En estos casos podemos encontrar al sector 22 - Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, suministro de agua y de gas por ductos al consumidor final, mismo que en términos acumulados se encuentra en la tercera posición, sin embargo, en promedio se ubica en cuarto lugar indicando que posiblemente su crecimiento acumulado se haya presentado en etapas tempranas del periodo. Otro sector adicional en esta posición es el sector de la minería que en términos acumulados se ubica por debajo de generación y transmisión, mientras que en promedio no figuran dentro los 10 sectores más importantes. Un análisis más profundo indicaría que este sector cuenta con tasas de crecimiento por periodo bastante representativo, pero con una amplia dispersión erosionando el crecimiento positivo acumulado con las tasas de crecimiento negativo de similar magnitud. Además, de los sectores claves mencionados anteriormente, destacan industrias que no pertenecen a este grupo, entre ellas está 11 - Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal. Pesca y caza, que si bien no figura entre los sectores que mostraron mayores crecimientos en el periodo 2003-2014, sí cuenta con un grado de especialización mayor al nacional, con un valor de 3.04 en los coeficientes de localización simple, lo que indica que dicha industria en Durango es 3 veces más importante con respecto a la participación del mismo sector a nivel nacional, catalogado además, como sector estratégico dentro de los resultados. El mismo argumento aplica para 23 - Construcción y 61 - Servicios educativos, definidos en el caso de la industria 23 como impulsor y el 61 como sector independiente.

Después de observar que la clasificación realizada con la Matriz de Insumo Producto Regional coincide con la descripción de los sectores más importante según los censos económicos de INEGI, se plantea como futuras investigación el análisis de políticas publicas especificas del estado y observar su impacto sobre la estructura interindustrial. Otra posible línea de investigación derivada del presente trabajo, podría incluir la optimización de la distribución de los recursos en los diferentes sectores de actividad económica en función de sus aportaciones al Producto Total. Es importante señalar que ya se ha comenzado a experimentar en cuestión de la segunda línea con una metodología hibrida entre Matriz Insumo Producto Nacional y la teoría de portafolios moderna.

## Referencias

- [1] Acolt, R. G., Flores, M. D., y Medina, F. D. J. S. L. (2010). Identificación de sectores estratégicos en la economía de Aguascalientes. *Investigación y Ciencia*, 18(49), 40-47. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=674/67415178007>
- [2] Albornoz, L., García-Rojas, H. G., y Adrián, D. (2014). La vulnerabilidad de la economía yucateca ante limitaciones en la disponibilidad de agua subterránea. Un enfoque de insumo producto. *Ensayos Revista de Economía (Ensayos Journal of Economics)*, 33(2), 77-104. <http://ensayos.uanl.mx/index.php/ensayos/article/view/27>
- [3] Beltrán Jaimes, L. D., Cardenete Flóres, M. A., Delgado López, M. D. C., y Núñez Rodríguez, G. (2016). Análisis estructural de la economía mexicana para el año 2008. *Ensayos. Revista de economía*, 35(1), 1-38. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2448-84022016000100001&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2448-84022016000100001&script=sci_arttext)
- [4] Bonfiglio, A., y Chelli, F. (2008). Assessing the behaviour of non-survey methods for constructing regional input-output tables through a Monte Carlo simulation. *Economic Systems Research*, 20(3), 243-258. <https://doi.org/10.1080/09535310802344315>
- [5] Boundi Chraki, F. (2016). Análisis input-output de encadenamientos productivos y sectores clave en la economía mexicana. *Revista Finanzas y Política Económica*, 8(1), 55-81. <https://doi.org/10.14718/revfinanzpolitecon.2016.8.1.4>
- [6] Cardona Reséndiz, G. A., Cardenete Flores, M. A., y Martínez García, C. I. (2018). Estructura Económica Mexicana: Sectores Claves, Estratégicos, Impulsores e Independientes 2012. *Revista de Economía, Facultad de Economía, Universidad Autónoma de Yucatán*. <https://doi.org/10.33937/reveco.2018.90>
- [7] Chenery, H. B., y Watanabe, T. (1958). International Comparisons of the Structure of Production. *Econometrica*. <https://doi.org/10.2307/1907514>
- [8] Czamanski, S., y Malizia, E. E. (1969). Applicability and limitations in the use of national input-output tables for regional studies. *Papers in regional science*, 23(1), 65-78. <https://doi.org/10.1007/BF01941873>
- [9] Dávila Flores, A., y Valdés Ibarra, M. (2013). Jalisco: Modelos de producción de insumo producto. Años 2003 y 2008. *EconoQuantum*, 10(2), 100-133. <https://doi.org/10.18381/eq.v10i2.164>
- [10] Eskelinen, H., y Suorsa, M. (1980). A note on estimating interindustry flows. *Journal of Regional Science*, 20(2), 261-266. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9787.1980.tb00644.x>
- [11] Flegg, A. T., y Webber, C. D. (1997). On the Appropriate Use of Location Quotients in Generating Regional Input-Output Tables: Reply. *Regional Studies*. <https://doi.org/10.1080/713693401>
- [12] Flegg, A. T., Webber, C. D., y Elliott, M. V. (1995). On the Appropriate Use of Location Quotients in Generating Regional Input—Output Tables. *Regional Studies*, 29(6), 547-561. <https://doi.org/10.1080/00343409512331349173>
- [13] Flegg, Anthony T., y Tohmo, T. (2013). Regional Input-Output Tables and the FLQ Formula: A Case Study of Finland. *Regional Studies*, 47(5), 703-721. <https://doi.org/10.1080/00343404.2011.592138>
- [14] Flegg, Anthony T., y Tohmo, T. (2016). Estimating Regional Input Coefficients and Multipliers: The Use of FLQ is Not a Gamble. *Regional Studies*, 50(2), 310-325. <https://doi.org/10.1080/00343404.2014.901499>
- [15] Fuentes, N. A. (2005). Construcción de una matriz regional de insumo-producto. *Problemas del desarrollo*, 36(140), 90-112. <https://doi.org/10.22201/iiec.20078951e.2005.140.7562>
- [16] Fuentes, N. A. A., Brugués, A., y González König, G. (2015). Modelo insumo producto regional dinámico. *Revista de Economía, Facultad de Economía, Universidad Autónoma de Yucatán*, 32(84), 79. <https://doi.org/10.33937/reveco.2015.54>

- [17] Fuentes, N. A., y Durán, C. R. (2010). El impacto económico de la administración pública en el distrito federal. Problemas del Desarrollo. *Revista Latinoamericana de Economía*, 41, 157-185. <http://dx.doi.org/10.22201/ieec.20078951e.2010.160.16546>.
- [18] Hirschman, Albert Otto. (1958). The strategy of economic development. New Haven, Conn: Yale Univ. Press. ISBN 0-300-00117-7. OCLC 265036663
- [19] Isard, W. (1951). Interregional and regional input-output analysis: a model of a space-economy. *The review of Economics and Statistics*, 33(4), 318-328. <https://doi.org/10.2307/1926459>
- [20] Jahn, M., Flegg, A. T., y Tohmo, T. (2020). Testing and implementing a new approach to estimating interregional output multipliers using input-output data for South Korean regions. *Spatial Economic Analysis*, 1-21. <https://doi.org/10.1080/17421772.2020.1720918>
- [21] Kowalewski, J. (2015). Regionalization of National Input-Output Tables: Empirical Evidence on the Use of the FLQ Formula. *Regional Studies*, 49(2), 240-250. <https://doi.org/10.1080/00343404.2013.766318>
- [22] Lamonica, G. R., y Chelli, F. M. (2018). The performance of non-survey techniques for constructing sub-territorial input-output tables. *Papers in Regional Science*, 97(4), 1169-1202. <https://doi.org/10.1111/pirs.12297>
- [23] Leontief, W. (1941). The Structure of the United States Economy, 1919-1939. Harvard UP, Cambridge, Mass. <https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-economic-history/article/abs/structure-of-the-american-economy-19191929-by-wassily-w-leontief-cambridge-harvard-university-press-1941-pp-xi-181-250/20B408C24833BC9443B8E0D51B643141>
- [24] Leontief, W. (1955). Some basic problems of empirical input-output analysis. In Input-Output Analysis: An Appraisal (pp. 9-52). Princeton University Press. <http://www.nber.org/chapters/c2864.pdf>
- [25] Mendoza-Sánchez, M. A. (2019). Construcción del marco insumo producto de Sonora 2013. *Estudios Sociales. Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, 29(53), 1-44. <https://doi.org/10.24836/es.v29i53.690>
- [26] Miller, R. E., y Blair, P. D. (2009). Input-output analysis: foundations and extensions. Cambridge university press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511626982>
- [27] Rasmussen, P. N. (1957). Studies in Inter-Sectoral Relations. *Revue Économique*. <https://doi.org/10.2307/3498675>
- [28] Schaffer, W. A., y Chu, K. (1969). Nonsurvey techniques for constructing regional interindustry models. *Papers of the Regional Science Association* (Vol. 23, No. 1, pp. 83-101). Springer-Verlag. <https://doi.org/10.1007/BF01941876>
- [29] Schuschny, A. R. (2005). *Tópicos sobre el Modelo de Insumo-Producto: teoría y aplicaciones* División de Estadística y Proyecciones Económicas. [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/4737/1/S0501011\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/4737/1/S0501011_es.pdf)
- [30] Torre Cepeda, L. E., Alvarado Ruiz, J. A., y Quiroga Treviño, M. (2017). Matrices insumo-producto regionales: Una aplicación al sector automotriz en México (No. 2017-12). Working Papers. <https://doi.org/10.36095/banxico/di.2017.12>
- [31] Urrutia, M. E. S., Castañeda, F. E. M., García, J. A. E., y Rodríguez, G. B. (2017). Contribución del sector pecuario a la economía mexicana. Un análisis desde la Matriz Insumo Producto. *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias*, 8(1), 31-41. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v8i1.4308>

## Inclusión financiera en jóvenes universitarios en México, 2017-2018

**Gustavo León Cuanalo**<sup>1</sup> - Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México

**Ariadna Hernández Rivera**<sup>2</sup> - Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México

**Gonzalo Haro Álvarez**<sup>3</sup> - Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México

### Resumen

En México existen programas para el acceso a Servicios y Productos Financieros en diferentes grupos poblacionales, sin embargo, los Jóvenes Universitarios de las áreas económico-administrativas tienen una Inclusión Financiera precaria, a pesar de que ellos cuentan con capacitación e instrucción en su formación académica para participar en el mercado financiero. La presente investigación pretende ser un nuevo aporte en el tema, ya que se analizó a los estudiantes de doce universidades, de las cinco zonas metropolitanas con mayor concentración poblacional de México, con el objetivo de estimar los niveles y factores que limitan o promueven la inclusión financiera. Utilizando el Modelo Scoring, basado en técnicas estadísticas y econométricas; obteniendo las desigualdades que existen entre Estados y Zonas. Se sugieren a las instituciones de educación superior, adaptar los planes de estudio a esquemas prácticos para el día con día; ya que una mayor inclusión implica una puerta de acceso a diferentes transacciones económicas. Entre las conclusiones a destacar: se encuentra que, los lugares con mayor desarrollo económico son más factibles a estar incluidos financieramente.

*Clasificación JEL: A22, D14, G2, G53, I23.*

*Palabras clave: Inclusión Financiera, Educación Financiera, Jóvenes Universitarios, Mercado Financiero; Servicios y Productos Financieros.*

## Financial Inclusion in Bachelor Students in Mexico, 2017-2018

### Abstract

In Mexico there are programs for access to Financial Services and Products in different population groups, however. Bachelor students from economic-administrative areas have a precarious Financial Inclusion, even though they have training and instruction in their academic training to participate in the financial market. This research aims to be a new contribution on the subject, since students from twelve universities, from the five metropolitan areas with the highest population concentration in Mexico, were analyzed, with the aim of estimating the levels and factors that limit or promote inclusion financial Through the Scoring Model, based on statistical and econometric techniques; obtaining the inequalities that exist between States and Zones. Higher education institutions are suggested to adapt the study plans to practical schemes for the day to day, since greater inclusion implies a gateway to different economic transactions. Among the conclusions to be highlighted: it is found that the places with the greatest economic development are more likely to be included financially.

*JEL Classification: C61, C63, G12, G17, G14.*

*Keywords: Bachelor students, Financial inclusion, Financial market, Financial education, Financial products and services.*

<sup>1</sup> Autor de correspondencia. Boulevard 22 Sur, Cd Universitaria, Col. San Manuel. C.P. 72592 Puebla, Pue. Tel. 52 222 229 5500 ext. 7800. Correo electrónico: [lecg994@gmail.com](mailto:lecg994@gmail.com); <https://orcid.org/0000-0003-2619-6374>

<sup>2</sup> Correo electrónico: [ary\\_hr@yahoo.com.mx](mailto:ary_hr@yahoo.com.mx); ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2377-145X>

<sup>3</sup> Correo electrónico: [gonzalo.haro@correo.buap.mx](mailto:gonzalo.haro@correo.buap.mx); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8440-5966>

\*Sin fuente de financiamiento para el desarrollo de la investigación



## 1. Introducción

La falta de inclusión financiera es resultado de diversos factores y circunstancias, como; la situación económica, el nivel educativo, género, área geográfica, edad, grado de desarrollo, desigualdad social entre otros. En México, la exclusión es un problema frecuente en gran parte del país, se da en cualquier condición social, inclusive dentro de las zonas urbanas y metropolitanas, estando presente en los diferentes segmentos de la población, como jóvenes universitarios, adultos mayores, personas con un ingreso salarial bajo, etc.

Datos del Banco Mundial (2018), muestran que alrededor de 2.5 mil millones de individuos en el mundo, viven destituidos del sistema financiero. Este número se encuentra en las localidades más vulnerables, que residen en comunidades rurales y países en desarrollo. Es necesario reconocer que, pese a los esfuerzos de organismos internacionales, gobiernos y bancos centrales interesados en el tema del acceso y uso de los servicios financieros, la generación de datos e indicadores basados en encuestas sobre inclusión financiera se encuentra limitada a un grupo reducido de países (Banco Interamericano de Desarrollo, 2015).

Por otro lado, existe una parte de la población que ha sido instruida en las Universidades en las áreas económico-administrativas, sin embargo, a pesar de ello, los estudiantes no han conseguido aterrizar los conceptos teóricos a la práctica, como lo demuestran los estudios de Hernández-Rivera (2019; y 2020); Hernández-Rivera y Rendón (2021a); así como Osorno y Hernández-Rivera (2021b). Estas investigaciones exponen que los jóvenes aún no logran incluirse financieramente en el sistema, a pesar de que han tenido capacitación formal en estas temáticas. En este trabajo, se propone un Modelo Scoring para estimar la categorización de la inclusión financiera en los diferentes estados y zonas metropolitanas del país; con el objetivo de explicar la construcción de un modelo mediante análisis estadístico y econométrico similar al elaborado por Ochoa, Galeano, Agudelo (2010); y Rayo, Lara, Camino (2010).

Por ello, es necesario estudiar la inclusión financiera, debido a que es un aspecto fundamental para construir un país que necesita mejores condiciones para forjar un mayor desarrollo, equitativo y acciones muy concretas para el bienestar de la población en general, considerando como un sector importante a las nuevas generaciones en los ámbitos de competencia e innovación tecnológica (Hernández-Rivera, 2020).

Existen varios estudios que reflejan la falta de inclusión financiera, capacidades, conocimientos, comportamientos y otras variables (Peña, Hoyo y Tuesta, 2014; Cámara, Peña y Tuesta, 2013; Índice de Inclusión Financiera Citibanamex, 2019), adicionalmente se encuentran diversos reportes que muestran la situación actual de México como la Encuesta Nacional de Inclusión Financiera (2018); Boletín de Inclusión Financiera (CNBV, 2019); El Ahorro en México: Productos, Instrumentos y Evolución (CNBV, 2021), entre otros.

Sin embargo, en México no se encontró un estudio sobre Inclusión Financiera que reuniera a una muestra de estudiantes universitarios de áreas económico-administrativas de zonas metropolitanas, por lo que esta investigación pretende ser pionera en este tipo de análisis que se enfocan en grupos específicos de jóvenes que tienen conocimientos teóricos, pero no necesariamente prácticos y que muchos de ellos, aún no comprenden el funcionamiento, costos-beneficios, riesgos, etcétera de los servicios y productos financieros disponibles en el mercado.

Según datos de la Encuesta Nacional de la Dinámica Demográfica (ENADID, 2018), los jóvenes representan el 24.6% de la población joven; es decir hay 30.7 millones de personas que oscilan entre los 15 y 29 de edad. Para el presente estudio, se pretende alcanzar una aproximación sobre el nivel de inclusión financiera de los jóvenes universitarios de las cinco zonas metropolitanas más pobladas en México (SEGOB, SEDATU, CONAPO e INEGI, 2018): 1. Valle de México; 2. Guadalajara; 3. Monterrey; 4. Puebla – Tlaxcala; y 5. Toluca, que representan el 45% de la población estudiantil (1'894,616), según datos de la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES, 2020).

## 2. Revisión de la literatura.

La inclusión financiera se define como el acceso y uso de servicios financieros formales que están disponibles en el mercado, bajo una adecuada supervisión, con la finalidad de mejorar las capacidades de todas las personas y empresas, tomando en cuenta cuatro pilares fundamentales: acceso, uso, protección al consumidor y educación financiera (Consejo Nacional de Inclusión Financiera, CONAIF, 2016).

La inclusión financiera logra que los países puedan tener expectativas de una competencia en el mercado financiero, accediendo a los establecimientos mercantiles y no mercantiles, ofrecer y prestar servicios, logrando tanto la cobertura como el acceso a más usuarios (Banco Mundial, 2018; y CONEVAL, 2019). Para ampliar el alcance del sistema financiero, se requiere de la iniciativa pública y privada, que incluya la relación entre los ofertantes (instituciones financieras) y los demandantes (sociedad, hogares, pequeñas y medianas empresas); dependiendo de sus necesidades (CEPAL, 2018).

La relación entre inclusión y educación puede equilibrar el sistema financiero de un país, al ampliar la base de usuarios (CEMLA, 2014). Sin embargo, la educación financiera demanda la intervención de los agentes implicados: gobierno, sociedad e instituciones en conjunto, para ejercer su uso y funcionamiento (Home, 2016).

La inclusión financiera de un país se puede considerar un elemento esencial que propicia el desarrollo económico, tanto a nivel nacional como de manera individual e incluso puede contribuir a una mayor solvencia de los mercados financieros (CEPAL, 2018). Lo anterior permite a las personas tomar mejores decisiones con respecto a sus finanzas y mejorar su nivel de vida (Rivera y Bernal, 2018).

El acceso a servicios y productos financieros permite que tanto sujetos, como sociedades: vigilen, gestionen o aumenten su dominio, para poder efectuar eficientes actividades comerciales, tomar disposiciones de ahorro y capitalizar sus regímenes de consumo e inversión (Sánchez, 2013; Ley de Ahorro y Crédito Popular, 10/01/2014). Esto fomenta el incremento para el uso y el acceso a estos servicios y productos con la finalidad de que impacten positivamente en los ingresos de los hogares (Guízar, González-Vega y Miranda, 2015).

Li, Espinosa, Cárdenas & Serrano (2018), coinciden que existe un bajo uso de servicios y productos financieros formales en México; únicamente el 31% de la población total, posee una tarjeta de crédito, 25% un seguro y 40% una cuenta de ahorro para el retiro. Lo que significa que el resto de los agentes económicos, se hallan excluidos, al no contar con ninguno de estos servicios mencionados.

En los últimos años se ha suscitado un mayor interés en la inclusión financiera (Schröder, 2017), una persona que no se inmerge al mercado financiero, es difícil que entienda, lo que este tiene para ofrecerle. En todo momento se toman decisiones relacionadas con la seguridad económica, como: pensiones, hipotecas, tarjetas de crédito, la compra de un auto, de una casa, entre otros, por ello, se debe estar dentro del sistema financiero, así como invertir en educación para elegir de manera consciente (Hernández-Rivera, 2019 y 2020).

Varios autores como Sarma y País (2010), Lusardi (2011), Racanélo (2014) Villagómez (2016), y Hernández-Rivera (2019), concuerdan que la inclusión a los mercados financieros se torna más compleja para los individuos que no están lo suficientemente preparados para tomar decisiones acertadas. Debido a la falta de conocimientos sobre conceptos en materia de educación financiera por parte de la población provoca menor uso de Productos y Servicios Financiero (Rivera y Bernal, 2018).

Esta inclusión al Mercado Financiero ayuda a mejorar los ingresos de los usuarios, así como también propicia: mayores oportunidades a través de la educación financiera; aumento del gasto; esquemas de consumo, bienestar y entretenimiento (Klapper & Hess, 2016). Lo que permite desarrollar habilidades para la vida diaria, como son: el presupuestar los gastos, elegir adecuadamente una tarjeta de crédito, contratar algún seguro (automotriz, gastos médicos, hogar), contar con un fondo de emergencia y ahorrar para el retiro (Hernández, 2014).

Pero esta inclusión a los mercados financieros, a pesar de estar más presentes en las zonas urbanas y metropolitanas de México, no logra cubrir a toda la población que habita estas regiones, dejando fuera principalmente a los jóvenes, quienes representan un 31% de la población total del país: es decir, casi la tercera parte del total de habitantes de México (IMJUVE, 2020). Esta exclusión trae como consecuencia bajos niveles de bancarización en la población estudiantil, pero a su vez se plantea el desafío de incrementar la oferta de servicios y productos financieros hacia este nuevo mercado que son los jóvenes universitarios, fomentando procesos de digitalización para facilitar sus operaciones financieras (Reyna, 2020).

Como lo explican Vargas y Reyes (2019), la tecnología es una herramienta que permite a los jóvenes interactuar fácilmente con el mercado financiero. La banca en línea es la más común, porque ellos tienen acceso a un dispositivo móvil, y les es posible realizar sus transacciones bancarias más rápido, fácil y eficazmente (Escalera, Tejada y García, 2017; y Osorno y Hernández-Rivera, 2021), teniendo como factor importante la funcionalidad y transparencia del sistema financiero, para que las sociedades bancarias oferten mejores opciones de financiamiento a los individuos (Lecuona, 2017).

El uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC's), generan que cada vez más jóvenes se encuentren inmersos en el sistema financiero (Calderón, Carvajal, Leiva; 2014). Estas tecnologías contribuyen a mejorar el acceso al mercado financiero, por ello, en México se ha tratado de regular a los establecimientos de tecnología aplicada a las Finanzas, a través de Ley Fintech (DOF, 09/03/2018), que tiene el objetivo de acompañar el proceso de innovación tecnológica, así como el desarrollo del mercado financiero.

Derivado de lo anterior, el crecimiento del sector financiero a consecuencia de la participación de los jóvenes universitarios denota un aumento en la innovación de los servicios y productos financieros (por ejemplo, el uso de las Fintech), propiciando que se expanda su uso para

poder llegar a más sectores o grupos poblacionales (Díaz, 2020). Los jóvenes son los más beneficiados, ya que ellos son los principales consumidores de estas tecnologías. Peterson (2018) argumenta que las finanzas digitales tienen algunos beneficios: pueden conducir a una mayor inclusión financiera, la expansión de los servicios financieros a los sectores no financieros y la extensión de los servicios básicos a las personas, ya que casi el 50% de los jóvenes a nivel mundial poseen un teléfono móvil.

Autores como Lusardi y Mitchel (2011), plantean que, el conocimiento financiero es fundamental para los individuos en la edad productiva (adolescentes y jóvenes), porque permite tener una mayor conciencia, que ayuda a una mejor administración de los recursos, participando en inversiones y el ahorro para el futuro. Algunos de los contrastes más significativos en la enseñanza para los jóvenes a partir de los 15 años, indican que no a todos se les ofrece la misma oportunidad de desarrollar su educación financiera (Hernández-Rivera, 2020), con el único fin de lograr que los jóvenes universitarios comprendan el impacto de sus decisiones financieras (Zapata, Cabrera, Hernández, y Martínez, 2016).

Por su parte, la CNBV en México, en colaboración con el INEGI, efectuaron la tercera Encuesta Nacional de Inclusión Financiera (ENIF, 2018) aplicada a toda la población en general. Con la finalidad de observar las adversidades que afronta la población para integrarse al sistema financiero, crear información estadística y guías para diseñar políticas gubernamentales e instaurar términos en materia de inclusión financiera.

Así mismo el Índice de Inclusión Financiera de Citibanamex (2019), muestra los alcances y avances de la población total a nivel estatal y municipal en México, haciendo énfasis en los indicadores de inclusión, permitiendo contrastar progresos de un año a otro. También identifica cuáles son las entidades federativas y municipios con mayor inclusión, diferencia las zonas donde los avances son más notables sobre aquellas donde existe el rezago y la exclusión.

El porcentaje de adultos con una cuenta bancaria o un crédito en una institución bancaria formal oscila entre el 44% y 58% (CONAIF, 2016), sin embargo, estos productos financieros no están enfocados exclusivamente en los jóvenes, por tanto, deben ser visibilizados como sector relevante. Escalera, Tejada, y García (2017) argumentan que deben ser considerados financieramente para desarrollar el conocimiento y tomar decisiones inteligentes a través de la educación financiera.

Es por ello por lo que un sistema financiero inclusivo se ha convertido en una prioridad política en muchos países. Iniciativas para disminuir la exclusión han venido de los reguladores financieros, gobiernos y las industrias bancarias. En algunos países se iniciaron medidas legislativas como en Francia con la ley de exclusión, que enfatizó el derecho de una persona a tener una cuenta bancaria de ahorro (Sarma y Pais, 2010). Rincón (2019) infiere que las cuentas de ahorro se derivan de la combinación entre baja inflación y alto crecimiento económico, en un contexto macroeconómico (Guimaraes, 2020).

Las cuentas de ahorro son el servicio financiero más utilizado por los jóvenes universitarios, lo que les permite estar incluidos de forma directa o indirecta con alguna institución bancaria formal, esto trae consigo beneficios desde una perspectiva macroeconómica como las altas tasas de participación en el mercado financiero, así lo explican autores como Arango y Cardona (2019), y Bermeo et al (2019).

Morales (2019), plantea que los jóvenes que empiezan a laborar durante su vida universitaria deben estar más capacitados, no solo académicamente sino también financieramente. Los



estudiantes durante su preparación universitaria empiezan a ser independientes, lo que implica que deben estar protegidos, por ello una pieza fundamental para la protección son los “seguros” que ofrecen las instituciones financieras.

Por ejemplo, los seguros de gastos médicos amparan a los jóvenes por cualquier causa o imprevisto, transferir una parte o la totalidad del riesgo a una entidad a cambio de una prima, es una estrategia de protección y respaldo que le puede ayudar a tener una mayor estabilidad financiera (Argüello, 2018). Asimismo, un seguro de hogar se hace cuando un universitario es consciente de los riesgos a los que se está expuesto diariamente, sin embargo, poco se tiene en cuenta que el tiempo es un factor que también juega un papel muy importante (Fajardo, Camilla, Uribe y Paipa, 2018)

También hay que considerar los seguros educativos, especialmente durante la vida universitaria ya que son una alternativa para hacer frente a los gastos y eventualidades. Se trata de un producto financiero en el que se paga una prima o cantidad mensual, trimestral, semestral o anual (CONDUSEF, 2019 b).

Adicionalmente el Banco de España (2011) aconseja a toda la población, acumular un fondo de emergencia equivalente a tres y seis meses de gastos normales, es decir, lo suficiente para pagar la hipoteca o el alquiler y la cuota de los demás préstamos, comida, luz, seguros, colegios, etc. durante ese periodo.

Considerando que los universitarios también adquieren medios de transporte como el automóvil, el seguro de auto es usado para dar el soporte y la atención debida en el menor tiempo posible a los jóvenes ante cualquier siniestro o percance vehicular, al ocurrir un accidente de cualquier gravedad (Vera, 2019).

Además, se debe tener una AFORE (Ahorro de Fondo para el Retiro) que es un instrumento que le permite a los jóvenes cumplir con uno de sus objetivos primordiales, contar con recursos suficientes en el momento de su retiro laboral, esperando que en su vejez sea una etapa plena en donde se dediquen a efectuar proyectos personales como viajar, realizar alguna actividad de esparcimiento o simplemente descansar (Ordaz, Pacheco, Guillén y Gutiérrez, 2019).

Estos estudios y acciones señalados anteriormente se han visto reflejadas de forma positiva en un aumento de la inclusión financiera. Las instituciones financieras que ofrecen servicios también han aumentado, al igual que los puntos de acceso.

### **3. Inclusión Financiera en los Jóvenes Universitarios en México.**

México se ha convertido en un caso interesante para estudiar la inclusión financiera, ya que cuenta con trayectoria en su evolución regulatoria, así como las instituciones financieras y los servicios ofertados a los distintos sectores de la población con bajos ingresos (Villacorta y Reyes, 2012). El Gobierno Mexicano, ha estado promoviendo la educación financiera a través de programas sociales, con la finalidad de desarrollar un sistema financiero equilibrado y equitativo (CONAIF, 2017).

El Informe de Competitividad Global 2018 del Foro Económico Mundial, señaló que el sistema financiero mexicano ha mejorado, logrando posicionarse en el lugar 61, de 140 países analizados (RNIF, 2018) destacando que, en 2017, el 97.8% de la población adulta reside en una zona geográfica con al menos un punto de acceso para depósitos y retiros.

La Comisión Nacional Bancaria y de Valores (CNVB, 2016), explicó que el acceso y uso de los servicios y productos financieros, están regulados por Órganos Gubernamentales a través del Banco de México (BANXICO, 2018), cuya finalidad se enfoca en garantizar la protección y defensa del consumidor, promoviendo las capacidades económicas de los diferentes tipos de segmentos de la población para poder lograr cobertura en inclusión y desarrollo del sistema financiero del país.

Los servicios y productos financieros cada vez son más numerosos y complejos; lamentablemente ciertos sectores los utilizan de manera incorrecta e inadecuada, siendo algunas personas rezagadas por la falta de conocimiento. De acuerdo con la Oficina de Información Científica y Tecnológica para el Congreso de la Unión (INCYTU, 2018), en México, el 30% de sus habitantes posee nociones básicas de educación financiera, en contraste con otras naciones como: Noruega, Dinamarca y Suecia (los tres países con 71%); Reino Unido (67%) y Canadá (68%).

Por su parte, el bajo nivel de ingresos de los jóvenes en México obliga a los universitarios a realizar un doble rol en la sociedad (estudiar y trabajar), integrado el ámbito académico con el laboral, con el propósito de conseguir los recursos necesarios para sustentarse (Osorno y Hernández-Rivera, 2021). Sin embargo, a pesar de que muchos de ellos, tienen un ingreso, aún no han logrado incorporarse al Sistema Financiero.

Son diversos los factores que excluyen a la población joven en México del acceso a servicios y productos financieros, debido a que regularmente durante esta etapa no cuentan con ingresos fijos y casi siempre hay dependencia económica de los padres. De acuerdo con la Procuraduría Federal del Consumidor (PROFECO, 2017), existen jóvenes que ya toman sus propias decisiones financieras; aunque algunos con problemáticas o limitantes diversas como: a) la insuficiente búsqueda de información, b) Las restricciones de los bancos comerciales que limitan sus servicios y productos financieros por falta de ingresos, y c) Reformas o Leyes que regulan el mercado financiero, que aún no son incluyentes.

Aunado a esto, Salazar, Rodríguez y Jaramillo (2017); resaltan la importancia e interés de la inclusión financiera en un contexto social, como medio para acceder a una mejor calidad de vida. Por ello se han realizado diversas acciones para promover la inclusión y educación financiera a través de programas que coadyuven a la integración de los jóvenes al sistema financiero mexicano. Por ejemplo, el Programa Nacional de Juventud 2014-2018 (DOF, 30/04/2014), del Instituto Mexicano de la Juventud (IMJUVE), que ha contribuido al fomento para la educación de los jóvenes, con la finalidad de que ellos tomen decisiones responsables para no endeudarse, así como crear y fortalecer un patrimonio propio.

En México como lo explica Ceballos y Santiago (2019), existe una acelerada expansión de algunos servicios financieros mediante procesos como la bancarización inducida o la misma dinámica de mercado de servicios como las tarjetas de crédito. La inclusión financiera podría ser una estrategia de desarrollo con notoriedad a nivel nacional desde la perspectiva de política pública, económica y financiera.

Por otra parte, en la administración del presidente Andrés Manuel López Obrador (AMLO, 2018 - 2024), se estima que el Programa "Jóvenes Construyendo el Futuro" permitirá la inclusión de más de 900 mil individuos, en un rango de 18 - 29 años, que podrán ser bancarizados para recibir su beca mensual de manera directa, a través la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS, 2019). Esta es una acción, podría promover el desarrollo de las finanzas personales de los jóvenes.

Asimismo, las Instituciones Bancarias Privadas en México como: Banco Santander, CITI Banamex y Banco Azteca, han abierto su mercado a sectores de la población que antes no tenían contemplados, por ejemplo, los jóvenes universitarios. La oferta de servicios y productos financieros ha crecido en este segmento que concentra a los universitarios, quienes inician su vida laboral e historial crediticio (CONDUSEF, 2018). Con el principal objetivo de incluirlos a nuevas modalidades de crédito, para adquirir diferentes bienes o servicios: auto, casa, etc.

El Gobierno de México a través de Banxico (2019) implementó CoDI (Forma de Cobro Digital), que tiene un conjunto de códigos QR y NFC (Código de barras bidimensional cuadrado), para facilitar que tanto negocios como beneficiarios, logren ejecutar oportunidades de compra / venta sin dinero en efectivo. Las instituciones participantes del Sistema de Pagos Electrónicos Interbancarios (SPEI), los comercios electrónicos, proveedores de servicios, serán parte de esta nueva forma de pago. Entre los beneficiados de esta nueva modalidad se encuentran los adolescentes y jóvenes, quienes están inmersos con los avances y usos de las Nuevas Tecnologías (CONDUSEF, 2019).

Por su parte, el Banco de México (2020) presentó una iniciativa para que los menores de edad puedan abrir cuentas bancarias para incluirse al sistema financiero, así como fomentar el ahorro sin necesidad de un tercero o representante, con la finalidad de recibir recursos derivados de programas gubernamentales y transferencias electrónicas. Lo que permitirá evitar el mal uso de estas cuentas de ahorro, así como verificar la legalidad y autenticidad de los fondos respectivos.

Por estas razones, la investigación busca medir y analizar los niveles de inclusión financiera en los jóvenes universitarios que cursan alguna licenciatura de áreas económico-administrativas en las principales zonas metropolitanas de México, quienes se suponen deberían estar más preparados académicamente en estos temas, lo cual se pretende demostrar si esta condición se cumple o no.

## **4. Metodología**

### **4.1 Selección de la muestra**

El estudio corresponde a una muestra de 3,600 estudiantes, de áreas Económica-administrativas de Instituciones de Educación Superior Públicas y Privadas, de los cuales 51% son hombres y 49% son mujeres, que oscilan en el rango de edad, entre los 17 – 25 años. El instrumento se aplicó entre los años 2017-2018 en los estados que pertenecen a las cinco primeras Zonas Metropolitanas (ZM) de México: 1. Valle de México (VM); 2. Guadalajara; 3. Monterrey; 4. Puebla – Tlaxcala; y 5. Toluca. La Tabla 1, muestra los estudiantes por estado que fueron considerados en el estudio.

**Tabla 1.** Estudiantes encuestados por Entidad Federativa.

Zona Metropolitana	Entidad Federativa	Estudiantes	Porcentaje
1. Valle de México	Ciudad de México	471,696	25%
2. Guadalajara	Jalisco	255,630	13%
3. Monterrey	Nuevo León	211,676	11%
4. Puebla – Tlaxcala	Puebla	264,196	14%
	Tlaxcala	34,484	2%
5. Toluca	Estado de México	659,069	35%

Fuente: Elaboración propia con base en trabajo de campo.

Para que la muestra fuese representativa, se consideró un nivel de confianza del 95% con un error muestral deseado del 1.6319%, misma que arrojó una  $n = 3,600$ . El muestreo utilizado fue en primera instancia por estratificado y seguido conglomerado.

Se seleccionaron a las mejores universidades con la finalidad de encontrar estudiantes que tuviesen una mayor instrucción académica en Educación e Inclusión Financiera. En primera instancia se seleccionaron las primeras 50 posiciones de las Universidades que se encontraban entre las mejores rankeadas (ver tabla 2), de acuerdo con la revista América Economía (2018). Posteriormente se enviaron solicitudes de aplicación de la encuesta a las instituciones, y se llevó a cabo el proceso únicamente en las Facultades, Institutos o Departamentos que permitieron ser evaluados.

**Tabla 2.** Mejores Universidades de México 2018.

Institución	Revista América Economía 2018
Universidad Nacional Autónoma de México UNAM Facultad de Estudios Superiores Aragón Facultad de Estudios Superiores Acatlán	1
Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey ITESM Campus Monterrey	2
Instituto Politécnico Nacional IPN	3
Universidad Autónoma Metropolitana UAM	4
Universidad de Guadalajara UDG	5
Universidad Autónoma de Nuevo León UANL	6
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla BUAP	9
Universidad Iberoamericana IBERO	11
Universidad Autónoma del Estado de México UAEMEX	18
Universidad de Monterrey UDEM	21
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla UPAEP	23
Universidad Autónoma de Tlaxcala UATX	46

Fuente: Elaboración propia con datos de América Economía (2018).

El método de recolección fue la encuesta, teniendo por instrumento el cuestionario, que contempló 36 indicadores en escala dicotómica, ordinal, nominal y likert (los cuales por la naturaleza de la pregunta se categorizaron de forma descendente, llevando a obtener una cifra, la cual se utiliza

a favor de la inclusión financiera.) sustentadas en literatura relacionada con la temática y la observación de evidencias.

Para la construcción del instrumento se consideraron las variables más representativas de acuerdo con diversos autores (Lusardi; 2011, Racanélo y Herrera; 2014, Villagómez; 2016, BANXICO; 2018) con la finalidad de obtener el nivel de inclusión financiera de los jóvenes universitarios.

Esta técnica es ampliamente utilizada como procedimiento de investigación, ya que permite obtener y elaborar datos de modo rápido y eficaz a comparación de otros. En el ámbito económico, financiero y educativo, son muy numerosas las investigaciones realizadas utilizando esta técnica, como queda demostrado en los censos poblacionales y económicos realizados por el INEGI (2018), encuestas de inclusión financiera por CNBV (2018).

## 4.2 El modelo propuesto

El Modelo Scoring, trata de obtener a partir la relación existente entre diversas variables que definen tanto al solicitante como a la operación, una regla general que permita determinar, con rapidez y fiabilidad, la probabilidad de fallido de una determinada solicitud (Ratner, 2012). Con este análisis se obtiene el puntaje de inclusión financiera (por individuo) entre zonas metropolitanas y estados a partir de la siguiente expresión:

$$\text{Scoring Inclusión Financiera (IF)} = \alpha + B_1HCF + B_2USPYSF + B_3HC \quad (1)$$

Donde:

*Scoring Inclusión Financiera (IF)*= La variable dependiente que se requiere explicar.

*Hábitos y comportamientos financieros (HCF)* = La variable que engloba los hábitos y comportamientos financieros de los estudiantes.

*Uso de productos y servicios financieros (USPYSF)* = La variable que engloba el uso de productos y servicios financieros de los estudiantes.

*Habilidades y conocimientos que tienen los jóvenes universitarios (HC)* = La variable que engloba las habilidades y conocimientos que tienen los jóvenes universitarios.

En la tabla 3, se exponen las variables utilizadas para la construcción del modelo, considerando los diferentes rubros que componen HCF, USPYSF y HC.

**Tabla 3.** Constructo de variables para la conformación del modelo.

HCF	USPYSF	HC
Principales acciones que realiza al recibir su ingreso	Número de cuentas bancarias de ahorro	Conocimientos de los términos y condiciones de las tarjetas de crédito
Gastos que genera frecuentemente	Ahorros	Propósitos del seguro de vida

Presupuestación de gastos	Número de tarjetas de crédito	Conocimientos del pago de impuestos en México
Frecuencia de problemas para pagar los servicios básicos	Número de veces que usa la tarjeta de crédito al mes	Pago de impuestos
Porcentaje que dirige de su ingreso al ahorro	Cantidad que paga en su tarjeta de crédito al mes	Conceptos que resultan conocidos
Tiempo que puede solventarse económicamente ante la falta del ingreso principal	Formas en las que paga sus vacaciones	Conocimientos que tiene sobre las instituciones financieras
Porcentaje que destina de su ingreso a necesidades básicas	Productos de ahorro o inversión para el retiro	Nivel de habilidad en idiomas
Pasatiempos	Servicios de protección con los que cuenta	Nivel de conocimientos en herramientas computacionales
Porcentaje que destina de su ingreso al entretenimiento	Fondo de emergencia	Problema de interés simple
Porcentaje que destina al pago de deudas	Uso de aplicaciones tecnológicas para gastar, invertir o ahorrar	Problema de Interés compuesto
Motivos por el cual adquiere deudas		Problemas de Inflación
Emoción que experimenta al momento de realizar sus compras		Problema de Riesgo
Momentos en los que compra regalos		Inversión

Fuente: Elaboración propia con base en la EFIES (Hernández-Rivera, 2020).

El modelo propuesto tuvo un Alfa de CronBach de 0.761 (ver tabla 4), que de acuerdo con la literatura el modelo tiene validación, resulta adecuado, ya que estos valores aceptables (Hernández y Barrera, 2017; Bojórquez, López, Hernández y Jiménez, 2013). Después de revisar la estadística de fiabilidad, se realizó un análisis de regresión múltiple para observar la relación e incidencia entre las variables.

**Tabla 4.** Estadística de fiabilidad.

<b>Alfa de CronBach</b>	<b>N. de elementos</b>
.761	4

Fuente: Elaboración propia con ayuda de software estadístico SPSS.

### 4.3 Análisis de Resultados

**Tabla 5.** Prueba ANOVA <sup>a</sup>.

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	Sig.
1	Regresión	339617.495	3	113205.837	.000 <sup>b</sup>
	Residuo	.000	3597	.000	
	Total	339617.495	3600		

Fuente: Elaboración propia con ayuda de software estadístico SPSS.

a. Variable dependiente: Scoring IF

b. Predictores: (Constante), HCF, HC, USPYSF

***Si el Valor  $p \leq \alpha$ : El modelo econométrico es estadísticamente significativo.***

Analizando el valor de F se puede concluir que el modelo es estadísticamente significativo, ya que la significación asintótica (Pi-Value) es menor que .05

**Tabla 6.** Coeficientes <sup>a</sup>.

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	Sig.
	B	Desv. Error	Beta	
1	(Constante)	-8.882E-14	.336	.000
	HCF	1.000	.045	.580
	USPYSF	1.000	.069	.434
	HC	1.000	.014	.447

Fuente: Elaboración propia con ayuda de software estadístico SPSS.

a. Variable dependiente: Scoring IF.

Se puede notar que el modelo econométrico es de la forma:

$$\text{Scoring inclusión financiera} = -8,8E-14 + .580HCF + .434USPYSF + .447HC$$

El coeficiente HCF es mayor a HC (.447), seguido de USPYSF (.434). Se puede señalar que, ante un aumento porcentual en los hábitos y comportamientos financieros conlleva a un mejor puntaje en inclusión financiera.

**Tabla 7.** Prueba de KMO y Bartlett.

Media Kaiser-Meyer-Olkin de adecuación de muestreo		.501
Prueba de esfericidad de Bartlett	Aprox. Chi-cuadrado	2923.969
	gl	3
	Sig.	.000

Fuente: Elaboración propia con ayuda de software estadístico SPSS.

Aplicando la prueba de Bartlett se observa que existe significancia bilateral por lo que se concluye que hay homogeneidad de las varianzas.

El siguiente cuadro categoriza el puntaje de inclusión financiera por estado, de las localidades analizadas en las 5 principales zonas metropolitanas de México. A mayor Inclusión Financiera menor Scoring (donde 1 es lo mejor y 5 es lo peor). Es decir, entre menor puntuación o Scoring mayor es el grado de inclusión financiera que tienen los Jóvenes Universitarios de las Zonas Metropolitanas consideradas en el estudio.

Tabla 8. Inclusión Financiera por Estado.

Zona Metropolitana Monterrey (Nuevo León)	Zona Metropolitana Guadalajara (Jalisco)	Zona Metropolitana Valle de México (Ciudad de México)	Zona Metropolitana Toluca (Estado de México)	Zona Metropolitana Puebla - Tlaxcala (Puebla) (Tlaxcala)	
<b>26.178563</b>	<b>29.765987</b>	<b>32.789867</b>	<b>35.346788</b>	<b>39.896743</b>	<b>41.456782</b>

Fuente: Elaboración propia con ayuda de software estadístico SPSS.

La escala likert está conformada por categorías de forma descendente, en el modelo se consideraron todas las categorías que contemplan la inclusión financiera. Los resultados del Scoring se muestran en la tabla 8, concluyendo que la Zona Metropolitana con mayor Inclusión Financiera es Monterrey en el Estado de Nuevo León, dado que presenta la menor puntuación en el Scoring. El caso opuesto es la Zona Metropolitana Puebla-Tlaxcala que presenta la mayor puntuación, es decir la menor inclusión financiera.

Esta investigación junto a otras similares (Osorno y Hernández-Rivera, 2021), coinciden que los jóvenes universitarios aún no logran incluirse de manera formal al sistema financiero, incluso en aquellas zonas donde el desarrollo bancario y los puntos de acceso están disponibles para la mayoría de la población. A través de un modelo scoring se estimó la categorización de la inclusión financiera en los diferentes estados y zonas metropolitanas de México a través de un análisis estadístico y econométrico. Basándose en diversos estudios (Ochoa, Galeano, Agudelo, 2010; Rayo, Lara y Camino 2010), se muestra al scoring como un puntaje de una expresión numérica sustentada en un análisis del nivel de datos de una muestra, que indica directamente la probabilidad de que el resultado sea favorable o no.

## 5. Conclusiones.

La investigación presentó un modelo econométrico scoring para categorizar el puntaje de inclusión financiera y sus determinantes, considerando lo siguiente: a) hábitos y comportamientos financieros, b) uso de servicios y productos financieros, así como c) habilidades y conocimientos que tienen los jóvenes universitarios. Se encontraron algunas diferencias significativas para cada caso.



Los estudiantes pertenecientes a las zonas metropolitanas con un mayor desarrollo económico como Monterrey, Guadalajara y Valle de México, en su mayoría obtuvieron las mejores categorías de inclusión, lo que se demuestra que esta población estudiantil cuenta con un mejor nivel de educación; así también mayores puntos de acceso al mercado financiero. Caso contrario a las zonas metropolitanas de Toluca y Puebla -Tlaxcala donde los niveles de inclusión no son los óptimos, así como la falta de educación financiera y puntos de acceso.

El presente estudio abarcó aspectos económicos, financieros, educativos, geográficos y sociales; ya que se analizó la inclusión en los jóvenes desde la perspectiva de estas disciplinas. Por otra parte, se encontró que los jóvenes universitarios aún no están siendo incluidos, en aquellas zonas con mayores oportunidades, por lo que existe una posible “desigualdad financiera”.

Las medidas adoptadas por el Gobierno Federal y la iniciativa privada para incluir a la población joven al mercado financiero en México dan resultado, pero no son suficientes. Esto se debe a varios factores como la ubicación geográfica, el nivel económico, desarrollo, educación, oportunidades, empleo, entre otros. Así como los rezagos y deficiencias con los que enfrenta el Sistema Financiero Mexicano.

La información y categorización de inclusión financiera, permite conocer el comportamiento económico de los universitarios en México, analizando su comprensión y participación en el mercado. En el estudio se expusieron diversas variables para observar la toma de decisiones de los jóvenes universitarios con la finalidad de que este material sirva de precedente para la propuesta de programas, políticas, material educativo, que permita que este grupo de la población cada vez esté menos excluido.

Adicionalmente este trabajo, puede propiciar que existan nuevas investigaciones enfocadas a este sector de la población en particular, ya que, si los universitarios que estudian temas económicos-financieros no son capaces de incluirse financieramente, probablemente será más complicado para otras áreas del conocimiento. Sin embargo, sería benéfico que las Universidades fomentaran la inclusión financiera en toda la población estudiantil sin importar la carrera que cursan, considerando que cuando están participando en el mercado se genera dinamismo económico para el país. Por ello, es necesario brindarles a los jóvenes, las herramientas necesarias para ser parte del sistema financiero de México, así como la educación suficiente para que realicen adecuado uso de los servicios y productos ofertados por las entidades financieras.

## Referencias

- [1] América Economía Inteligente, (2018), Mejores Universidades de México Rankings 2018, MBA América Economía, Recuperado en: <https://mba.americaeconomia.com/articulos/notas/conozca-los-resultados-del-ranking-de-universidades-de-mexico-2019>
- [2] Arango E. L. y Cardona Sosa L., (2019), Tarjetas de crédito en personas de ingresos medios y bajos en Colombia ¿qué determina su uso?, *Borradores de Economía*, (1089), 3-6.
- [3] Argüello Segovia A. C., (2018), Análisis del Impacto Financiero en los seguros de asistencia médica por la implementación de la ley orgánica de medicina prepagada en Ecuador (tesis de carrera), Pontificia Universidad Católica del Ecuador-Matriz, Quito, Ecuador.

- [4] Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior, ANUIES, (2020). Anuarios Estadísticos de Educación Superior. Recuperado de <http://www.anui.es.mx/informacion-y-servicios/informacion-estadistica-de-educacion-superior/anuario-estadistico-de-educacion-superior>
- [5] Banco de México, BANXICO (2019), CoDI: la nueva forma de pagar en México, Recuperado en: <https://www.banxico.org.mx/publicaciones-y-prensa/presentaciones/%7B1CA33D18-A38C-EE29-41BF-6302A641D617%7D.pdf>
- [6] Banco de México, Banxico (2020), Plan De Consulta Para El Proyecto De Disposiciones En Materia De Cuentas De Depósitos Para Menores De Edad Y Montos Máximos Provisionales Para Cuentas Nivel 2. Recuperado de [file:///C:/Users/skind/AppData/Local/Temp/MicrosoftEdgeDownloads/09a6152e-2f13-4d25-a597-3fda5e5e6f80/%7BEED65C5C-EA44-ACB2-5898-6407851153EB%7D%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/skind/AppData/Local/Temp/MicrosoftEdgeDownloads/09a6152e-2f13-4d25-a597-3fda5e5e6f80/%7BEED65C5C-EA44-ACB2-5898-6407851153EB%7D%20(3).pdf)
- [7] Banco Interamericano de Desarrollo, BID (2015), Integración e inclusión financiera; movilizandorecursos para el desarrollo social y económico, II Cumbre Empresarial de la Américas, 3-4. Recuperado de: <https://publications.iadb.org/es/publicacion/15450/integracion-en-inclusion-financiera-movilizandorecursos-para-el-desarrollo>
- [8] Banco Mundial, BM (2018). Inclusión Financiera. Banco Mundial BIRF AIF. Recuperado de: <https://www.bancomundial.org/es/topic/financiamiento/inclusion-financiera/overview>
- [9] Bermeo Giraldo M. C., Álvarez Agudelo L., Ospina Rúa M. I., Acevedo Correa Y. y Montoya Restrepo I. A., (2019), Factores que influyen en la intención de uso de las tarjetas de crédito por parte de los jóvenes universitarios. *Revista CEA*, 5(9), 77-96. doi:| [org/10.22430/24223182.1257](https://doi.org/10.22430/24223182.1257)
- [10] Bojórquez Molina J., López Aranda L., Hernández Flores M., Jiménez López E., (2013), Utilización del alfa de Cronbach para validar la confiabilidad de un instrumento de medición de satisfacción del estudiante en el uso del software Minitab, (*LACCEI'2013*).
- [11] Ceballos Mina O. E. y Santiago Ayala L. E., (2019), Efectos de las tarjetas de crédito en la estructura de consumo y la desigualdad de los hogares mexicanos, *Revista Finanzas y Política Económica*, 11 (2), 301-305.
- [12] Centro de Estudios de las Finanzas Públicas, 2018. Boletín Financiero Mexicano. Recuperado de <https://www.cefp.gob.mx/publicaciones/boleco/2018/becefp0212018.pdf>
- [13] Citibanamex, Índice de Inclusión Financiera, 2019. Recuperado de <https://www.banamex.com/sitios/analisis-financiero/pdf/Economia/20191023INFORMECITIBANAMEX.pdf>
- [14] Comisión Nacional Bancaria y de Valores, 2019, Boletín de Inclusión Financiera, Recuperado de: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/448668/Bolet\\_n\\_IF.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/448668/Bolet_n_IF.pdf)
- [15] Comisión Nacional Bancaria y de Valores, 2021, El ahorro en México: productos, instrumentos y evolución (con datos de la Encuesta Nacional de Inclusión Financiera), Recuperado de: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/616136/Estudio\\_Ahorro.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/616136/Estudio_Ahorro.pdf)
- [16] Comisión Nacional Bancaria y de Valores, CNBV (2016), Inclusión Financiera, Recuperado de: <https://www.gob.mx/cnbv/acciones-y-programas/inclusion-financiera-25319>
- [17] Comisión Nacional Bancaria y de Valores, CNBV (2018), Resultados de la Encuesta Nacional de Inclusión Financiera #ENIF 2018, 3-4, Recuperado de: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/414831/Cuadr\\_ptico\\_2018\\_verimpresa.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/414831/Cuadr_ptico_2018_verimpresa.pdf)
- [18] Comisión Nacional del Mercado de Valores y Banco de España, (2010), Plan de Educación Financiera, Finanzas para Todos, Recuperado de: <https://www.finanzasparatodos.es/es/comollegarfindemes/fondoemergencia/cuantoahayquetener.html>
- [19] Comisión Nacional para la Protección y Defensa de los Usuarios de Servicios Financieros, CONDUSEF (2018), Educación e Inclusión Financiera en México, 18-21, Recuperado de: <https://www.condusef.gob.mx/Revista/PDF-s/2019/227/educacion.pdf>
- [20] Comisión Nacional para la Protección y Defensa de los Usuarios de Servicios Financieros, CONDUSEF (2019a), Conoce la nueva plataforma de cobro digital, Recuperado de: <https://www.condusef.gob.mx/Revista/PDF-s/2019/228/codi.pdf>

- 
- [21] Comisión Nacional para la Protección y Defensa de los Usuarios de Servicios Financieros, CONDUSEF (2019b), *Asegura el futuro de tus hijos*, Gobierno de México, Recuperado de: [https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://www.condusef.gob.mx/documentos/464006\\_20\\_Consejos\\_para\\_tu\\_bolsillo...Seguro\\_educativo.pdf&ved=2ahUKEwjDtNzZILTpAhWDHc0KHQNFbP0QFnoEAgQAA&usg=AOvVaw1yGlnA5V9Ye00XzY\\_pQqut](https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://www.condusef.gob.mx/documentos/464006_20_Consejos_para_tu_bolsillo...Seguro_educativo.pdf&ved=2ahUKEwjDtNzZILTpAhWDHc0KHQNFbP0QFnoEAgQAA&usg=AOvVaw1yGlnA5V9Ye00XzY_pQqut)
- [22] Consejo Nacional de Inclusión Financiera, CNIF (2016), *Política Nacional de Inclusión Financiera 4*, Recuperado de: [file:///C:/Users/lecg9/Downloads/PNIF\\_ver\\_1jul2016CONAIF\\_vfinal.pdf](file:///C:/Users/lecg9/Downloads/PNIF_ver_1jul2016CONAIF_vfinal.pdf)
- [23] Consejo Nacional de Inclusión Financiera, CNIF (2017), *Reporte Nacional de Inclusión Financiera 8*, 14-15, Recuperado de: <https://www.cnbv.gob.mx/Inclusi%C3%B3n/Documents/Reportes%20de%20IF/Reporte%20de%20Inclusion%20Financiera%208.pdf>
- [24] Consejo Nacional de Inclusión Financiera, CNIF (2018), *Reporte Nacional de Inclusión Financiera 9*, 66-70, Recuperado de: <https://www.cnbv.gob.mx/Inclusi%C3%B3n/Documents/Reportes%20de%20IF/Reporte%20de%20Inclusion%20Financiera%209.pdf>
- [25] Consejo Nacional de Población, 2018, *Proyecciones de la Población de México y de las Entidades Federativas, 2016-2050 y Conciliación Demográfica de México, 1950 -2015*, Recuperado de: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/503374/Diccionario\\_Proyecciones\\_de\\_la\\_Poblacion\\_2016\\_2050.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/503374/Diccionario_Proyecciones_de_la_Poblacion_2016_2050.pdf)
- [26] Díaz Caicedo O. A., (2020), *Análisis de los factores que influyen en el uso de las plataformas digitales en la banca ecuatoriana por los millennials* (tesis de carrera), Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- [27] Escalera Chávez M. E., Tejada Peña E., García Santillán A., (2017), *Uso de los servicios financieros; Estudio Empírico en los Estudiantes Universitarios*, 2 (1), 581-590.
- [28] Fajardo C., Camilla Castillo M., Uribe J. y Paipa L. C., (2018), *Cubrir riesgos, decisión de compra de seguro de hogar* (trabajo de grado), Universidad EAN, Bogotá, Colombia.
- [29] Guimaraes Vélez V. S., (2020), *Factores que impulsan la desdolarización en el Perú* (tesis de licenciatura), Universidad del Pacífico, Lima, Perú.
- [30] Guízar I., González-Vega C. y Miranda M. J., (2015), Un análisis numérico de inclusión financiera y pobreza, *EconoQuantum*, 12 (2), 7-21.
- [31] Hernández Andrés H., Barrera Pascual A., (2017), Validación de un instrumento de investigación para el diseño de una metodología de autoevaluación del sistema de gestión ambiental, 9 (1), 157-163, doi: <https://doi.org/10.22490/21456453.2186>
- [32] Hernández Rivera A., Rendón Rojas L., (2020), Brecha de género tecnológica en la educación financiera universitaria en México, 26 (93), 48-64.
- [33] Hernández-Rivera, Ariadna, (2019), Educación financiera en la educación superior: estudio de 19 universidades en México, 218, 39-49.
- [34] Hernández Rivera Ariadna, (2020), *Educación Financiera en los Jóvenes Universitarios de México*, Ciudad de México, Editorial Educación y Cultura.
- [35] Hernández Rivera, Ariadna. (2019). Educación financiera en la educación superior: estudio de 19 universidades en México. Universidad Autónoma Metropolitana. El Cotidiano Revista de la realidad mexicana actual, Año. 35, No. 218, México, Universidad Autónoma Metropolitana, pp.39-48.
- [36] Home Salazar E., (2016), *El microcrédito como herramienta de emprendimiento: un enfoque desde la educación financiera en Colombia* (tesis de maestría), Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia.
- [37] Hoyo, M. C., Pena, H. X., y Tuesta, D. (2013), Factores de demanda que influyen en la Inclusión Financiera en México: Análisis de las barreras a partir de la ENIF. BBVA, 2-3.
- [38] Instituto Mexicano de la Juventud, (2020). Las personas jóvenes en México representan casi un tercio de la población total: CONAPO e IMJUVE, Recuperado de: <https://www.gob.mx/imjuve/articulos/las->

- personas-jovenes-en-mexico-representan-casi-un-tercio-de-la-poblacion-total-conapo-e-imjuve?idiom=es
- [39] Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2018, Encuesta Nacional de la Dinámica Demográfica ENADID 2018, Recuperado de: [https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/enadid/2018/doc/resultados\\_enadid18.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/enadid/2018/doc/resultados_enadid18.pdf)
- [40] Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2018, Estadísticas a propósito del día mundial de la población (11 de julio) datos nacionales, Recuperado de: [https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2020/Poblacion2020\\_Nal.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2020/Poblacion2020_Nal.pdf)
- [41] Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2020, Información de México para niños, Recuperado de: <http://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/habitantes.aspx?tema=P%20>
- [42] Klapper, L. & Hess, J. (2016). *Financial Inclusion and Women's Economic Empowerment. A Briefing for the un-Secretary-General's High-Level Panel on Women's Economic Empowerment*. The World Bank, Development Research Group. Finance & Private Sector Development Team.
- [43] Lecuona Valenzuela R., (2017), *Instrumentos para la inclusión financiera: el caso de México. Casos exitosos de instrumentos de financiamiento para las pymes de la banca de desarrollo en México*, Naciones Unidas, 15, Recuperado de: [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/42504/1/S1700631\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/42504/1/S1700631_es.pdf)
- [44] Ley de Ahorro y Crédito Popular, Diario Oficial de la Federación de los Estados Unidos Mexicanos, 04 de junio de 2001.
- [45] Ley para el Programa Nacional de Juventud 2014-2018, Diario Oficial de la Federación de los Estado Unidos Mexicanos, 30 de abril 2014.
- [46] Li. N., Espinosa. A., Cárdenas. G. y Serrano C. (2018), ENIF 2018: 63.2% de los mexicanos usan ahorro informal, 70.2% usan créditos informales. BBVA Research. 1-3.
- [47] Lusardi A. y Mitchell S. O., (2011), Financial Literacy around the world an overview, *NBER Working Paper Series*, (17107), 7-8.
- [48] Morales Ramírez M. A., (2019), La reforma al sistema de ahorro para el retiro en México: ¿Es progresista?, Cielo Laboral, 1-2, Recuperado de: [https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=http://www.cielolaboral.com/wp-content/uploads/2019/03/morales\\_ramirez\\_noticias\\_cielo\\_2019\\_03.pdf&ved=2ahUKEwjZgLzVjLTpAhUHCc0KHVMODeMQFjAAegQIAxAB&usq=A0vVaw3K6Q0ASGEQKqsvXARctx16](https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=http://www.cielolaboral.com/wp-content/uploads/2019/03/morales_ramirez_noticias_cielo_2019_03.pdf&ved=2ahUKEwjZgLzVjLTpAhUHCc0KHVMODeMQFjAAegQIAxAB&usq=A0vVaw3K6Q0ASGEQKqsvXARctx16)
- [49] OCDE/CAF/CEPAL (2018), *Perspectivas económicas de América Latina 2018: Repensando las instituciones para el desarrollo*, Editions OCDE, Paris, 76-80.
- [50] Ochoa P., Galeano M., Agudelo V., (2010), *Construcción de un modelo de Scoring para el otorgamiento de crédito en una entidad financiera*, (16), 191-222.
- [51] Oficina de Información Científica y Tocológica para el Congreso de la Unión, INCyTU (2018), *Educación financiera en México*, (2018), 1-4, Recuperado de: [https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://foroconsultivo.org.mx/INCYTU/documentos/Completa/INCYTU\\_18-018.pdf&ved=2ahUKEwi4jZ-hx7HpAhWOZM0KHU0oBcQQFnoECACQAA&usq=A0vVaw3kiMXjw7HiNj0gxpm7s\\_EN](https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://foroconsultivo.org.mx/INCYTU/documentos/Completa/INCYTU_18-018.pdf&ved=2ahUKEwi4jZ-hx7HpAhWOZM0KHU0oBcQQFnoECACQAA&usq=A0vVaw3kiMXjw7HiNj0gxpm7s_EN)
- [52] Ordaz Hernández M. B., Pacheco B. A., Guillén A. A. y Gutiérrez Rodríguez J. A., (2019), Percepción de la importancia del ahorro para el retiro en los estudiantes de la Universidad Veracruzana. *Revista Internacional La Nueva Gestión Organizacional*, (11), 129-154.
- [53] Osorno Morales L., Hernández Rivera A., (2021), *Las desigualdades de género en La educación financiera universitaria en México 2017-2018*, 8, 18-40.
- [54] Peterson K., O., (2018), Impact of digital finance on financial inclusion and stability, *Borsa Istanbul Review*, 18 (4), 329-340.
- [55] Procuraduría Federal del Consumidor, (2017), *Los Jóvenes y las Finanzas*, Recuperado de: <https://www.gob.mx/profeco/documentos/los-jovenes-y-las-finanzas?state=published>
- [56] Raccanello K., y Herrera Guzmán E., (2014), Educación e Inclusión Financiera, *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos* (México), 44 (2), 122-124.

- 
- [57] Rayo Cantón S., Lara Rubio J., Camino Blasco D., (2010), Un Modelo de Credit Scoring para instituciones de microfinanzas en el marco de Basilea II, 15 (28), 89-124.
- [58] Rincón Higuera A. L., (2019), Límites a la práctica de compensación bancaria en los contratos de depósito de cuenta de ahorros en modalidad de nómina como garantía de derechos mínimos de los consumidores financieros categorizados como 'trabajadores'. Un análisis de derecho colombiano, *Revista Estudios Socio-Jurídicos*, 22 (1), 295-297. doi:|org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/sociojuridicos/a.7630
- [59] Rivera Ochoa B., Bernal Domínguez D., 2018, *La importancia de la educación financiera en la toma de decisiones de endeudamiento. Estudio de una sucursal de "Mi Banco" en México*, Departamento de Administración, Economía y Finanzas, 21 (41), 117-144.
- [60] Roa M. J. (2013). Inclusión financiera en América Latina y el Caribe: acceso, uso y calidad. *Boletín del Centro de Estudios Monetarios Latinoamericanos CEMLA*, 121-122.
- [61] Rochman Ratner R., (2012), *Análisis del Credit Scoring*, 53 (3), 303-315.
- [62] Salazar Cantú J. J., Rodríguez Guajardo R. C. y Jaramillo Garza J., (2017), Inclusión financiera y cohesión social en los municipios de México, *Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época*, 12 (3), 45-66. Doi: <https://doi.org/10.21919/remef.v12i3.96>
- [63] Sánchez González M., (2013). *La tarea compartida de la inclusión financiera*, Educa Banxico, Recuperado de: <http://educa.banxico.org.mx/pdfs/discursos/%7B18F50800-C79D-81F7-F912-198A7E3D7B7C%7D.pdf>
- [64] Sarma M. y Pais J., (2010), Financial Inclusion and Development, *Journal of International Development*, 23, 613-628. doi:| 10.1002/jid.1698
- [65] Schröder C., (2016), Educación financiera: ¿y por qué?, *Revista eXtoikos*, (18), 41-42.
- [66] Secretaría de Desarrollo Agrario Territorial y Urbano (SEDATU), Consejo Nacional de Población (CONAPO) e Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), (2018), Delimitación de las zonas Metropolitanas 2015, 3-20, Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825006792>
- [67] Secretaría de Gobernación / Secretaría General del Consejo Nacional de Población; Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano, 2018, Sistema Urbano Nacional 2018, Recuperado de: [file:///C:/Users/lecg9/Downloads/SUN\\_2018\\_vgM3fWA.pdf](file:///C:/Users/lecg9/Downloads/SUN_2018_vgM3fWA.pdf)
- [68] Secretaría del Trabajo y Previsión Social, STPS (2019), Preguntas Frecuentes / Jóvenes Construyendo el Futuro, Recuperado de: <https://www.gob.mx/stps/articulos/preguntas-frecuentes-jovenes-construyendo-el-futuro>
- [69] Vargas Hernández L. A. y Reyes Hernández M. R., (2019). *Visiones de la Educación Financiera: análisis y perspectivas*. Hernández-Rivera A. y Pérez Munguía S. Coordinadoras. Ed. BUAP. P.33.
- [70] Vera Lezama Y. A., (2019), *Desarrollo e Implementación de una aplicación móvil para la gestión de seguros de autos en Pacífico Seguros utilizando Tensorflow* (tesis de carrera), Universidad Tecnológica del Perú. Lima, Perú.
- [71] Villacorta O. y Reyes J. D., (2012), Servicios financieros para las mayorías, La inclusión financiera en México. *Revista MBS*. (2). 10-11.
- [72] Zapata Aguilar A., Cabrera Ignacio E., Hernández Arce J. y Martínez Morales J., (2016), Educación financiera entre jóvenes universitarios: Una visión general, *Revista Administración y Finanzas*, 3 (9), 2-7.