

CUADERNOS DE ECONOMÍA

ISSN 0121-4772



Facultad de Ciencias Económicas
Escuela de Economía
Sede Bogotá



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

CUADERNOS DE ECONOMÍA

VOLUMEN XLII
NÚMERO 90
JULIO-DICIEMBRE 2023
ISSN 0121-4772

Facultad de Ciencias Económicas
Escuela de Economía
Sede Bogotá



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

2023

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Colombia.

Usted es libre de:

Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra

Bajo las condiciones siguientes:

- **Atribución** — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante. Si utiliza parte o la totalidad de esta investigación tiene que especificar la fuente.
- **No Comercial** — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.
- **Sin Obras Derivadas** — No se puede alterar, transformar o generar una obra derivada a partir de esta obra.

Los derechos derivados de usos legítimos u otras limitaciones reconocidas por la ley no se ven afectados por lo anterior.



El contenido de los artículos y reseñas publicadas es responsabilidad de los autores y no refleja el punto de vista u opinión de la Escuela de Economía de la Facultad de Ciencias Económicas o de la Universidad Nacional de Colombia.

The content of all published articles and reviews does not reflect the official opinion of the Faculty of Economic Sciences at the School of Economics, or those of the Universidad Nacional de Colombia. Responsibility for the information and views expressed in the articles and reviews lies entirely with the author(s).

CONTENIDO

ARTÍCULOS

- Crecimiento y tipo de cambio real: el rol de la tecnología 403
Alejandro Márquez-Velázquez
- Medición de *upstreamness* y *downstreamness* a partir
de las exportaciones 429
Alvaro Lalanne
- Una aplicación de juegos de señales para el análisis del intercambio
de información en una cadena de suministro 465
Karla Flores-Zarur y William Olvera-López
- La globalización de capital, las crisis del siglo XXI y el rezago
de América Latina: ¿qué sigue? 487
Noemi Levy Orlik
- Greenium* en Colombia: estudio de caso del mercado de bonos verdes
a partir de un modelo estructural de dos factores 517
Javier Rozo Bonilla y Alejandra Sánchez Vásquez
- Crecimiento multisectorial colombiano, 1975-2016 549
Germán Sánchez-Pérez, Jorge E. Sáenz-Castro
y Luz Aydée Higuera-Cárdenas
- El comercio interindustrial e intraindustrial de un producto agrícola:
una evaluación de la papa en Colombia, 1992-2019 573
José Mauricio Gil León y Jhancarlos Gutiérrez Ayala

La respuesta de la oferta de yuca al precio en los departamentos de Córdoba y Sucre, Colombia: una regresión cointegrante, 1976-2019 <i>Omar Castillo Núñez</i>	603
El <i>boom</i> minero peruano y la enfermedad holandesa. Evidencia empírica del 2003 al 2020 <i>Elmer Sánchez Dávila</i>	629
Determinantes salariales intersectoriales en la Argentina: un modelo de análisis para las dinámicas desiguales del capital y el trabajo <i>Facundo Barrera Insua y Deborah Noguera</i>	651
Crecimiento económico y alternancia política en México a nivel estatal <i>José Carlos Espinoza</i>	677
La disminución de la participación del trabajo en el ingreso en México, 2004-2019 <i>Jonathan Andrey Barrandey Chavira</i>	695
Análisis econométrico de las aduanas en México: una estimación de Hausman-Taylor y Amemiya-MaCurdy <i>América Ivonne Zamora Torres y René Augusto Marín-Leyva</i>	723

CONTENTS

PAPERS

- Growth and the real exchange rate: The role of technology 403
Alejandro Márquez-Velázquez
- Measuring upstreamness and downstreamness based on exports 429
Alvaro Lalanne
- An application of signaling games for the analysis of information exchange in a supply chain 465
Karla Flores-Zarur and William Olvera-López
- Capital globalization, the XXI century crises and Latin America backwardness: what's next? 487
Noemi Levy Orlik
- Greenium in Colombia: Case study of the green bond market based on a two-factor structural model 517
Javier Rozo Bonilla and Alejandra Sánchez Vásquez
- Colombian multisectoral growth, 1975-2016 549
Germán Sánchez-Pérez, Jorge E. Sáenz-Castro and Luz Aydée Higuera-Cárdenas
- Inter-industrial and intra-industrial trade of an agricultural product: An evaluation of potatoes in Colombia, 1992-2019 573
José Mauricio Gil León and Jhancarlos Gutiérrez Ayala

Cassava supply response to prices in the department of Cordoba and Sucre, Colombia: A cointegrating regression, 1976-2019 <i>Omar Castillo Núñez</i>	603
The Peruvian mining boom and dutch disease. Empirical evidence from 2003 to 2020 <i>Elmer Sánchez Dávila</i>	629
Intersectoral wage determinants in Argentina: A model for the analysis of unequal dynamics of capital and labor <i>Facundo Barrera Insua and Deborah Noguera</i>	651
Economic growth and political alternation at the state level in Mexico <i>José Carlos Espinoza</i>	677
The decline of the labor income share in Mexico, 2004-2019 <i>Jonathan Andrey Barrantey Chavira</i>	695
Mexican customs econometric analysis: A Hausman-Taylor y Amemiya-MaCurdy estimation <i>América Ivonne Zamora Torres and René Augusto Marín-Leyva</i>	723

GROWTH AND THE REAL EXCHANGE RATE: THE ROLE OF TECHNOLOGY

Alejandro Márquez-Velázquez

Márquez-Velázquez, A. (2023). Growth and the real exchange rate: The role of technology. *Cuadernos de Economía*, 42(90), 403-427.

The aim of this paper is to assess the stability of the impacts of real exchange rate undervaluation and domestic technological capabilities on growth across development levels. Panel regressions with development-level interactions are used to test the stability of these variables' impact on growth. The results show that real undervaluation is a driver of growth across all development levels, once technological capabilities are accounted for; however, it is more important for developing and developed countries than for emerging countries.

Keywords: Development macroeconomics; growth; technological capabilities; undervaluation.

JEL: F43, O11, O19, O47.

A. Márquez-Velázquez
Freie Universität Berlin, Berlin, Germany and National Autonomous University of Mexico, Mexico City, Mexico. Email: alejandro.marquez@fu-berlin.de

Suggested citation: Márquez-Velázquez, A. (2023). Growth and the real exchange rate: The role of technology. *Cuadernos de Economía*, 42(90), 403-427. <https://doi.org/10.15446/cuadernos.v42n90.98167>

This paper was received on September 3, 2021, revised on May 5, 2023, and finally accepted on May 25, 2023.

Márquez-Velázquez, A. (2023). Crecimiento y tipo de cambio real: el rol de la tecnología. *Cuadernos de Economía*, 42(90), 403-427.

Este artículo evalúa si los impactos de la subvaluación del tipo de cambio real y las capacidades tecnológicas nacionales sobre el crecimiento son estables en todos los niveles de desarrollo. Se utilizan regresiones de panel con interacciones a nivel de desarrollo para probar la estabilidad del impacto en el crecimiento de estas variables. Los resultados muestran que la subvaloración real es un motor de crecimiento en todos los niveles de desarrollo, una vez que se tienen en cuenta las capacidades tecnológicas; sin embargo, la subvaluación es más importante para los países desarrollados y en desarrollo que para los países emergentes.

Palabras clave: macroeconomía del desarrollo; crecimiento; capacidades tecnológicas; subvaluación cambiaria.

JEL: F43, O11, O19, O47.

INTRODUCTION

In a 2008 study, Rodrik provides empirical evidence and develops theories about how real exchange rate (RER) undervaluation can drive growth in developing countries. RER undervaluation (RERU) is one of two types of RER misalignment, the other being RER overvaluation (RERO). RER misalignment refers to situations in which a country's RER differs from its equilibrium value. In the context of RERU, the RER exceeds the equilibrium value, whereas under RERO, the RER falls below it. Therefore, under RERU, a country's tradable goods are relatively cheaper in international markets, and under RERO, the opposite is true.¹ Rodrik suggests that RERU incentivizes investment in modern tradable sectors due to the increase in the relative price of tradables it causes. These sectors are underdeveloped due to market and government failures. However, according to Rodrik, in developed countries, the growth impact of RERU is insignificant. Rapetti *et al.* (2012) replicate Rodrik's approach, finding that RERU has a significant impact on growth in developed and developing countries but not in emerging countries, *i.e.*, countries at an intermediate development level.

Early empirical studies that analyze the effect of depreciation on output could not detect a positive impact on growth because they failed to control for other factors affecting output during depreciation episodes (*e.g.*, Cooper, 1971; Díaz Alejandro, 1965). Agénor (1991) differentiates between expected and unexpected depreciations, attributing negative impacts on growth exclusively to expected depreciations resulting from high RERO.

This discussion overlooks domestic technological capabilities (DTCs) and the degree to which industries of different technological intensity are economically viable within a country. Technology is a major growth driver in most growth theories,² and a relative increase in the global competitiveness of a country's mid- and high-technology industries should increase its growth rate. Historically, economies that have been successful in catching up globally have shifted their economic structure towards mid- and high-technology sectors (Amsden, 1989, 2001).

The main objectives of this study are, firstly, to assess the impact RERU has on growth across countries at different levels of development while controlling for DTCs, and secondly, to understand the role of RERU and technology in shaping

¹ This explanation adopts the perspective of developing countries, where exchange rates tend to be expressed in units of the domestic currency per USD. Therefore, a real exchange rate that makes domestic tradables more competitive is higher than its equilibrium level.

² Lucas (1988, p. 15) criticizes Solow's growth model for "assigning so great a role to 'technology' as a source of growth." Romer (1994) criticizes Solow's neoclassical growth theory for explaining growth since the industrial revolution mainly as a consequence of unexplained technological change. The endogenous growth literature – pioneered by Romer – continues to underscore the central role of technology in growth yet endogenizes technological change (Romer, 1987). Authors studying the middle-income trap also emphasize the importance of knowledge and technology in overcoming the trap (*e.g.*, Paus, 2020). Evolutionary literature studying growth emphasizes technological learning as the main driver for growth (*e.g.*, Nelson, 2008).

growth prospects for developing, emerging, and developed countries. To achieve these objectives, the main research question that this study seeks to answer is: How do the effects of RERU and DTCs on economic growth vary between developing, emerging, and developed countries?

To answer the main research question, two sub-questions need to be answered: 1) Is the impact that RERU has on growth the same for different development levels after controlling for DTCs? and 2) Does specializing in mid- and high-technology sectors improve growth prospects at different development levels? I contend that Rodrik (2008) did not find that RERU had a positive and significant impact on growth for his sample of developed countries because he used a low income level to classify a country as developed. If he had used a higher income level, he would have found a positive and significant growth impact, similar to that which Rapetti *et al.* (2012) obtained in their study. Additionally, I suggest that Rapetti *et al.* (2012) could not prove that RERU has a significant impact on growth in emerging countries because they did not control for DTCs. Controlling for DTCs is important, as RERU should be a more relevant growth driver for emerging countries specializing in mid- and high-technology sectors than those specializing in natural resources. Furthermore, testing this second hypothesis will provide evidence to support or undermine Lin's (2012) 'new structural economics' argument. This argument suggests that the type of industries that a government should promote must be related to their country's level of DTCs.

In terms of methodology, this study uses standard estimation techniques from the literature, based on Rodrik's (2008) seminal study measuring the impact of RERU on growth, albeit with a more recent version of the Penn World Table (Heston *et al.*, 2011). The sample comprises data from 191 countries covering the period 1985–2004. In this study, the countries are classified into three development categories: developing (low development level), emerging (mid-development level), and developed (high-development level).³

Following Rodrik (2008, p.377), this study classifies all countries with an average GDP per capita lower than USD 6,000 in purchasing-power-parity (PPP) 2005 terms for the period analyzed, as developing countries. Emerging economies are countries with an average GDP per capita equal to or above USD 6,000 and below USD 10,725. Finally, this study classifies countries above the upper bound of this income range as developed countries. The World Bank used this same threshold in 2005 for the high-income group (World Bank, 2012). The period of analysis is determined by the availability of the index of technological specialization (ITS) data (Alcorta & Peres, 1998), taken from ECLAC (2011). The ITS is the main DTC indicator used in the study. By adding interactions between RERU (ITS) and a country's development level, I test whether RERU (ITS) has the same growth

³ Throughout this paper, the term developing countries will include the group of countries referred to as emerging economies, markets or countries, as well as low-income countries, unless a precise distinction needs to be made. In these cases, the term emerging economies will refer to developing countries with higher levels of income.

impact across development levels. The results show that RERU has a positive and significant impact on growth for the three development categories, although when controlling for DTCs, the impact is smaller for emerging economies. The results on the impact DTCs have on growth are less robust than those showing the impact of RERU on growth.

The following section comprises a literature review focusing on the growth impact of RER misalignments and technology. Subsequently, the study's results will be presented, followed by the conclusions inferred from the results.

THE IMPACT OF REAL EXCHANGE RATE MISALIGNMENTS ON GROWTH

Nominal devaluations are often perceived as a means to correct RERO, which is a RER misalignment often associated with low levels of growth (Sachs & Warner, 2001). In these cases, it is important to understand how RER misalignments can impact growth. The next subsection will provide a concise presentation and analysis of the main RER equilibrium theories, followed by a brief review of the literature examining the effects of RER misalignments on growth.

Theories of real exchange rate equilibrium

The analysis of RER misalignment is closely related to RER equilibrium theories, as RER misalignment occurs when the RER differs from its equilibrium value. The fundamentals approach — one of the most popular RER equilibrium theories— argues that the RER has reached its equilibrium when an economy has simultaneously reached its external and internal equilibria (Razin & Collins, 1999, p. 59). On the other hand, according to the purchasing power parity (PPP) theory — in either its strong or weak versions — equilibrium RER remains constant across time, whereby the law of one price prevails in accordance with its strong version or nominal devaluations equate with the difference between foreign and domestic inflation as its weak version holds (Dornbusch, 1985).

Naturally, the PPP approach to equilibrium RER has been subject to strong criticism; however, it has evolved by acknowledging that equilibrium RER may not necessarily remain constant. Balassa (1964) and Samuelson (1964) are often cited as the seminal works that provide empirical evidence and models which explain why the price levels of non-tradable goods relative to those of tradable goods— and thus the equilibrium RER — increase as countries attain a higher development level. Under the Balassa-Samuelson corrected PPP theory of equilibrium RER, RER misalignments will arise whenever the domestic price level of a country is either higher or lower than expected given its level of income per capita.

From the perspective of economic development, the fundamentals theory of RER equilibrium is problematic. This is because it considers at least part of the real appreciations resulting from commodity booms as a move towards a new equi-

librium in a country's RER, given that the terms of trade are one of the determinants of a country's external equilibrium. The resulting RER misalignment caused by improvements in the terms of trade will, in principle, be lower when measured using the fundamentals theory than when applying the Balassa-Samuelson corrected PPP approach. A misalignment calculated using the latter will consider most RER appreciations as causes of RER misalignment, as long as the appreciations have a low impact on the country's income level. This means that a measurement of RER misalignment quantified using the corrected PPP approach will be better able to capture the growth slowdown related to RERO that has been highlighted in literature addressing Dutch disease and the resource curse, as will be discussed further in the next section.

Explaining the impact of real exchange rate misalignment on growth: Theories and evidence

There is an extensive body of knowledge concerned with Dutch disease which explains the short-term impact of RERO on growth, and the resource curse which explains its long-term impact on growth. Meanwhile, the literature analyzing the impact of RERU on growth is relatively recent and builds upon studies claiming that RERU can be sustained in the medium term (Levy-Yeyati & Sturzenegger, 2007). Rodrik (2008) expands the arguments of the Dutch disease and resource curse literature by arguing that RERU should have a positive impact on growth because under RERU, tradables will fetch a higher price relative to non-tradables than what is dictated by RER equilibrium. He argues therefore that RERU should incentivize investments in the tradables sector and especially in manufacturing, since, under RERU, the returns of investors in this sector are higher than what they would be under a RER equilibrium.

Rodrik (2008, p. 375) estimated a time-series-cross-section [TSCS] model of annual growth — averaged over five-year periods — on initial income and RERU. The empirical evidence he obtained supported the hypothesis that RERU had a positive impact on growth for developing countries between 1950 and 2004. By running Rodrik's (2008) growth regressions with different income thresholds defining developing countries, Rapetti *et al.* (2012) found evidence in favor of a changing relationship between RERU and growth, with RERU having a positive and significant impact for low- and high-income countries, but not for middle-income countries.

Rapetti *et al.* (2012) propose that the non-significant impact of RERU on growth in Rodrik's (2008) sample of richer economies seems to be driven by its lack of impact in the so-called emerging economies; a result that puzzles the authors. Nevertheless, Glüzmann *et al.* (2012) provide empirical evidence (similarly based on TSCS regressions) supporting the hypothesis that RERU has a positive and significant impact on growth in emerging markets. However, it is unclear what criteria the authors employed in classifying a country as an emerging market.

According to Rodrik's (2008) theory, it is expected that the impact of RERU on growth will be lower if the income threshold for the developing country category is increased, since his theoretical framework assumes that market and government failures affecting the modern tradable sector are less important for countries at higher income levels. Nevertheless, when using a higher income per capita threshold to define developed countries, Rapetti *et al.* (2012) found a significant impact on growth in developed countries and no significant impact on growth in middle-income countries. Regarding the transmission channel between RERU and growth, Rodrik (2008) could be criticized for his failure to match theory with evidence. It can be argued that in low-income countries, the industries promoted by RERU tend not to be part of the mid- or high-technology sectors. According to Rajan and Subramanian's (2011) findings, the manufacturing sectors promoted by RERU in these countries tend to be low-technology, labor-intensive sectors such as textiles, clothing, leather, and footwear.

The absence of a discernable impact of RERU on growth in emerging economies reported in Rapetti *et al.* (2012) can be interpreted as evidence for the idea that RERU does not noticeably boost the competitiveness of the industries in which these countries compete, which tend to be more technologically than the industries in which developing countries compete. The income differential between emerging and developed countries — the main players in the international market of mid- and high-technology manufacturing — is the base of emerging economies' cost competitiveness. Once their cost competitiveness erodes as incomes increase, a mastery of appropriate DTCs should reward emerging countries with sustainable growth.

Finally, Demir and Razmi (2022, p. 421) in their review of the literature, argue that there is a weak consensus on the positive impact of RERU on growth in developing countries. Many scholars are skeptical of this positive effect. In particular, there is an ongoing debate in the Brazilian strand of the literature regarding the significance attributed to the tradable sector channel of RERU by New Developmentalists. While authors such as de Medeiros (2020) criticize New Developmentalism for overemphasizing the importance of the exchange rate and underestimating the relevance of industrial policy, authors such as Oreiro (2020) argue that New Developmentalism does in fact recognize the importance of industrial policy for its capacity to prevent premature deindustrialization in middle-income countries.

Despite the different impacts on growth reported in the studies reviewed in this section, it could be argued that there is at least a consensus on which RER equilibrium theory to use, *i.e.*, the PPP approach corrected by the BSE. Similarly, all studies agree on using the econometric approach of TSCS regressions. The literature review in the next section will attempt to show how authors have highlighted the relationships between development, technology and trade patterns. The aim of exploring this literature was to find a justification for including DTCs together with RERU proxies in the growth regressions in Section 4.

DEVELOPMENT, TECHNOLOGY AND TRADE PATTERNS

Theories explaining trade patterns and technological change taking place within developing countries hold central importance for research such as the present study, focused on the topic of growth in the context of economic development. Economic development is understood as the structural change of a developing country's economic activities towards knowledge-intensive sectors (Amsden, 2001, p. 2). The following subsection outlines an example of a growth theory that considers the importance of technology for development and suggests an indicator for measuring DTCs.

Domestic technological capabilities as drivers of economic growth

DTCs are enhanced by implementing cost discovery activities (CDA), which Hausmann and Rodrik (2003, p. 605) define as activities related to the process of ascertaining what a country is good at producing. CDA hold greater significance in the developing world, as their role in assessing a country's capacity to produce goods already manufactured elsewhere requires technology assimilation-type innovations. Meanwhile, innovations that expand the technological frontier tend to occur in developed countries (Nelson, 2008, p. 16). The study of economic complexity examines the relationships between different economic activities in a country, while considering its potential for growth and development (Hidalgo & Hausmann, 2009). Economic complexity is particularly relevant to understanding the drivers of DTCs and their implications for economic growth.

Promoting CDA is one way of increasing the economic complexity of a country and thus its growth potential. However, in the absence of government intervention, CDA will be undersupplied because they generate positive externalities. This means that the value for society of uncovering production costs in new sectors of activity surpasses the benefits that the first investor in this sector (who conducted the CDA) can appropriate as benefits. This externality can be measured by assessing the advantages obtained by imitators once costs have been 'discovered' by pioneers. Hausmann *et al.* (2007) propose a model that links the expansion of CDA to economic growth, describing growth as a structural transformation in which producers shift from low- to high-productivity sectors. The authors argue that exported goods are vital for growth prospects, with developing countries that export high-productivity goods similar to those exported by rich countries experiencing faster growth.

The undersupply of CDA will reduce the growth rate of countries, *ceteris paribus*. In order to exploit Gerschenkron's advantage of backwardness — achieving high growth rates thanks to innovations produced elsewhere — governments in developing countries need to manage the externality problem created by CDA. However, intervention should go beyond regulation of intellectual property

rights. This is because the assimilation of standardized foreign technology plays an important part in CDA. Although this technology cannot be patented, it nevertheless requires high learning investments (Hausmann & Rodrik, 2003, p. 624). In order to gain a more inclusive and comprehensive understanding of innovation systems in developing countries, it is crucial to broaden the traditional definitions that focus solely on R&D investment and market-based approaches (Khan, 2022b).

A country's potential for innovation, economic development, and technology adoption is influenced by various factors, such as technological and social capabilities, institutions, policies, and economic stability (Fagerberg & Srholec, 2017; Khan, 2022a). An indicator such as the ITS could be suitable to measure increases in the relative importance of DTCs in mid- and high-technology sectors in the developing world. Alcorta and Peres (1998) define the ITS as the ratio between a country's revealed comparative advantage in mid- and high-technology-manufacturing sectors and its revealed comparative advantage in natural resource-intensive and low-technology manufacturing industries. A developing country that manages to increase the presence of CDA in its economy will set in motion a process of structural transformation that should increase the value of its ITS over time. This, in turn, should imply the declining importance of natural resource-intensive industries as well as low-technology manufacturing.

A key insight of the literature reviewed in this section is the importance of the production structure and the trade patterns that it reflects for the growth prospects of developing countries. This insight will be empirically analyzed in the next section, together with the potential of RERU to increase growth at different development levels. The main theoretical contribution of this research is the argument that RERU and DTCs should not be expected to produce consistent growth impacts across development levels. I hypothesize that, after controlling for DTCs, RERU should have significant and positive impacts on growth at different development levels, although these impacts will be of different magnitudes.

The relationship between growth and real exchange rate undervaluation is moderated by domestic technological capabilities

As stated above, Rodrik (2008) showed that the positive impact of RERU on growth disappears for developed countries defined with a relatively low threshold of GDP per capita. One possible explanation for this could be that many developing countries with incomes levels slightly above this threshold (the so-called emerging markets) compete in industries that are less influenced by the RER, as is the case with many natural resource-intensive activities.⁴ Moreover, as emerging

⁴ Literature on Dutch disease and the resource curse has developed theories and provided empirical evidence that proves and explains the claim that natural resource-intensive activities are less sensitive to RER (RERU or RERO). See Di John (2011) and van der Ploeg (2011) for reviews of this literature.

markets increase their presence in mid- and high-technology sectors, developed countries will need to depend more on RERU when competing against emerging countries.

Although there is evidence that developed countries seem to adjust to increased import competition in manufactured goods from developing or emerging countries by upgrading the quality of their products (Schott, 2008), there have been cases that disprove this. For example, developed Eurozone countries, including Greece, suffered in terms of reduced exports, tourism, and growth while under RERO (Papanikos, 2015). Accordingly, there is reason to believe that Eurozone countries, including Germany, better withstood competition in mid- and high-technology sectors from emerging countries because they experienced RERU and accumulated trade surpluses. As a result, it is justifiable to consider three development stages (low, mid and high) and control for DTCs when analyzing the impact of RERU on growth.

The combination of labor abundance — which in theory should facilitate successful competition in labor-intensive goods — and high RERU levels made low-income developing Asian economies super-competitive in low-technology manufactured goods. However, in high-growth, low-income developing countries, raising income levels can reduce price competitiveness in these sectors. Governments essentially have two choices for solving this problem, the first is to further repress wage growth to achieve high RERU levels, and the second is to intervene to foster DTCs in mid- and high-technology manufacturing sectors (Amsden, 2001, p. 6). Governments who choose to do the latter seem to have been able to achieve structural transformation and grow faster, but only when they have also monitored RERU and the balance of payments (BoP) constraint.

The upcoming section presents the results of the TSCS or panel data regressions, carried out following the established methodology in the literature. These were undertaken with the objective of reassessing the impact of RERU and DTCs on growth in developing, emerging and developed countries, while controlling for DTCs.

RELEVANCE OF REAL EXCHANGE RATE UNDERVALUATION AND DOMESTIC TECHNOLOGICAL CAPABILITIES

In this section, the results of TSCS models used to test the main hypotheses of this research are presented and discussed. One hypothesis is that RERU should have a positive impact on growth across all development levels (low, middle and high), once DTCs were controlled for. The second hypothesis posits that the higher the income level of a developing country, the more important the role that DTCs in mid- and high-technology sectors will play as drivers of growth.

Generating the real exchange rate undervaluation variable

The need to control for the BSE to obtain an equilibrium level of RER is illustrated by data supplied by *The Economist* (2013) concerning the Big Mac index. The data reveal that Big Macs tend to be more expensive in developed countries such as Belgium and Greece than in developing countries like Malaysia. Nonetheless, however illustrative of the BSE the price of a Big Mac might be (as a non-tradable good), it is necessary to use a proper RER index to accurately measure RERU. Following Rodrik (2008), I used the nominal exchange rate in local currency units per United States dollar over the PPP exchange rate in local currency units per international dollar to measure the RER. However, I took the data on these variables from a more recent version of the Penn World Table (version 7.0) (Heston *et al.*, 2011).

Finally, the approach I used here to deal with missing data differs from Rodrik's (2008, p. 373), which involved taking five-year averages of his variables of interest, resulting in only eleven time periods. There are several limitations of this approach, including the acute loss of degrees of freedom and the fact that it causes the new averaged dependent variable to lose variability (Honaker & King, 2010, p. 562). For these reasons, I applied the multiple imputation model suggested by Honaker and King (2010) to handle missing data in both the dependent and independent variables.

Table 1.

The effect of gross domestic product per capita increases on the real exchange rate, 1985-2004

Independent Variable	
Intercept	1.535***
	(0.082)
Gross domestic product per capita (in logarithm, purchasing-power-parity 2005 United States dollars)	-0.129***
	(0.01)
% of significant year fixed effects	53%
Observations	3,820
	(N = 191, T = 20)
Adjusted R ²	0.105
Lagrange multiplier test p-value	0

Notes: Panel corrected standard errors in parenthesis; *** p-value < 0.01; ** 0.01 < p-value < 0.05; * 0.05 < p-value < 0.10. Year fixed effects reported as significant when their p-value < 0.10. Source: Own calculations based on data from Heston *et al.* (2011).

The results presented in Table 1 were estimated by applying the following equation, which was originally proposed by Rodrik (2008, p. 371) and later used in other studies, such as that of Glüzmänn *et al.* (2012) and Rapetti *et al.* (2012):

$$\ln RER_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 \ln RGDPCH_{i,t} + y_t + \varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

Here, the RERU measure is obtained with the error term $\varepsilon_{i,t}$, which constitutes the unexplained level of RER that cannot be accounted for from a country's income level ($\ln RGDPCH_{i,t}$) nor from time-specific shocks (y_t). One salient feature of the results presented in Table 1 is that the BSE estimate ($\hat{\beta}_1 = -0.1291$) is almost half of the magnitude reported in other, related studies (Glüzmann *et al.*, 2012; Rodrik, 2008). This difference in the estimation results could be due to disparities between the studies in terms of the period sampled, the approach used for dealing with missing data, as well as the use of a more recent data set. Moreover, the results in Table 1 could be criticized due to the model's low goodness of fit (0.1046). However, adding more covariates to improve the goodness of fit of the RER model (as conducted in the RER fundamentals literature) may give the impression that the RER of some countries is close to equilibrium for given periods, when in fact it might be over- or undervalued, as argued above..

Results and discussion

The main hypothesis of this study asserts that RERU is a relevant driver of growth across development levels. Additionally, the progression of a country's DTCs is expected to play a more important role as a growth driver in emerging markets compared to developing countries. The baseline growth model used to test these sub-hypotheses is as follows:

$$\begin{aligned} \text{GROWTH}_{i,t} = & \beta_0 + \beta_1 \ln RGDPCH_{i,t-1} + \beta_2 \text{ITS}_{i,t} + \beta_3 \text{RERU}_{i,t} + \beta_4 \text{ITS}_{i,t} \times \\ & \text{DEV}_i + \beta_5 \text{ITS}_{i,t} \times \text{EME}_i + \beta_6 \text{RERU}_{i,t} \times \text{DEV}_i + \beta_7 \text{RERU}_{i,t} \times \text{EME}_i + c_i + y_t + \varepsilon_{i,t} \end{aligned} \quad (2)$$

in which $\text{GROWTH}_{i,t}$ is defined as the year-on-year percentage change in RGDPCH for country i in year t ; $\ln \text{RGDPCH}_{i,t-1}$ is country i 's lagged natural logarithm of its real GDP per capita level, *i.e.*, the usual convergence term used in growth regressions; $\text{ITS}_{i,t}$ is the country's ITS in year t ; $\text{RERU}_{i,t}$ is its real undervaluation measure for the same year; DEV_i and EME_i are binary variables if country i is a developing or emerging country respectively, and zero otherwise; c_i is country i 's fixed effect; y_t is the fixed effect for year t ; and $\varepsilon_{i,t}$ is an idiosyncratic error term.

The inclusion of the fixed effects of both country and year allows β_2 and β_3 to be interpreted as the impact that changes in RERU and the ITS have had on the growth rate in each country. By incorporating interaction terms, I can determine whether the impact of these variables varies in comparison to the reference group of developed countries. This means that the impact of RERU on growth in developing countries is given by $\beta_3 + \beta_6$. The data for these equations were provided by an Economic Commission for Latin America and the Caribbean database with ITS values for up to 210 countries and territories between 1985 and 2004 (ECLAC 2011). The remaining necessary variables were obtained from the Penn World Table 7.0 (Heston *et al.*, 2011).

Finally, a recent technique at time of writing was chosen to deal with missing data: the multiple imputation model. A common approach to reducing the bias created by missing data used in empirical studies investigating the impact of RERU on growth is to use five-year averages of the variables of interest in the TSCS regressions (Rodrik, 2008; Glüzmann *et al.*, 2012; Rapetti *et al.*, 2012). However, using average values strongly reduces the number of observations available for running regressions. Since the ITS data available only cover a period of 20 years, this would have reduced my T to five, which is too low for TSCS analysis. Given this relatively short time span for the ITS, I had to run TSCS regressions with annual data. I therefore chose to use the multiple imputation model for TSCS data proposed by Honaker and King (2010), to address missing data under these parameters.

After removing growth outliers from the sample, the overall findings from specifications 5 and 6 in Table 2 align with the hypothesis that RERU has a positive and significant impact on growth across all development levels, once DTCs are controlled for. Growth outliers were defined as countries with average growth rates higher than that of Equatorial Guinea. Equatorial Guinea is a sparsely populated country that had a low income per capita at the beginning of the period, but managed to reach a high-income status by the end of the period thanks to the discovery of oil fields (Frynas, 2004). No similar circumstances could be found for countries with growth rates above that of Equatorial Guinea. The existence of these growth outliers might be due to the multiple imputation algorithm performing poorly for some countries' growth rates due their having a high level of missing data on GDP per capita.

Although specification 5 is more parsimonious, specification 6 is preferred for several reasons. In Table 2, the Lagrange multiplier test of specification 5 yields a p-value of zero, which rejects the null hypothesis of no serial correlation. This means that specification 5 violates the Gauss-Markow assumption of no serial correlation, and so ordinary least squares no longer produce the best linear unbiased estimators, and its test statistics lose validity. To address this issue, Beck and Katz (2011, p. 339) suggest including the lagged dependent variable, which I integrated on the right-hand side in specification 6. I then applied a Lagrange multiplier test to verify the presence of serial correlation. As shown in Table 2, the resulting p-value does not provide evidence to reject the null hypothesis of no serial correlation.

Countries were categorized following Rodrik's (2008, p. 377) parameters, that defined as developing economies all countries with an average GDP per capita lower than USD 6,000 in PPP according to 2005 levels, for the period analyzed. Emerging economies are countries with an average GDP per capita equal to or above USD 6,000 and below USD 10,725. Countries above the upper bound of this income range — which was the threshold used by the World Bank in 2005 to define the high-income group (World Bank, 2012) — are classified as developed countries. The results of specification 6 contrast with the impacts of RERU

on growth reported by Rodrik (2008, p. 375). In his study, Rodrik reported a positive yet not significant coefficient for developed countries, as well as a much larger positive and significant coefficient for developing countries.

Furthermore, after removing the growth outliers and controlling for the lagged dependent variable (growth) to avoid serial correlation problems, in the present study, the impact of ITS on growth was found to be insignificant for all country groups, as can be seen in Table 2. This lack of significance could be due to the existence of some degree of multicollinearity between GDP per capita and the ITS, which have a correlation coefficient of 0.36. To investigate further, I performed a multicollinearity analysis using a one-dimensional generalized variance inflation factor ($\text{GVIF}^{1/(2 \cdot \text{df})}$), as recommended by Fox and Monette (1992) for regressions involving categorical variables. This metric is equivalent to the square root of the variance inflation factor (VIF). According to these authors, if the $\text{GVIF}^{1/(2 \cdot \text{df})}$ associated with one regressor is larger than 2, a regression might suffer from serious multicollinearity problems (Fox & Monette, 1992, p. 182). This is the case with the regressors of lagged gross domestic product per capita ($\text{GVIF}^{1/(2 \cdot \text{df})} = 7.988$), index of technological specialization ($\text{GVIF}^{1/(2 \cdot \text{df})} = 2.828$), the developing country dummy ($\text{GVIF}^{1/(2 \cdot \text{df})} = 2.633$), and the emerging economy dummy ($\text{GVIF}^{1/(2 \cdot \text{df})} = 3.071$).

To mitigate the multicollinearity problem, it could be beneficial to generate an ITS that takes into account a country's development level. This transformation would also address endogeneity issues between GDP per capita growth and the ITS, since, according to Kaldor-Verdoorn's law, growth is a factor that drives technological change (Porcile & Lima, 2010). Therefore, a development-level corrected ITS (DCITS) will indicate the ITS of a country disassociated from its development level.

The results of specification 8 in Table 3 provide statistical evidence supporting the hypothesis that increases in the development-level corrected ITS (DCITS) adversely affect growth in developing countries, *ceteris paribus*.⁵ To better understand this result, I will reiterate the definition of the ITS, as mentioned in the section "Domestic Technological Capabilities as Drivers of Economic Growth". Alcorta and Peres (1998) define the ITS as the ratio between the revealed comparative advantage of a country in mid- and high-technology manufacturing sectors and its revealed comparative advantage in natural resource-intensive and low-technology manufacturing industries. Moreover, the authors classified exports according to their deriving from high-, mid-, or low-technology sectors depending on the research and development intensity occurring in that sector in the Global North.

One drawback of the index is its tendency to overestimate the DTCs of countries of the Global South that are highly integrated into global value chains, and which therefore possess a high proportion of processed exports (Alcorta & Peres,

⁵ The DCITS was generated following a similar method to that used for the RERU variable (see Appendix 1).

Table 2. The impact of real exchange rate undervaluation and the index of technological specialization on growth, 1986-2004^a

Independent variables	Specification number					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Intercept	24.2*** (3.42)	25.16*** (3.35)	25.11*** (3.38)	25.58*** (3.45)	1.083*** (0.483)	0.92* (0.499)
	-3.91*** (0.55)	-4.07*** (0.55)	-4.07*** (0.55)	-4.12*** (0.58)	-0.173*** (0.078)	-0.151* (0.081)
Lagged gross domestic product per capita (in logarithm, purchasing-power-parity 2005 United States dollars)						
		2.24** (1.12)	2.25** (1.14)	2.82* (1.12)	0.026* (0.015)	0.021 (0.016)
Index of technological specialization	0.2 (0.69)		0.28 (0.71)	-0.1 (1.56)	0.057*** (0.027)	0.067*** (0.027)
Real exchange rate undervaluation						
Index of technological specialization x developing country dummy						
Index of technological specialization x emerging economy dummy						
Real exchange rate undervaluation x developing country dummy						

(Continued)

Independent variables	Specification number					
Real exchange rate undervaluation x emerging economy dummy				0.68	-0.04	-0.052*
				(1.43)	(0.029)	(0.028)
						-0.007
Lagged growth						(0.123)
% of significant country fixed effects	94	93	93	89	85	78
% of significant year fixed effects	6	6	6	6	6	59
Observations	3,629	3,629	3,629	3,629	3,002	2,844
	(N=191, T=19)	(N=191, T=19)	(N=191, T=19)	(N=191, T=19)	(N=158, T=19)	(N=158, T=18)
Adjusted R-square	0.18	0.2	0.2	0.2	0.12	0.13
Lagrange multiplier test p-value	0.17	0.35	0.35	0.27	0	0.22

Notes: Panel corrected standard errors in parenthesis; *** p-value<0.01; ** 0.01<p-value<0.05; * 0.05<p-value<0.10. Country and year fixed effects reported as significant when their p-value<0.10. ^a specifications 5 and 6 were regressed for 158 countries and the period of specification 6 was 1987–2004. Source: Own calculations based on data from ECLAC (2011) and Heston *et al.* (2011).

Table 3. The impact of real exchange rate undervaluation and the development-level corrected index of technological specialization on growth in 158 countries between the mid-1980s and mid-2000s

Independent Variables	Specification Number	
	(7)	(8)
Intercept	1.103** (0.485)	0.941* (0.503)
Lagged gross domestic product per capita (in logarithm, purchasing-power-parity 2005 United States dollars)	-0.176** (0.078)	-0.155* (0.081)
Development-level corrected index of technological specialization	0.015 (0.01)	0.011 (0.011)
Real exchange rate undervaluation	0.058** (0.027)	0.068** (0.027)
Development-level corrected index of technological specialization x developing country dummy	-0.051* (0.02)	-0.045* (0.022)
Development-level corrected index of technological specialization x emerging economy dummy	0.02 (0.013)	0.015 (0.014)
Real exchange rate undervaluation x developing country dummy	-0.033 (0.036)	-0.03 (0.034)
Real exchange rate undervaluation x emerging economy dummy	-0.04 (0.042)	-0.054* (0.028)
Lagged growth		-0.009 (0.122)

(Continued)

Independent Variables		Specification Number
% of significant country fixed effects		85
% of significant year fixed effects		6
Observations		3.002 (N = 158, T = 19)
Adjusted R-square		0.12
Lagrange multiplier test p-value		0.002
Timeframe		1986-2004 1987-2004

Notes: Panel corrected standard errors in parenthesis; *** p-value < 0.01; ** 0.01 < p-value < 0.05; * 0.05 < p-value < 0.10. Country and year fixed effects reported as significant when their p-value < 0.10. Source: Own calculations based on data from ECLAC (2011) and Heston *et al.* (2011).

1998, p. 879). Vertical specialization is an indicator of integration into global value chains (Hummels *et al.*, 2001). When calculating the correlation between the ITS and vertical specialization in 35 developing countries (out of the 95 in the sample), between 1994 and 2001, the result is 0.713, which is a high correlation coefficient.⁶ The correlation between DCITS and vertical specialization was also positive and moderate — albeit weaker —, with a coefficient of 0.625 for the same group of countries and during the same period. It can therefore be speculated that the negative interactions between the DTCs indicator and the developing country dummy obtained in specifications 6 (Table 2) and 8 (Table 3) reflect the notion that participation in North-South global value chains hurts growth at lower development levels. However, the growth impact of the interactions between the DTCs variables and the emerging country dummy are positive as shown in Tables 2 and 3. These results align with those produced by Fagerberg *et al.* (2018).

The short-term growth impact of increases in the DCITS in developed countries is positive but not statistically significant, with a coefficient of 0.011, as shown in Table 3. Additionally, this coefficient is approximately half the size of the equally non-significant coefficient of the ITS for developed countries, shown in Table 2. This means that correcting the ITS for the development level of countries, did not result in increased DTCs in mid- and high-technology sectors with significant impacts on growth in developed countries. Moreover, in specifications 6 and 8, in Tables 2 and 3, respectively, the interaction between the dummy variable representing developing countries and the proxies for DTCs is negative. However, this interaction is only significant when DCITS is used. Finally, the interaction between the DTC proxies and the emerging market dummy is positive and not significant in both specifications, although its magnitude in specification 8 is double that of specification 6.

These results show that, between the mid-1980s and mid-2000s, increases in DTCs in mid- and high-technology sectors were slightly more relevant for growth in emerging markets than in developed countries. Moreover, the results suggest that developing countries that specialized in natural resource-intensive and low-technology manufacturing sectors had slightly higher growth rates, *ceteris paribus*. In specifications 6 and 8, the growth impact of RERU was found to be positive and significant for developed countries. However, its impact on growth in developing and emerging countries, while still significant, was comparatively weaker. In emerging markets especially, its impact was significantly weaker.

Before concluding, I will comment on the results of the multicollinearity analysis performed on regression specification 8, shown in Table 3. In specification 8, the equivalent regressors from specification 6 exhibited $\text{GVIF}^{1/2 * \text{df}}$ values greater than 2. Specifically, the lagged gross domestic product per capita showed a $\text{GVIF}^{1/2 * \text{df}}$

⁶ The selected period for calculating the correlation coefficient coincided with both the data used in the paper (1986–2001) and the data from the UNCTAD-Eora Global Value Chain database (1994–2017), which was used to construct the vertical specialization variable (Lenzen *et al.*, 2012, 2013). A similar rationale was applied in the selection of countries for analysis.

^(2*df) value of 8.019, development-level corrected index of technological capabilities had a value of 2.528, the developing country dummy had a value of 2.535, and the emerging economy dummy had a value of 2.908. Based on these results, multicollinearity could still present an issue. However, in line with O'Brien's (2007) cautionary advice, it is important not to rely too heavily on general rules of thumb regarding variance indicators of regressors, without considering the specific context.

Given the results obtained from specification 6, a valid concern regarding multicollinearity emerged due to the high $\text{GVIF}^{1/(2 \text{ df})}$ value associated with the ITS was accompanied by a failure to reject the null hypothesis of no growth impact of this variable, despite the extensive literature theorizing the existence of such growth impact and partly reviewed in the section on "Development, Technology and Trade Patterns". I therefore decided to adjust this variable according to the theory behind Kaldor-Verdoorn's law, which argues that growth drives technical change. This transformation led to a somewhat lower $\text{GVIF}^{1/(2 \text{ df})}$ value for the development-level corrected ITS in specification 8 than for ITS in specification 6 ($2.528 < 2.828$). Furthermore, although the development-level corrected ITS interaction with the developing country dummy still exceeded the conventional threshold of 2 for multicollinearity, it was statistically significant. As a result, there is no reason to question the validity of this result on concerns of multicollinearity (O'Brien, 2007, p. 682).

CONCLUSION

The results provide stronger support for the hypothesis related to the growth impacts of RERU across development levels than the hypothesis regarding the different growth impacts of DTCs. This shows the robustness of the empirical evidence in favor of the hypothesis that RERU should also be positive and significant for the case of emerging markets. By contrast, the evidence supporting the hypothesis that increases in DTCs in mid- and high-technological manufacturing sectors should have a greater impact on growth in emerging economies with respect to developing countries was less conclusive. Nonetheless, the results support the idea that RERU should play an important role in the development strategies of emerging markets. Finally, the results indicate that processed exports of mid- and high-technology manufactured goods have a negative impact on the growth of developing countries. This finding highlights the potential for future research analyzing the trade direction of these types of manufactured goods for developing and emerging countries. This could contribute to understanding the relevance of trade direction as a determining factor in establishing the significant impact of DTC proxies on economic growth.

REFERENCES

1. Agénor, P. (1991). Output, devaluation and the real exchange rate in developing countries. *Weltwirtschaftliches Archiv*, 127(1), 18-41. <https://doi.org/10.1007/BF02707309>
2. Alcorta, L., & Peres, W. (1998). Innovation systems and technological specialization in Latin America and the Caribbean. *Research Policy*, 26(7-8), 857-881. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(97\)00067-X](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(97)00067-X)
3. Amsden, A. H. (1989). *Asia's next giant: South Korea and late industrialization*. Oxford University Press.
4. Amsden, A. H. (2001). *The rise of "the Rest": Challenges to the West from late-industrializing economies*. Oxford University Press.
5. Balassa, B. (1964). The purchasing-power parity doctrine: A reappraisal. *Journal of Political Economy*, 72(6), 584-596. <http://www.jstor.org/stable/1829464>
6. Beck, N., & Katz, J. N. (2011). Modeling dynamics in time-series-cross-section political economy data. *Annual Review of Political Science*, 14, 331-352. <https://doi.org/10.1146/annurev-polisci-071510-103222>
7. Cooper, R. N. (1971). Currency devaluation in developing countries. *Essays in International Finance*, 86, 3-31.
8. de Medeiros, C. A. (2020). A structuralist and institutionalist developmental assessment of and reaction to new developmentalism. *Review of Keynesian Economics*, 8(2), 147-167. <https://doi.org/10.4337/roke.2020.02.01>
9. Demir, F., & Razmi, A. (2022). The real exchange rate and development theory, evidence, issues and challenges. *Journal of Economic Surveys*, 36(2), 386-428. <https://doi.org/10.1111/joes.12418>
10. Di John, J. (2011). Is there really a resource curse? A critical survey of theory and evidence. *Global Governance*, 17(2), 167-184. <https://www.jstor.org/stable/23033728>
11. Díaz Alejandro, C. F. (1965). *Exchange-rate devaluation in a semi-industrialized country. The experience of Argentina 1955-1961*. The MIT Press.
12. Dornbusch, R. (1985). *Purchasing power parity* (National Bureau of Economic Research Working Paper Series 1591). <https://doi.org/10.3386/w1591>
13. Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC). (2011). *Una herramienta para calcular el índice de especialización tecnológica (IET) de las exportaciones de un país a diferentes mercados* [Data set].
14. Fagerberg, J., Lundvall, B.-Å., & Srholec, M. (2018). Global value chains, national innovation systems and economic development. *The European Journal of Development Research*, 30(3), 533-556. <https://doi.org/10.1057/s41287-018-0147-2>

15. Fagerberg, J., & Srholec, M. (2017). Capabilities, economic development, sustainability. *Cambridge Journal of Economics*, 41(3), 905-926. <https://doi.org/10.1093/cje/bew061>
16. Fox, J., & Monette, G. (1992). Generalized collinearity diagnostics. *Journal of the American Statistical Association*, 87(417), 178-183.
17. Frynas, J. G. (2004). The oil boom in Equatorial Guinea. *African Affairs*, 103(413), 527-546. <https://doi.org/10.1093/afraf/adh085>
18. Glüzmann, P. A., Levy-Yeyati, E., & Sturzenegger, F. (2012). Exchange rate undervaluation and economic growth: Díaz Alejandro (1965) revisited. *Economics Letters*, 117(3), 666-672. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2012.07.022>
19. Hausmann, R., Hwang, J., & Rodrik, D. (2007). What you export matters. *Journal of Economic Growth*, 12(1), 1-25. <https://doi.org/10.1007/s10887-006-9009-4>
20. Hausmann, R., & Rodrik, D. (2003). Economic development as self-discovery. *Journal of Development Economics*, 72(2), 603-633. [https://doi.org/10.1016/S0304-3878\(03\)00124-X](https://doi.org/10.1016/S0304-3878(03)00124-X)
21. Heston, A., Summers, R., & Aten, B. (2011). *Penn World Table Version 7.0*. http://pwt.econ.upenn.edu/php_site/pwt_index.php
22. Hidalgo, C. A., & Hausmann, R. (2009). The building blocks of economic complexity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(26), 10570-10575. <https://doi.org/10.1073/pnas.0900943106>
23. Honaker, J., & King, G. (2010). What to do about missing values in time-series cross-section data. *American Journal of Political Science*, 54(2), 561-581. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5907.2010.00447.x>
24. Hummels, D., Ishii, J., & Yi, K.-M. (2001). The nature and growth of vertical specialization in world trade. *Journal of International Economics*, 54(1), 75-96. [https://doi.org/10.1016/S0022-1996\(00\)00093-3](https://doi.org/10.1016/S0022-1996(00)00093-3)
25. Khan, M. S. (2022a). Absorptive capacities and economic growth in low- and middle-income economies. *Structural Change and Economic Dynamics*, 62, 156-188. <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2022.03.015>
26. Khan, M. S. (2022b). Absorptive capacities approaches for investigating National Innovation Systems in low and middle income countries. *International Journal of Innovation Studies*, 6(3), 183-195. <https://doi.org/10.1016/j.ijis.2022.07.004>
27. Lenzen, M., Kanemoto, K., Moran, D., & Geschke, A. (2012). Mapping the structure of the world economy. *Environmental Science & Technology*, 46(15), 8374-8381. <https://doi.org/10.1021/es300171x>
28. Lenzen, M., Moran, D., Kanemoto, K., & Geschke, A. (2013). Building Eora: A global multi-region input-output database at high country and sector resolution. *Economic Systems Research*, 25(1), 20-49. <https://doi.org/10.1080/09535314.2013.769938>

29. Levy-Yeyati, E., & Sturzenegger, F. (2007). *Fear of appreciation* (The World Bank Policy Research Working Paper Series 4387). <http://ssrn.com/abstract=1029502>
30. Lin, J. Y. (2012). *New structural economics. A framework for rethinking development and policy*. World Bank.
31. Lucas, R. E., Jr. (1988). On the mechanics of economic development. *Journal of Monetary Economics*, 22(1), 3-42. [https://doi.org/10.1016/0304-3932\(88\)90168-7](https://doi.org/10.1016/0304-3932(88)90168-7)
32. Nelson, R. R. (2008). Economic development from the perspective of evolutionary economic theory. *Oxford Development Studies*, 36(1), 9-21. <https://doi.org/10.1080/13600810701848037>
33. O'Brien, R. M. (2007). A caution regarding rules of thumb for variance inflation factors. *Quality & Quantity*, 41, 673-690. <https://doi.org/10.1007/s11135-006-9018-6>
34. Oreiro, J. L. (2020). New developmentalism: Beyond competitive exchange rate. *Brazilian Journal of Political Economy*, 40(2), 238-242. <https://doi.org/10.1590/0101-31572020-3138>
35. Papanikos, G. T. (2015). The real exchange rate of euro and Greek economic growth. *The Journal of Economic Asymmetries*, 12(2), 100-109. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jeca.2015.04.002>
36. Paus, E. (2020). Innovation strategies matter: Latin America's middle-income trap meets China and globalisation. *The Journal of Development Studies*, 56(4), 657-679. <https://doi.org/10.1080/00220388.2019.1595600>
37. Porcile, G., & Lima, G. T. (2010). Real exchange rate and elasticity of labour supply in a balance-of-payments-constrained macrodynamics. *Cambridge Journal of Economics*, 34(6), 1019-1039. <https://doi.org/10.1093/cje/bep065>
38. Rajan, R. G., & Subramanian, A. (2011). Aid, Dutch disease, and manufacturing growth. *Journal of Development Economics*, 94(1), 106-118. <https://doi.org/10.1016/j.jdevco.2009.12.004>
39. Rapetti, M., Skott, P., & Razmi, A. (2012). The real exchange rate and economic growth: Are developing countries different? *International Review of Applied Economics*, 26(6), 735-753. <https://doi.org/10.1080/02692171.2012.686483>
40. Razin, O., & Collins, S. M. (1999). Real-exchange-rate misalignments and growth. In A. Razin & E. Sadka (Eds.), *The economics of globalization. Policy perspectives from public economics* (pp. 59-84). Cambridge University Press.
41. Rodrik, D. (2008). The real exchange rate and economic growth. *Brookings Papers on Economic Activity*, (2), 365-412. <https://doi.org/10.1353/eca.0.0020>

42. Romer, P. M. (1987). Crazy explanations for the productivity slowdown. *NBER Macroeconomics Annual*, 2, 163-202.
43. Romer, P. M. (1994). The origins of endogenous growth. *Journal of Economic Perspectives*, 8(1), 3-22. <http://www.jstor.org/stable/2138148>
44. Sachs, J. D., & Warner, A. M. (2001). The curse of natural resources. *European Economic Review*, 45(4-6), 827-838. [https://doi.org/10.1016/S0014-2921\(01\)00125-8](https://doi.org/10.1016/S0014-2921(01)00125-8)
45. Samuelson, P. A. (1964). Theoretical notes on trade problems. *The Review of Economics and Statistics*, 46(2), 145-154. <https://doi.org/10.2307/1928178>
46. Schott, P. (2008). The relative sophistication of Chinese exports. *Economic Policy*, 23(53), 6-49. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0327.2007.00195.x>
47. The Economist. (2013). Interactive currency-comparison tool: The Big Mac index. Global exchange rates, to go. <http://www.economist.com/content/big-mac-index>
48. van der Ploeg, F. (2011). Natural resources: Curse or blessing? *Journal of Economic Literature*, 49(2), 366-420. <https://www.jstor.org/stable/23071620>
49. World Bank. (2012). *A short history* [Data set]. <http://data.worldbank.org/about/country-classifications/a-short-history>

APPENDIX 1

The ITS corrected for a country's development level is defined as the residual obtained from the following equation:

$$ITS_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 \ln RGDPCH_{i,t} + y_t + \varepsilon_{i,t} \quad (3)$$

in which the dependent variable is the $ITS_{i,t}$ of country i in year t , $\ln RGDPCH_{i,t}$ is the respective natural log of real GDP per capita, y_t the fixed effect for year t and, $\varepsilon_{i,t}$ is an idiosyncratic error term. If the error term is a positive value, it means that a country has a level of the ITS above what is expected given its development level. Table 4 reports the results of the regression estimation based on Equation 3.

As can be seen in Table 4, the coefficient estimate of GDP per capita displays the expected sign and is significant at 1%. This is statistical evidence that supports the hypothesis that — *ceteris paribus* — a 10% increase in a country's GDP per capita level was accompanied by an average increase of 0.018 points in its ITS. This finding is based on the sample of data from 191 countries spanning 1985 and 2004.

Table 4.

The effect of gross domestic product per capita increases on the index of technological specialization, 1985-2004

Independent variable	
Intercept	-1.123***
	(0.049)
Gross domestic product per capita (in logarithm, purchasing-power-parity 2005 United States dollars)	0.184***
	(0.006)
% of significant year fixed effects	0%
Observations	3,820
	(N=191, T=20)
Adjusted R ²	0.124
Lagrange multiplier test p-value	0

Notes: Panel corrected standard errors in parenthesis; *** p-value<0.01; ** 0.01<p-value<0.05; * 0.05<p-value<0.10. Year fixed effects reported as significant when their p-value<0.10. Source: Own calculations based on data from ECLAC (2011) and Heston *et al.* (2011).

**MEASURING UPSTREAMNESS AND
DOWNSTREAMNESS BASED ON EXPORTS**

Alvaro Lalanne

Lalanne, A. (2023). Measuring upstreamness and downstreamness based on exports. *Cuadernos de Economía*, 42(90), 429-464.

In this paper I discuss and develop measures of upstreamness and downstreamness to describe the position of countries and sectors in global value chains. Both measures are defined as the distance between exports and either final demand (upstreamness) or primary factors (downstreamness). When added together, they create a single measure of chain length, and reveal the position of the chain in international trade. I show the usefulness of these measures for highlighting aspects of international participation in value chains that cannot be deduced from measures developed previously. In particular, the measures proposed here better describe the specialization of countries along value chains.

Keywords: Global value chains; upstreamness; downstreamness.

JEL: D57, F14.

A. Lalanne

Universidad de Montevideo, Montevideo, Uruguay. Email: alvaro.lalanne@gmail.com

Suggested citation: Lalanne, A. (2023). Measuring upstreamness and downstreamness based on exports. *Cuadernos de Economía*, 42(90), 429-464. <https://doi.org/10.15446/cuad.econ.v42n90.102632>

This paper was received on May 13, 2022, revised on April 25, 2023, and finally accepted on May 10, 2023.

Lalanne, A. (2023). Medición de *upstreamness* y *downstreamness* a partir de las exportaciones. *Cuadernos de Economía*, 42(90), 429-464.

Este artículo discute y desarrolla medidas de *Upstreamness* y *Downstreamness* para describir la posición de los países y sectores en las cadenas globales de valor. Las medidas están definidas como distancia entre exportaciones y demanda final (*Upstreamness*) o con los factores primarios (*Downstreamness*) y pueden resumirse en medidas simples de largo y posición en cadenas en el comercio internacional. Estas medidas muestran aspectos de la participación en cadenas de valor que no se obtienen con las medidas de referencia. En particular, la especialización de los países a lo largo de las cadenas queda mejor reflejada con las medidas propuestas aquí.

Palabras clave: cadenas globales de valor; *upstreamness*; *downstreamness*.

JEL: D57, F14.

INTRODUCTION

Literature on the measurement of global value chains based on multi-country input-output tables (MCIO) has undergone significant development in recent years. Among the most important lines of research are the measurement of trade in value added (Johnson, 2018; Johnson & Noguera, 2012; Los & Timmer, 2020), the decomposition of gross exports to identify domestic and foreign valued-added and double-counted components (Arto *et al.*, 2019; Borin & Mancini, 2019; Koopman *et al.*, 2014; Los *et al.*, 2016; Nagengast & Stehrer, 2016; Wang *et al.*, 2013), which create measures of participation of countries or country- sectors in value chains (Borin & Mancini, 2019; Los *et al.*, 2015; Wang *et al.*, 2013), and finally, measures of length and position in chains, commonly defined as upstreamness and downstreamness (Antràs & Chor, 2018; Miller & Temurshoev, 2017; Wang *et al.*, 2017a).

Measures of the position of sectors or countries in chains are becoming increasingly important. Some studies use them as an explanatory variable to include type of participation in the analysis (Reshef & Santoni, 2022). Theoretical models pertaining to offshoring decisions also distinguish between industry type based on these concepts (Alfaro *et al.*, 2019).

When measuring the length of value chains or a position within them, there is a recognized conceptual difference between measures that are based on a decomposition of gross exports (Arto *et al.*, 2019; Borin & Mancini, 2019; Los & Timmer, 2020; Wang *et al.*, 2013) and those based on countries' total production or value added (Knez *et al.*, 2021; Wang *et al.*, 2017b). In the latter approach, a distinction is made between the value added (or the final output) that is related to international production and that which is not.

However, the measures of length and position in chains that are most widely used are calculated based on total production, while measures based directly on exports are underused. In earlier studies, measures were calculated using the U.S. domestic input output table (Antràs *et al.*, 2012; Fally, 2012) with an adjustment for international trade. Once MCIO became available, they were calculated on total production without distinguishing international trade from local-driven production (Antràs & Chor, 2018; Miller & Temurshoev, 2017).

Antràs *et al.* (2012) define *upstreamness* as the distance from production to final demand, measured as the number of times production is accounted for until it is incorporated into a final good. Antràs and Chor (2013) define *downstreamness* as the distance from primary factors of production, measured as the number of times value added is accounted for in a production process until it is incorporated into a country's output.¹ The definitions of Antràs and Chor (2018) consolidate previous

¹ To provide greater clarity, Miller and Temurshoev (2017) define 'Output Upstreamness' as the distance to the final product (*i.e.*, focusing on the forward linkages of a given product) and 'Input Downstreamness' as the distance of production from primary factors, *i.e.*, focusing on backward linkages. They show that, at the aggregate level, both measures coincide, and that they differ at

ones and coincide with those proposed by Miller and Temurshoev (2017). Accordingly, in this paper, measures based on these definitions will be labeled ‘AC-MT’.

Wang *et al.* (2017a) define their measures based on a matrix that tracks the value added from its origin in each country-sector to its inclusion in the final demand of a given country-sector. To better distinguish domestic chains from global chains, these authors decompose the matrix according to participation in both domestic and global chains, following the method they proposed previously in Wang *et al.* (2017b). The characterization of the countries’ positions is performed on the last term, either by measuring forward, adding up the value added included in chains across a row, or backward, decomposing the final production of goods down a column.

While both contributions are valuable, they have certain limitations that prevent them from providing a full description of the role of countries in the chains. AC-MT measures do not distinguish international from domestic trade, and therefore it is not possible to interpret differences in positions solely by the indices. While it is true that more than three quarters of the world’s output is consumed in the same country where it is generated and therefore is not traded internationally (Wang *et al.*, 2017b; Dollar *et al.*, 2017), in certain types of analyses, having a global view of a country’s production can be useful. When conducting specific analyses of international trade it can be advantageous to work with the reference of gross exports, as this data can be found in the statistics. Given that none of the measures that Wang *et al.* (2017a) propose are based on gross exports, they also lack an easy or directly indicative interpretation for international trade. Wang *et al.* (2017a) categorize international trade into intermediates and final goods. In the forward perspective (in which linkages are tracked to final consumption) only the former is integrated into chains. Therefore, a part of what is commonly considered participation in chains is determined by the domestic component. Furthermore, the measures of position defined by these authors, calculated using the ratio between forward and backward lengths, can lead to erroneous interpretations. This is because the denominator and numerator are defined based on different sets of information, specifically, on different chains.

One notable advantage of the method proposed by Wang *et al.* (2017b) is that it shows that upstreamness and downstreamness are concepts that are relative to a given chain length. As a result, measures of distance cannot be compared without taking this into account. However, the main drawback to their method is that they define a forward and a backward length and then find the position by calculating the ratio between these two, so that the notion of absolute length is overshadowed by their measure of position.

In this article, I define upstreamness as the average number of stages that exports undergo before they are transformed into a final good or service. For gross exports,

the country, sector or country sector level because the sales structure (at a given level) does not coincide with the input supply structure.

the measure starts at zero when gross exports are at the final use stage, and it increases according to the distance to final demand. Downstreamness is defined as the average number of stages that primary factors (value added) have undergone before being exported by a country. It starts at one when exports are solely obtained from value added without intermediate inputs and it increases based on the cumulative importance of inputs. Total downstreamness can be divided into its domestic or international contributions. This division is useful when describing countries with similar downstreamness. Given that both upstreamness and downstreamness are based on the same information but refer to different flows, the measurements can be easily added together to create a new measure of length of chain defined at a country-sector level. The contribution that the stages before exports (downstreamness) make to total length is a measure of the relative position of a country sector in each chain. Every measure defined for country-sectors can be added together to find the measure for country, sector, and overall levels. Then, the position of the countries can also be described according to the interaction of a structural position (the relative importance of each sector for their exports) and idiosyncratic performance.

The methodology followed in this paper aligns with the approach that decomposes gross exports previously developed in studies by Borin and Mancini (2019), Koopman *et al.* (2014), Los and Timmer (2020), and Wang *et al.* (2013). While these prior works produce measures of depth or participation in chains using forward or backward biases, here, I aim to create measures of length and position in chains. The advantage of using gross exports instead of production or value added is that their interpretation is straightforward and familiar in the context of international trade, and it is through gross exports that countries are inserted into global chains. They also allow a direct and more integrated analysis of the measures created to describe forward and backward participation.

In that sense, gross exports also bear a resemblance in their interpretation to that of GVC participation where there is a total value that can be decomposed into its forward and backward terms (Borin & Mancini, 2019; Borin *et al.* 2021). While both families of measures are similar in their starting points and logic, they measure different aspects of value chains. Borin and Mancini (2019) and other related studies consider the instances in which value added crosses a border, and define GVC-trade as the value added that crosses a border more than once. The measures defined in the present study depart from the notion of one border crossing (the export itself) and take into account the distance to final demand or primary factors, rather than the number of borders crossed. In this sense, the measures used in this study are more inclusive because they account for single value chains (according to the definition followed by many authors such as Antràs, 2020; Wang *et al.*, 2017b; and Baldwin *et al.*, 2022). It should be noted that the larger the chain in which the country-sector participates (distance from primary factors or final demand) the higher the probability that the value will cross a second border, so it is obvious that both families of measures are positively correlated.

Following this introduction, the article has three more sections. The second section presents the benchmark measures for determining position and length in chains using MCIO according to total output (Antràs & Chor, 2018; Miller & Temurshoev, 2017) and for distinguishing trade in value chains from traditional trade (Wang *et al.*, 2017a); it goes on to present the alternative measures proposed for this study. The third section compares the results obtained from the three sets of measures using data from the World Input Output Database (WIOD) (Los *et al.*, 2015). Common and diverging outcomes are discussed, and a more complex analysis performed using the measure proposed for this article. Finally, the fourth section outlines some of the conclusions derived from the analysis.

MEASURES OF UPSTREAMNESS, DOWNSTREAMNESS AND RELATIVE POSITION IN VALUE CHAINS

General notation and definitions

Multi-country input-output (MCIO) tables organize the world output according to destination (in the columns) and the source of value (across the rows), as can be seen in Table 1. The global economy is organized into G countries, and production and use in each country is organized into N sectors.

Table 1.
Multi-country input-output table

Destination	Intermediate use			Final use			Output
	1	...	G	1	...	G	
Source	1	...	G	1	...	G	
1	Z^{11}	...	Z^{1t}	Y^{11}	...	Y^{1t}	X^1
s	Z^{s1}	...	Z^{st}	Y^{s1}	...	Y^{st}	X^s
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
G	Z^{t1}	...	Z^{tt}	Y^{t1}	...	Y^{tt}	X^t
Value Added	Va^1	...	Va^t				
Output	$(X^1)T$...	$(X^t)T$				

Source: Created by the author.

Where Z^{st} is an $N \times N$ matrix of intermediate inputs produced in country s and used in country t , Y^{st} is an $N \times 1$ vector of final goods produced in country s and consumed in country t , X^s is an $N \times 1$ vector of output of country s and Va is a $1 \times N$ vector of direct value added in country s . T is the transpose operator. All intermediate transactions can be arranged in an $NG \times NG$ matrix: Z . Final demand is divided into two vectors: Y^D is a vector of $NG \times 1$ that accounts for domestic demand (every Y^{st} where $s = t$) and Y^F is a vector of $NG \times 1$ that combines all foreign final demand of every country-sector (every Y^{st} where $s \neq t$). Then, total final demand can be split into

domestic and foreign ($Y = Y^D + Y^F$). Also, X is a vector of $NG \times 1$ that accounts for production in each country-sector and Va is $1 \times NG$ vector of direct value added in every country sector.

The Leontief matrix $A = Z\hat{X}^{-1}$ facilitates use of the standard notation in input-output analysis. The operator $\hat{\cdot}$ indicates that the vector is expressed as a diagonal matrix. The usual decomposition of production is:

$$X = AX + Y \tag{1}$$

The International Leontief inverse matrix is defined by:

$$B = (I - A)^{-1} \rightarrow X = BY \tag{2}$$

Analogously, the Gosh matrix $J = \hat{X}^{-1}Z$ expresses intermediate use as shares of total use. The alternative decomposition of output is:

$$X^T = X^T J + Va \tag{3}$$

Then, the International Gosh inverse matrix is defined by:

$$H = (I - J)^{-1} \rightarrow X^T = (Va)H \tag{4}$$

It will be useful to express the value added as shares of output: $V = Va\hat{X}^{-1}$. Taking the data from the columns, the output is the result of the combination of intermediate inputs plus the value added. This equation illustrates the Leontief function of production:

$$X^T = u\hat{X} = uZ + Va = uA\hat{X} + V\hat{X} \tag{5}$$

Where u is a $1 \times G$ vector of ones. Post multiplying by \hat{X}^{-1} the expression is $u = uA + V$. This results in the decomposition formula for production.

$$uI - uA = u(I - A) = V \rightarrow u = V(I - A)^{-1} = VB \rightarrow u = u\hat{V}B \tag{6}$$

A unit of output can be decomposed according to the value's country and sector of origin. $\hat{V}B$ has useful properties, as when post multiplied by a diagonal matrix of final demand, it will result in a complete decomposition of all the value added that has been included in it.² $\hat{V}B$ can also be used to split vectors other than final demand, such as output or exports.

A contains both the domestic and foreign coefficients of input utilization, which can be split into a matrix of domestic requirements (A^D) and a matrix of international requirements (A^F) (Wang *et al.*, 2017b). Then $A^F X$ will represent the international trade in intermediates.

$$A^D = \begin{bmatrix} A^{ss} & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & A^{tt} \end{bmatrix}; A^F = A - A^D = \begin{bmatrix} 0 & A^{su} & A^{st} \\ A^{us} & \ddots & \vdots \\ A^{ts} & \dots & 0 \end{bmatrix}$$

² $\hat{V}B\hat{Y}u^T = Va$ and $u\hat{V}B\hat{Y} = Y^T$

The Local Leontief Inverse matrix partition of A should also be defined.

$$L = (I - A^D)^{-1}$$

Relevant definitions from the literature

Definitions based on of world production

Dietzenbacher and Romero (2007) used the notion of Average Propagation Length to measure the distance between two sectors. Antràs *et al.* (2012) and Fally (2012) then used it to create a definition of the upstreamness of a sector that counts the number of stages involved in the production of a sector before reaching final demand. Analogously, Antràs and Chor (2013) define downstreamness as the distance between output and the productive factors. Then, Antràs and Chor (2018) and Miller and Temurshoev (2017) applied these concepts to an MCIO to measure the degree of upstreamness and downstreamness of global production.³

Using the algebra and terminology of Miller and Temurshoev (2017), the ‘Output Upstreamness’ of AC-MT is defined by:⁴

$$OU = \hat{X}^{-1}(I + 2A + 3A^2 + \dots)Y = \hat{X}^{-1}BBY = \hat{X}^{-1}B\hat{X}u^T = Hu^T$$

And ‘Input Downstreamness’ by:⁵

$$ID = Va(I + 2J + 3J^2 + \dots)\hat{X}^{-1} = VaHH\hat{X}^{-1} = u\hat{X}H\hat{X}^{-1} = uB$$

Definitions based on value added included in final demand

The definitions produced by Wang *et al.* (2017a) start from the matrix of value added included in the final demand: $\hat{V}B\hat{Y}$. Each cell of this $NG \times NG$ matrix contains the direct and indirect value added of a sector-country of origin included in the final demand of a given sector-country. This calculation includes the direct relationships between row and column and also the total of the indirect relationships connecting these two sectors. The output used in this value-added flow is the number of times that value has been counted as output in that relationship. Again, the method of counting stages applies.

$$\hat{V}B\hat{Y}$$

³ Antràs and Chor (2018) go on to propose simpler measures of upstreamness and downstreamness that are highly correlated with U and D. These basic measures are simply the ratio between final demand and production for upstreamness (the higher the ratio the lower the upstreamness) and the ratio between direct value added and production for downstreamness (the higher the ratio the higher the downstreamness), both at sector level.

⁴ The first equation uses the equivalence $(1 + 2A + 3A^2 + \dots) = BB$ and the last uses the equivalence between the Leontief and Gosh inverse matrices: $\hat{X}^{-1}B\hat{X} = H$ (see Appendix for a demonstration of both equivalences).

⁵ Again, the first equation uses the equivalence $(1 + 2J + 3J^2 + \dots) = HH$ and the last uses the equivalence between the Leontief and Gosh inverse matrices: $B = \hat{X}H\hat{X}^{-1}$ (see Appendix).

The ratio between the production stages counted and the value added in each cell is the average length of each relationship.

$$\frac{\hat{V}BB\hat{Y}}{\hat{V}B\hat{Y}}$$

Wang *et al.* (2017a) define the upstreamness measure for total output using the ratio between the sum of each row of the numerator and the denominator.

$$U_W^{Tot} = \frac{\hat{V}BB\hat{Y}u^T}{\hat{V}B\hat{Y}u^T} = \frac{\hat{V}BBY}{\hat{V}BY}$$

When the value added is simplified, and $X = BY$ is used, it can be observed that the total forward chain length measure calculated by Wang *et al.* (2017a) matches that of AC-MT: $U_W^{Tot} = OU$

Wang *et al.* (2017a) define the downstreamness measure for total output as the ratio of the aggregation of each column of the numerator and the denominator. It once more coincides with the 'Input Downstreamness' measure.

$$D_W^{Tot} = \frac{u\hat{V}BB\hat{Y}}{u\hat{V}B\hat{Y}} = \frac{VBB\hat{Y}}{VB\hat{Y}} = \frac{VBB}{VB} = \frac{uB}{u} = uB = ID$$

However, Wang *et al.* (2017a) do not apply their measures to total output, rather, they estimate a measure for each of the components of total output according to the decomposition of total output developed previously in Wang *et al.* (2017b):

$$\hat{V}B\hat{Y} = \hat{V}L\hat{Y}^D + \hat{V}L\hat{Y}^F + \hat{V}LA^FB\hat{Y}$$

The first component is the term that includes the value added integrated into exclusively domestic chains that are consumed domestically, the second term is domestic value added that is included in the final production that is exported, and the third term is value added integrated into value chains. The analysis of global value chains in Wang *et al.* (2017a) focuses on the third term. As for total production, length is identified for each term and divided by the value added included in that flow. For domestic and final goods chains the average length is simply:

$$AL_{dom} = \frac{\hat{V}LL\hat{Y}^D}{\hat{V}L\hat{Y}^D}; AL_{fin} = \frac{\hat{V}LL\hat{Y}^F}{\hat{V}L\hat{Y}^F}$$

However, for the term representing the length of the global value chains it is necessary to distinguish domestic stages, *i.e.*, the linkages that occur before the value-added crosses the border, and international stages, *i.e.*, the linkages that occur after the value added has left the country of reference.

$$AL_{CGV} = \frac{\hat{V}LLA^FB\hat{Y} + \hat{V}LA^FBB\hat{Y}}{\hat{V}LA^FB\hat{Y}}$$

Once more, in the forward perspective, the sum of the rows of both matrices defines the upstreamness measure. In the backward perspective, the sum of the columns defines the downstreamness measure.

Wang *et al.* (2017a) establish the position of a sector-country in a value chain through the quotient of both ratios. A value greater than one indicates that the country-sector has a longer forward than backward length, *i.e.*, that the sector is further away from final consumption than from primary factors and is therefore positioned upstream in the value chain. Adding together all sectors generates measures for the countries.

It is important to note that the measure that Wang *et al.* (2017a) use for the position in value chains is defined based on two sets of information that refer to different flows. The upstreamness measure quantifies the average number of stages that the value added of a sector in a country went through before becoming a final good. This, provided that there is international trade of intermediates (represented by the matrix A^i) between the reference value added and final production. The downstreamness measure is calculated by counting the average number of stages between the point at which a sector's value added was incorporated and the final goods production of a country sector. Here, only value added that entered the country of reference through international trade in intermediates is counted, while domestic value added that is combined with these inputs is not integrated into the chains.

In the measures proposed by both AC-MT and Wang *et al.* (2017a), the length of a chain is a concept that cannot be shown as a number, since there is still a forward (upstreamness) and a backward (downstreamness) measurement to be found. A proposed solution to this problem is set out in the next subsection.

Measures based on gross exports

Starting with a study by Koopman *et al.* (2014), an important strand of the literature has developed concerned with measuring participation in global value chains by decomposing the vector of gross exports. This method allows interpretation guided by terms such as “domestic content of trade”, “foreign value”, “double-counted term” or “back-and-forth” trade. All these measures can combine the origin of value together with the use after they have been separated from each other. The measures outlined in this section begin from the same starting point, but differ thereafter.

In the following methodology, two measures for gross exports will be defined. Three equations for the direct combination of these measures will output measures for length and position of exports in global value chains.

Distance from exports to final demand: Upstreamness

This measure counts the average number of times a sector or country's exports are factored into stages of production until they are incorporated into final demand.

Similar to the concept of forward linkages discussed in the literature on measuring chain participation (Borin & Mancini, 2019; Koopman *et al.*, 2014; Los & Timmer, 2020), this measure of upstreamness depends on the type of good being exported and the use made of the good at its destination, rather than in the country from which it is exported.

Eq. 1 divides total production into intermediate and final production. Likewise, gross exports can be divided into intermediate and final exports:

$$E = A^F X + Y^F \quad (7)$$

Using the Leontief inverse matrix and Eq. 2, exports then can be decomposed as follows:

$$E = A^F B Y + Y^F = A^F (I - A)^{-1} + Y^F = Y^F + A^F (I + A + A^2 + A^3 + \dots) Y \quad (8)$$

Exports are divided according to the a number of stages to final demand. The first term represents the final demand, so no additional stage is required. The number of additional stages is zero. The second term ($A^F Y$) represents exports of intermediates that are directly included in final demand. The number of stages is one. The third term ($A^F A Y$) corresponds to two additional stages before being included in the final demand. Then, the total production is measured as follows:

$$U_E = 0.Y^F + A^F (1.I + 2.A + 3.A^2 + 4.A^3 + \dots) Y \quad (9)$$

Antràs *et al.* (2012) explain that the term in parentheses is (BB), and can be incorporated into the equation that shows the average number of stages that exports undergo before being included in the final demand:

$$U_e = \frac{U_E}{E} = \frac{A^F B B Y}{E} \quad (10)$$

Now, U_e represents a vector that is produced from a ratio of vectors. Its size is generally defined by $NG \times 1$, and each row shows the average forward-facing length of exports of sector N from country G . U_e is defined only for each sector that produces exports. By adding together U_e and E for the sectors of a country, U_e can also be expressed as a vector of $G \times 1$, in which the average length of exports in a forward direction of each country is indicated. Also, an alternative method of aggregation of U_e can result in a vector of $N \times 1$, indicating the average length of exports of each sector globally.

Distance from exports to primary factors: Downstreamness

This backward-looking measure counts how many stages on average the value added underwent until it was incorporated into a country's gross exports. These stages may have been domestic or international.

To estimate downstreamness it is necessary to track the sector-country of origin of the value added included in gross exports. V is defined as a row vector that includes coefficients from value added to output. Any output vector can be split using VB to identify the sector of origin of the value added (Borin & Mancini, 2019).

$$E^T = VB\hat{E} = V(I + A + A^2 + A^3 + A^4 + \dots)\hat{E} \quad (11)$$

Each of the terms is a row vector and corresponds to value added in exports at a production stage. The first term is $V\hat{E}$, that is, a row vector that contains the value added by the producer of exports. The second term, $VA\hat{E}$ is the value added by all input producers, purchased in each sector by the exporter for its production (which can be domestic or international). The third term, $VAA\hat{E}$, is the value added by the input producers and then used by the input producers, then by the exporters, and so on. It is possible to weigh each term by the number of times the value is accounted for in production. Furthermore, the sum of the value added by all producers at each stage is the value of exports. Then, the distance from exports to value added can be defined by:

$$D_e = \frac{D_E}{E^T} = \frac{V(1.I+2.A+3.A^2+4.A^3+5.A^4+\dots)\hat{E}}{E^T} = \frac{VBB\hat{E}}{E^T} \quad (12)$$

It is useful to divide the numerator of the backward length of exports according to whether production occurred in domestic or international stages.

$$D_E = VBB\hat{E} = D_{E_dom} + D_{E_int} = VLL\hat{E} + VBA^F LL\hat{E} + VBBA^F L\hat{E} \quad (13)$$

The first term accounts for the domestic value-added chain in exports with no stages abroad. It measures the circulation of domestic value added in the export production structure before it is included in exports. The second term accounts for the circulation of imported inputs in the domestic economy. Each time an imported input is included in a stage in an export chain, this value is counted. The first and second terms together represent the domestic contribution to the backward length of chains (D_{E_dom}). The third term accounts for the stages that international inputs underwent before entering into the productive structure of the exporting country. This is the international contribution to downstreamness (D_{E_int}).

It should be noted that the definition of domestic is limited to the value that is included within the domestic economy after importing inputs. Domestic value can also encompass value that is contained within imported inputs (Koopman *et al.*, 2014), but for the purpose of manipulating international matrices it is important to clarify at what moment domestic and international considerations are taken into account. Accordingly, I will follow the source-based perspective (Borin & Mancini, 2019, Nagengast & Stehrer, 2016) in which the definition of domestic will be reduced to the last time that a portion of value is added inside the country of reference. An alternative approach is to use a Sink-based perspective, where all value generated in a country should be counted as domestic, irrespective of its circulation. See Borin and Mancini (2019) for a discussion of the advantages and drawbacks of using these methods. The proper definition is key when value must be divided between domestic value, foreign value and double counted. When analyzing length and position in chains however, the definition is not important.

It is also possible to use $D_{e_dom} = \frac{D_{E_dom}}{E^T}$ and $D_{e_int} = \frac{D_{E_int}}{E^T}$ to define the domestic and international contribution to downstreamness. This method reflects

the average of the relative importance of domestic value added and imported inputs, as well as the complexity of the productive structure of the exporting country and its suppliers.

Length of chains in which exports are involved

The sum of the domestic and international contribution measures equals the length of global value chains in a country's exports. U_e is a vector of NG rows defined between zero and infinity, yielding zero if a country sector exports final goods exclusively. D_e is a vector of NG columns defined between one and infinity, equaling one if the country sector does not use inputs from other sectors. Both measures can be calculated for countries by aggregating all sectors of a country.

These measures have an advantage over the previous ones in that they are defined for exports, and therefore dialogue better with measures of participation in international trade. In addition, unlike previous measures, those defined here can be aggregated into a single measure of total chain length for chains in which exports are involved.

The total length of chains in which exports participate, measured from primary factors to the production of final goods, is calculated as follows:

$$LC = U_e + D_e^T \quad (14)$$

LC is a row vector of dimension NG and ranks between one and infinity. The minimum length of one corresponds to an export of a final good undertaken exclusively by value added in the exporting sector, that is, without using inputs from another sector. By aggregating every sector in a country, it can be transformed into a vector of dimension G .

Relative position of exports in a value chain

Once the total length is defined, the Relative Position can be laid out as a ratio:

$$RP = \frac{D_e^T}{LC} \quad (15)$$

The relative position of a country-sector in a value chain ranks between zero and one. A value close to zero indicates a country-sector that is located towards the beginning of a chain, that is, the country-sector is used several times by other country-sectors before being included in final demand, but the country-sector itself uses relatively low inputs from other sectors. This is the case of a country-sector with long upstreamness and short downstreamness. A value close to one indicates that the value added was included in the export which was transited through a high number of intermediate sectors and it is close to the end of the chain. This type of country-sector has short upstreamness and long downstreamness.

It will be useful to this study to build a measure of relative position that can be compared with those produced in other studies.

Balanced relative position of exports in value chains

$$BRP = \frac{D_e^T}{U_{e+1}} \quad (16)$$

When upstreamness is defined as starting at zero, adding one to it allows for comparability with measures of position such as those developed by AC-MT and Wang *et al.* (2017a). It is important to note that Wang *et al.* define their measure inversely to Eq. 16, as the ratio between upstreamness and downstreamness. BRP ranks between zero and infinity. Values above one represent a downstream biased position, and below one an upstream biased position.

To measure the position of a country (or sector-country) in the chain, it is necessary to take into account both the total length of the chain in which it is located and the contribution made by each of the two measures that make up its length. Downstreamness is defined by the country's production function and its supply structure (and that of its suppliers), while upstreamness is determined by the use that other countries make of the country's production. This way of decomposing the results has several advantages. Since the final position and length is a weighted average of the position and length in each sector, a country's position can be divided into 'structural' and 'idiosyncratic' positions. The 'structural' position is the result of the composition of exports. The 'idiosyncratic' position is the difference between the country's overall position and its structural position, and is determined by the country's own production and supply structure and the characteristics of the markets supplied. Countries may shift upstream or downstream simply because of what they export, or they may have their own idiosyncrasy.

EMPIRICAL APPLICATION: MEASURING SPECIALIZATION ALONG VALUE CHAINS

The purpose of this section is twofold. First, it describes the most relevant results related to the evolution of the measures of upstreamness, downstreamness, length and position at overall, country, sector, and country-sector levels. It also shows the usefulness of the new measures developed. Second, it shows that the measures developed in previous studies have produced somewhat different results than those presented here. This disparity can lead to misleading conclusions being drawn regarding specialization in global value chains.⁶

⁶ Since the objective of this paper is not to survey the empirical literature on participation in global value chains, this section does not include analysis of widely cited works such as de Backer and Miroudot (2014), World Bank (2019), or Xing *et al.* (2021).

In the first subsection, the application of measures at an overall level is presented to quantify the evolution of the fragmentation of global production. The second subsection applies metrics based on gross exports to describe the length and position of countries and their evolution. The third compares these results with the reference measures from prior studies, and highlights the differences found. A fourth subsection describes the structural and idiosyncratic position results. The section concludes by showing sector and country-sector level results, highlighting differences in position and length among countries within bigger exporting sectors.

The estimation of the results was performed on the 2016 version of WIOD data for the period 2000-2014 (Los *et al.*, 2015). 56 sectors (based on ISIC 4, compatible with SNA version 2008) from 44 countries are surveyed.

General evolution of chain length

Table 2.

Chain length measures. Selected years from 2000-2014

	Measure	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2012	2014	Annual growth
Measures	AC-MT Total	2.01	1.98	2.04	2.13	2.19	2.20	2.26	2.31	1.0%
from the	Wang <i>et al.</i> : Total	1.93	1.90	1.94	2.01	2.06	2.05	2.10	2.13	0.7%
literature	Wang <i>et al.</i> : Domest	1.69	1.67	1.67	1.69	1.71	1.73	1.75	1.78	0.4%
	Wang <i>et al.</i> : GVC	4.01	3.98	4.05	4.18	4.24	4.30	4.37	4.43	0.7%
Based on	Upstreamness	1.32	1.28	1.35	1.45	1.53	1.54	1.60	1.62	1.5%
Gross	Downstreamness	2.29	2.29	2.34	2.42	2.46	2.48	2.52	2.55	0.8%
Exports	Length	3.61	3.57	3.69	3.87	3.99	4.01	4.12	4.16	1.0%

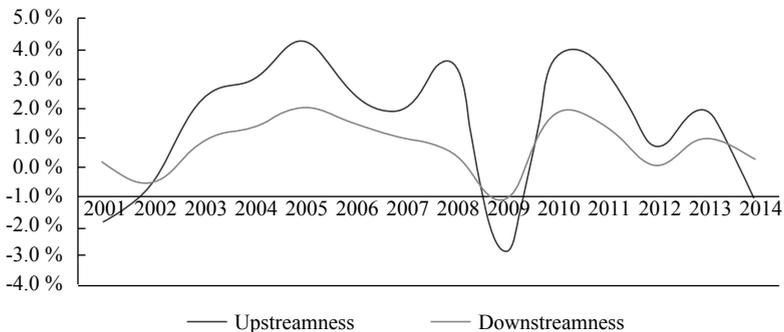
Source: Own calculations based on WIOD version 2016.

All measures reported an increase in the total length of global value chains. It should be noted that the measures of upstreamness and downstreamness developed by AC-MT and Wang *et al.* (2017a) yield equivalent results when calculated for a total MCIO. This means that differences between upstreamness and downstreamness only arise at the country-sector, country or sector level (Miller & Temurshoev, 2017; Wang *et al.*, 2017a). The AC-MT measure (of both U and D) shows a growth rate of 1% per year over the period. The total Wang *et al.* (2017a) measure, weighted by value added instead of by production, shows a lower increase of 0.7% per year. The breakdown produced by the Wang *et al.* (2017a) measure between domestic chains (including exports of final goods) and global value chains indicates that the latter are the driving force behind productive fragmentation, since they increased at a faster rate than domestic chains (especially in the first part of the period).

The gross export-based measures also indicate that chains have increased in length. The growth rate they calculated coincides with that of AC-MT (1% per year). The division of growth between upstreamness and downstreamness indicates that the chains grew more upstream. In total, the upstreamness of exports increased from 1.32 to 1.62, while the backward length increased from 2.29 to 2.55. It is important to remember that the first measure starts at 0 (if all exports are final goods) and the second starts at 1 (if all exports are composed of value added directly incorporated by the exporting firm). In total, the length of chains defined using gross exports rose from 3.61 to 4.16 in the study period. The relative position measure reduced from 0.64 to 0.61. This growth in chain length skewed toward an increase in forward length implies that exports moved “backward” in the chain in relative terms. Figure 1 also shows that the lengthening of chains occurred mainly between 2003 and 2008.

Figure 1.

Annual growth rate of world upstreamness and downstreamness based on gross exports.



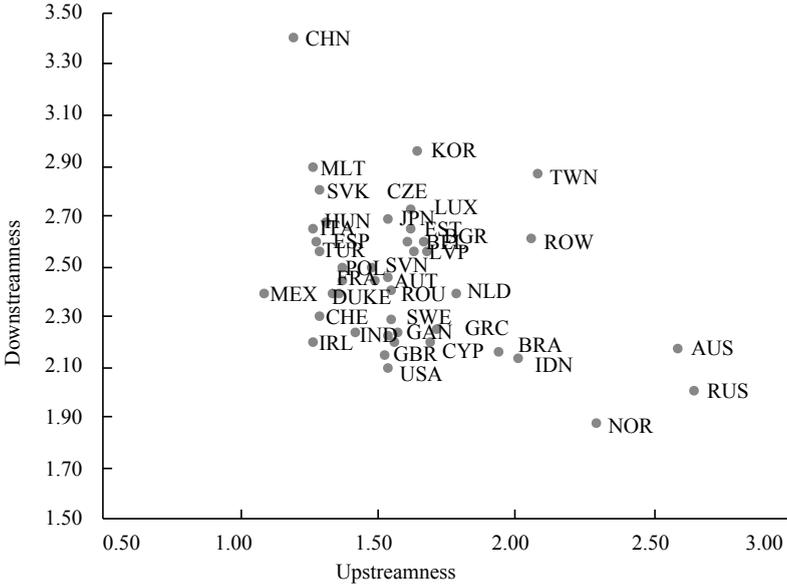
Source: Created by the author based on WIOD.

Evolution of upstreamness, downstreamness, length and position at country level

This section examines how the measures of the countries show their evolution. All measures are calculated as ratios, with the aggregation performed on the numerator and denominator to produce the result. The position of a country is a weighted average of the positions of its country-sectors.

Figure 2 depicts the upstreamness and downstreamness of gross exports as well as the measures of length and position. The further from the origin a country is, the larger the length of its exports. Taiwan, Australia, Rest of the World, Russia, Rep. of Korea and China are the countries with the largest measured export length. The negative correlation between upstreamness and downstreamness result in less variation in the length of chains than when the measures are defined separately.

Figure 2.
Upstreamness and downstreamness of exports, 2014.



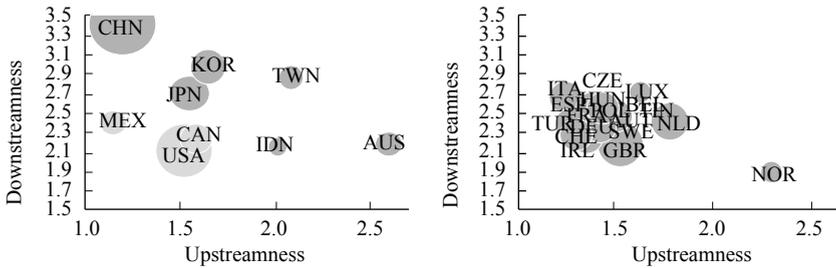
Source: Created by the author based on WIOD.

Australia, Russia, and Norway (although it has a shorter chain), show a strong bias towards forward participation. Meanwhile, China stands out for its considerable backward participation. The graph also highlights other commodity producers with high upstreamness such as Brazil and Indonesia, and also identifies some European end-of-chain countries. Mexico stands out as a country with short chains and very low forward linkages. The position of Mexico and its evolution has been well documented using alternative measures (Chiquiar & Tobal, 2019). Countries with strong services sectors, such as USA, Great Britain, Ireland, and Switzerland, also have particularly short export chains. For example, USA and Switzerland have a total length of 3.6, 0.6 below the world average.

Figure 3 shows the positions of the main countries within the world's three global factories: the Americas (6a), Asia-Pacific (6a) and Europe (6b). The Asia-Pacific factory is more specialized and has a higher length. The Americas exhibit lower levels of fragmentation, resulting in shorter chains, while Europe occupies an intermediate position in this regard. Countries such as Czech Republic, Hungary, Poland and Turkey stand out in the graph as economies based on assembly of goods. Similarly, the graph highlights countries like Ireland, Switzerland and United Kingdom in their role as exporters of services.

Figure 3.

Upstreamness and downstreamness of countries in the global factories.



(a) Americas (light grey) and Asia-Pacific (dark grey) (b) Europe
Source: Created by the author based on WIOD.

Figure 4 shows the same information but with an emphasis on chain length and the contributions of its components. Downstreamness is graphed on the negative axis. Black bars show the proportion of length claimed by production in the exporting country and dark grey bars show the length of the chain before production enters the reference country (see Eq. 13). Relative position is given by the ratio between downstreamness and total length (Eq. 15). The countries are ordered by position, from the most upstream (Russia) to the most downstream (China). Russia, the most upstream country in the sample has a relative position of 0.43, *i.e.*, 57% of Russia’s chain length occurs after its product is exported. Surprisingly, USA and Taiwan are among the countries closest to the beginning of their chains. For these countries, 58% of length occurs before export, but 42% of length – a relatively high number – occurs after export. At the other extreme is China, which, as we mentioned earlier, is one of the countries with the longest chains. The graph shows that 74% of production stages occur before China exports its products. The comparative size of the black and dark grey bars shows that almost all of China’s chain length is given over to domestic production. Other countries that are positioned further along their chains (except for Italy, Spain, and Rep. of Korea) tend to rely on imported intermediate inputs, adding length to their supply chains, and contributing relatively little domestically (see, *e.g.*, Hungary and Slovakia).

Figure 5 shows the change in upstreamness and downstreamness over the period analyzed. As mentioned, this change was biased towards an increase in forward length. Australia, Brazil and Taiwan strongly increased their distance from final goods, moving towards the center of the value chain. While Taiwan increased distances in both directions, the others two reduced their backward length. USA and Canada also became more upstream over the period, by basically not increasing their backward length and moving further away from final demand. On the other hand, Slovakia, Czech Republic, Bulgaria, Romania and Spain increased their backward length without changing their forward length in practical terms.

Figure 4.

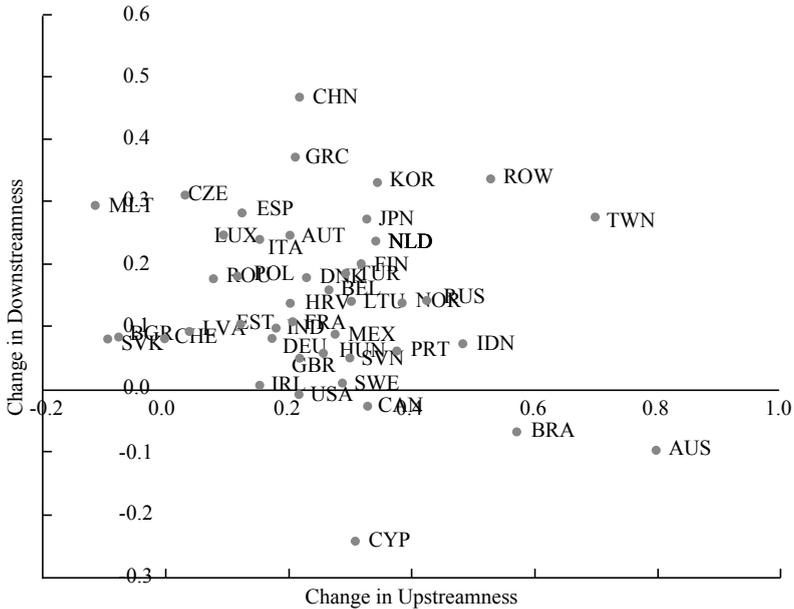
Length of chains based on exports and the relative contributions of upstreamness and (domestic and international) downstreamness, 2014.



Source: Created by the author based on WIOD.

Figure 5.

Change in upstreamness and downstreamness between 2000 and 2014.



Source: Created by the author based on WIOD.

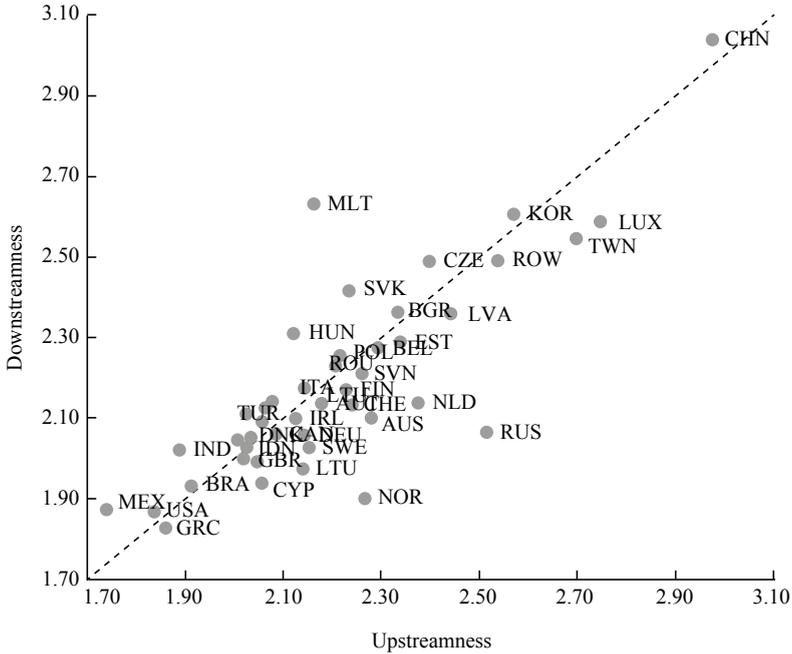
Czech Republic became the most downstream European country in the sample, displacing Hungary, which grew in the opposite direction. Mexico exhibited a similar evolution to the average, although with a certain bias away from downstream demand. Japan and Rep. of Korea experienced fairly high and balanced growth in the length of their chains.

Comparison with measures from prior studies

The measures developed in this article yield results that, to some extent, align with previous studies. However, they also reveal other aspects of the international position of countries in GVC that the prior literature does not explore. Figure 6 shows the AC-MT measures. As both of these studies (AC & MT) point out, both measures are strongly correlated. This high correlation, seen as “puzzling” by Antràs and Chor (2018), shows that countries with a large distance to final demand also have a large distance to value added. It is clear from Miller and Temurshoev’s (2017) observations that both measures are two sides of the same coin. As Antràs and Chor (2018) point out, if a country’s total value added is equal to final output, as is the case for closed economies, a country will produce identical results for both measures. Antràs and Chor (2018) indicate that as countries become more integrated into world trade, greater specialization is expected and thusly, less cor-

Figure 6.

AC-MT measures of upstreamness and downstreamness at a country level, 2014.



Source: Created by the author based on WIOD.

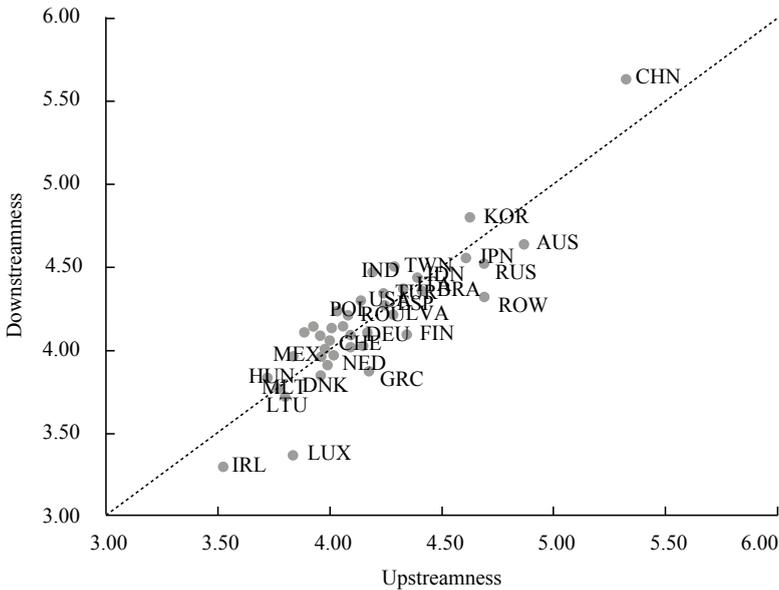
relation between the two measures will occur. However, as they also point out, the evidence shows an increasing correlation over the period studied.

As can be seen in Figure 6, China is different from the rest of the countries. The country has a length of 3 and little bias towards downstreamness. Mexico and USA are positioned at the opposite end to China, with a chain length of less than 2. Although Brazil is a major exporter of primary minerals, this is not reflected in these measures, where the country appears close to both final demand and value added. Figure A1 in the appendix is the same graph for the period between 2000 and 2014. This graph shows that Taiwan, China and Rep. of Korea are the countries that most increased the length of their total production in this period.

Figure 7 shows the measure of length in forward and backward value chains according to the method by Wang *et al.* (2017a). Again, China stands out from the rest, exhibiting a considerably longer length than the rest. Rep. of Korea and Taiwan also have a longer length in the GVC component than the rest as well as a backward bias, while Australia, Russia and Rest of the world have significant forward length. The graph also shows that USA is situated in longer chains than those suggested by the measure based solely on total production. This could be due to a high weighting of non-integrated production in chains.

Figure 7.

Wang *et al.* (2017a) measures of upstreamness and downstreamness at country level for GVC component, 2014.



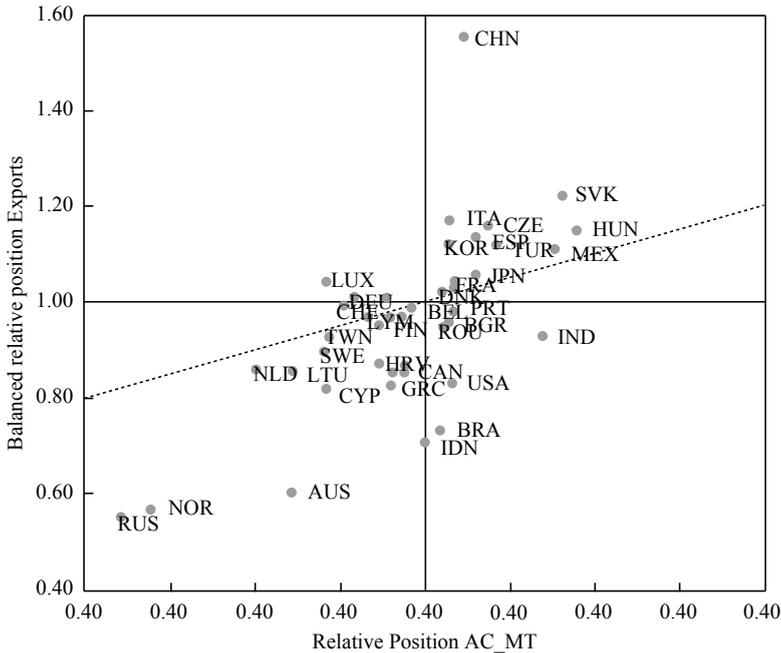
Source: Created by the author based on WIOD.

The balanced relative position defined in the previous section (see Eq. 16) allows the position of the countries according to each of the methodologies tested to be compared. The BRP will be compared to the ratio between downstreamness and upstreamness derived from the measures proposed by AC-MT and Wang *et al.* (2017a).

Figure 8 compares the BRP based on gross exports with those derived from the AC-MT measures. The positive correlation indicates that the measures tend to place countries in the same space. However, there are some differences. First, export measures naturally generate less balanced positions. Secondly, the countries located in quadrants 2 and 4 exhibit relative positions that differ in direction based on the measure used. Brazil, USA and Indonesia stand out as having higher downstreamness according to AC-MT, but according to the export-based measures, should be positioned higher upstream. On the other hand, Germany, Switzerland and Luxembourg should be positioned upstream according to AC-MT but appear balanced when defined by the export-based measure. The comparison between China and Mexico is also useful. Both measures agree that the countries are downstream, but Mexico should be further downstream according to AC-MT and China further upstream according to the BRP.

Figure 8.

Balanced relative position of exports and ratio of upstreamness to downstreamness according to AC-MT, 2014.



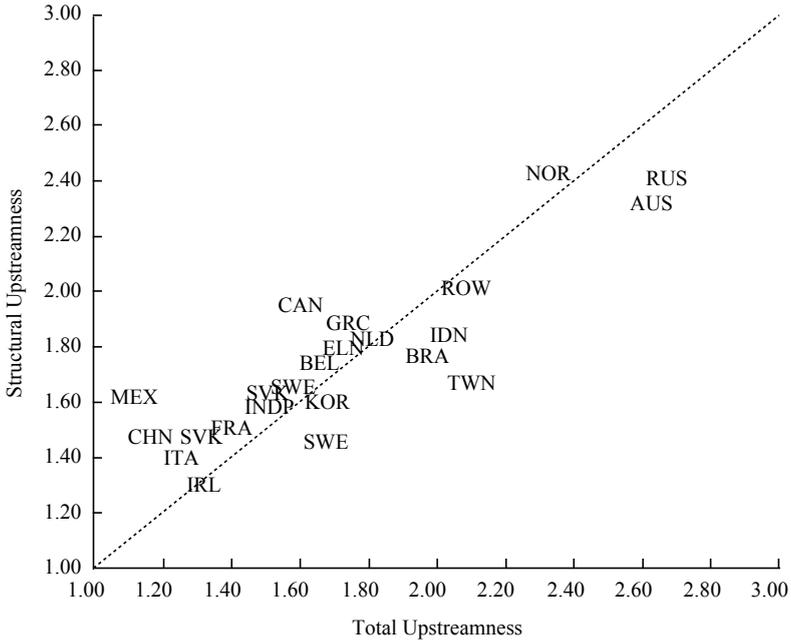
Source: Created by the author based on WIOD.

Figure A3 in the appendix shows the comparison between the BRP based on exports and the inverse of the relative position measure developed by Wang *et al.* (2017a). The results are similar. The countries that the different approaches disagree on, classified as downstream according to Wang *et al.* (2017a) and upstream according to the BRP, are USA, Canada, Indonesia, India, Taiwan and United Kingdom.

Countries with idiosyncratic performance

The information constructed and presented above is useful for assessing the performance of countries in value chains beyond their export basket. In each of the two possible directions, ‘idiosyncratic’ performance is determined as the difference between the length achieved and the ‘structural’ length. The ‘structural’ length is the length that would indicate an average performance based on the sectoral structure exported by the country. To evaluate this result, each performance will be analyzed separately. Figure 9 shows the measure of total (effective) upstreamness versus structural performance, *i.e.*, the expected upstreamness based on the weight of each sector in its exports. The distance to the 45-degree line measures the size of the ‘particularity’. Russia, Australia and Norway have

Figure 9.
Structural and total upstreamness, 2014.

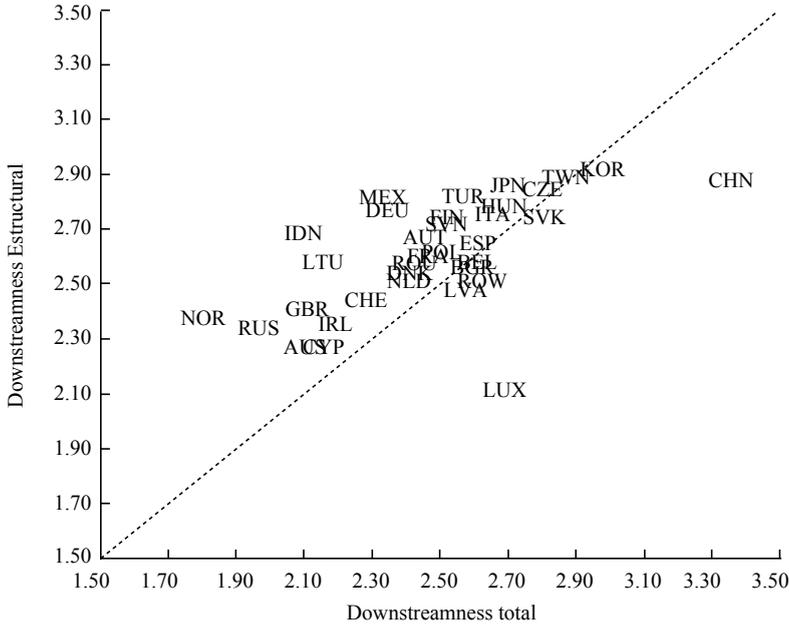


Source: Created by the author based on WIOD.

an export structure that positions them far from final demand. However, while Russia and Australia have a larger effective distance than their structure indicates, Norway has a smaller effective distance. It is possible then that Australia and Russia behave this way because their sales are more concentrated in the longer Asian markets, while Norway sells to shorter markets, typically in the Americas and Europe. Taiwan, Brazil and Indonesia also import part of their length because of their exposure to the Asian market. Meanwhile, although Mexico and Canada’s structures would indicate a close-to-average upstreamness, they in fact have a much greater proximity to final demand. This must be related to the fact that they sell mainly to the United States, a market close to final demand. On the other hand, China also has a greater proximity to final demand than would be expected given its structure.

Figure 10 shows the same information for downstreamness. It highlights the performance of China, which has a much longer backward length than its trade indicates. This is because this country has the highest domestic linkages of all countries. Most countries have a shorter distance to productive factors than their structure indicates. China’s heavy weight and its structural difference compared to the rest of the countries explains this difference. Among the countries that are furthest away from their structural downstreamness are large exporters of manufac-

Figure 10.
Structural and total downstreamness, 2014.



Source: Created by the author based on WIOD.

tured goods, such as Mexico, Germany, USA and Indonesia. Asian countries that have a similar structure do not move away from their structural position, mainly due to the greater length of Asian production.

The total length of chains can also be broken down into their particular and structural lengths. Graph A3 in the Appendix shows their evolution. Mexico stands out as the country whose total length deviates furthest from the length suggested by its structure, since it is shorter both forwards and backwards. Mexico has a structural length identical to Rep. of Korea. However, due to its sales structure and production function, its length is one step shorter than that of Rep. of Korea.

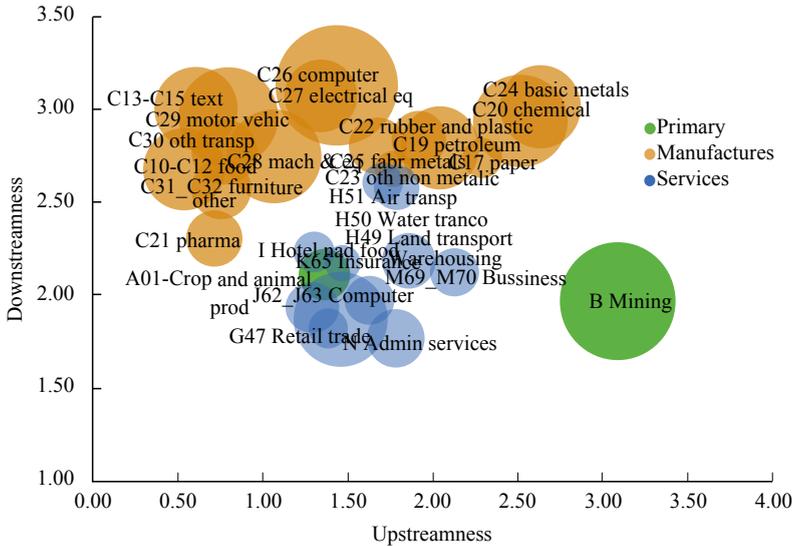
Sector and country-specific length and position

Upstreamness and downstreamness at a sector level

Figure 11 shows the upstreamness and downstreamness of the top 30 exporting sectors (out of a total of 56). The size of bubbles represents importance in total exports. As shown in the graph, the differences in the distance to final demand (upstreamness) are very large, while the distances to value added (downstreamness) are quite similar. All manufacturing sectors report an average distance of between 2.6 and 3.1, except pharma. Primary and tertiary sectors have a distance

Figure 11.

Upstreamness and downstreamness of exporting sectors, 2014.



Source: Created by the author based on WIOD.

to value added of between 1.8 and 2.2, except for transportation where it is higher. Upstreamness reports large differences. Mining stands out for its larger than average distance to final demand. Additionally, base metals, chemicals, petroleum and fabricated metals report significant distances, while electrical materials, computers and machinery and equipment have an intermediate distance to final demand. Finally, motor vehicles, textiles, pharma and food sectors are situated very close to the final consumer. For services, the closest sectors to the final consumer are computer programming, accommodation and food, financial services and trade, while business and administrative services are further away.

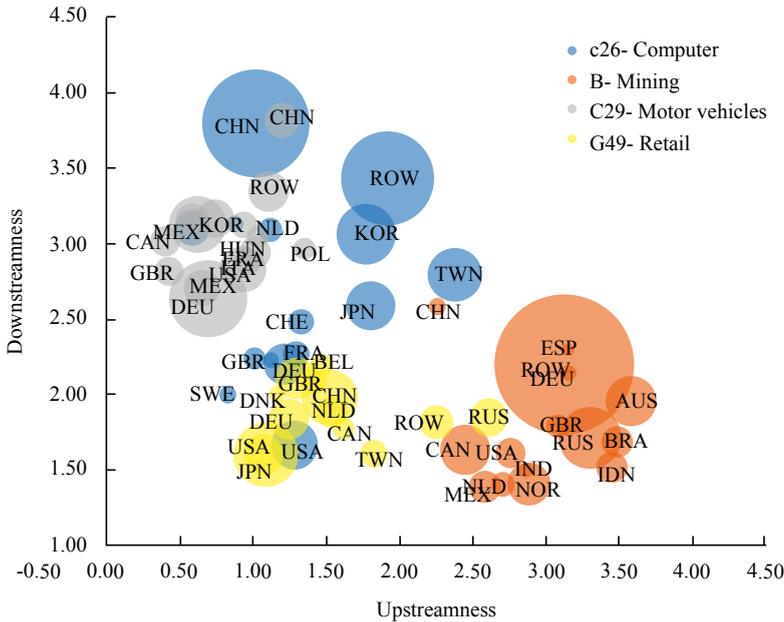
Sector-country analysis of position

The information at the country-sector level completes the description. Figure 12 shows the position of the four main exporting sectors in the database and the top ten exporting countries in each sector. The size of the bubbles represents the importance of each country-sector in exports. The top four sectors have quite different positions.

In the computer equipment sector, China appears as the country with the highest downstreamness and one of the lowest upstreamness, contrasting strongly with the position of the USA, in close proximity to value added. The other Asian countries in the sample have a much greater downstreamness than China, and also less distance to value added. The European countries are in an intermediate position and

Figure 12.

Upstreamness and downstreamness of top 10 exporting countries in top 4 exporting sectors, 2014.



Source: Created by the author based on WIOD

do not have any major differences between them, except for the Netherlands and Sweden. The second largest sector is mining, which, as we saw in Figure 12, is particularly far from final demand. There are no major differences between countries, although the three North American countries have less upstreamness. The third most important sector in international trade is motor vehicles, where Germany appears as the main exporter. There, the countries are similarly positioned, close to final demand in relatively long backward chains. China differs from the rest in that it has a much longer backward portion, although it does not stand out for its proximity to final demand, as it has in other sectors. The fourth most important sector is retail, which is a short chain. USA has great weight in this sector, and its chain is also shorter than the other countries. This sector contributes to USA’s short position, both in terms of its structural and idiosyncratic positions.

CONCLUSIONS

Specialization through international trade organized in global value chains tends to place countries in different segments of the supply chain. Using the information produced from the construction of multi-country input-output tables, in recent

years there have been improvements in the metrics for measuring the participation and depth of trade in value chains. The vast majority of the literature on chain measurement uses gross exports to calculate the measures.

However, the literature measuring the location of sectors and countries in value chains has taken as the benchmark a country's production (Antràs & Chor, 2018; Miller & Temurshoev, 2017) or only a portion of international trade (Wang *et al.*, 2017a). The measures proposed in this paper, based on gross exports, show some particularities of the international fragmentation of production the benchmark measures have been unable to reveal. Based on WIOD between 2000 and 2014, I have found that, on average, exports are integrated into value chains that elongate forward (*i.e.*, away from final demand) and backward (*i.e.*, away from value added) but do so in a way that is biased toward greater forward distance. While previous measures produced a strong positive correlation between the two measures, the measures proposed in this paper exhibit a negative correlation. This means that countries with longer forward length tend to have shorter backward length, which is consistent with countries located in different segments along chains of a given length.

The Asian factory has longer value chains than the European or American factories, and over the period studied they increased their distance from the rest. Differences between the countries within the factories were identified. China's exports are located a long way from primary factors (due to the length of its domestic chains) and close to final demand. On the other hand, while the other Asian countries are also distant from primary factors, they are less distant than China. They are also distant from final demand. China also stands out because most of its backward distance is explained by domestic production stages, while in the rest of the countries (especially the smaller ones), the international circulation of foreign inputs is an important part of the length of their chains. The greater length of Chinese chains is not necessarily due to the composition of their exports, which mainly derive from traditionally long sectors, but the analysis at the country-sector level shows that China is consistently closer to final demand, but especially further away from primary factors.

The Americas factory (consisting of USA, Mexico and Canada) is particularly short both forward and backward, and countries are positioned differently according to the measures used. For example, according to Wang *et al.* (2017a), the three countries are downstream, and for AC-MT only Canada is upstream. But these results are not consistent with specialization within the bloc. The measures based on exports indicate that Mexico is downstream, and the United States and Canada are upstream.

European manufacturing holds an intermediate rank in terms of position and length. Czech Republic, Slovakia, Italy, Spain and Poland are the countries furthest downstream, while the Netherlands and Great Britain are upstream. The analysis also places far upstream countries with a significant presence of mining in their exports, such as Australia, Norway, Russia, Canada and Brazil.

The analysis of the idiosyncratic components of chain participation indicates that Australia, Russia and Brazil, as suppliers to China, inherit their long forward length, while Norway and Canada, suppliers to the shortest factories in the Americas and Europe, inherit their low forward length.

While USA, Brazil and Indonesia may appear to be countries positioned close to final demand if all production is considered, examination of their exports profiles reveals that they are actually further upstream in the chain.

This analysis inherits the limitations of the multi-country input-output tables and the techniques associated with them. The most original aspect of these tables is the identification of intermediate trade flows between sectors-country of origin and sectors-country of use. However, this is constructed in an approximate way through proportionality assumptions (Ahmad *et al.*, 2013; Puzello, 2012) as there are no detailed statistics to indicate the origin of an input according to the sector of use. Another limitation of the analysis lies in the assumption of the homogeneity of firms within sectors, which combined with a relatively high level of aggregation (56 sectors) may bias the results. This, given that exporting firms tend to have a different supply structure and value added than domestic firms (Bernard *et al.*, 2007). For this reason, for sector- or country-specific analyses, the information should be complemented with more specific data on the type of goods exported and the use of imported inputs (Sanguinetti *et al.*, 2021).

The literature on downstreamness and upstreamness does not yet produce very clear policy recommendations. However, it is clear that upstream and downstream industries have quite different policy requirements in terms of trade facilitation, infrastructure, capabilities or rules of origin. It is important to bear in mind that the evolution towards a certain type of insertion will have implications for the direction of the required policies.

REFERENCES

1. Ahmad, N., Araujo, S., Lo Turco, A., & Maggioni, D. (2013). Using trade microdata to improve trade in value-added measures: Proof of concept using Turkish data. In A. Mattoo, Z. Wang, & S-J Wei (Eds.), *Trade in value added: Developing new measures of cross-border trade* (pp.187-220). World Bank Group.
2. Alfaro, L., Chor, D., Antràs, P., & Conconi, P. (2019). Internalizing global value chains: A firm-level analysis. *Journal of Political Economy*, 127(2), 508-559.
3. Antràs, P. (2020). Conceptual aspects of global value chains. *The World Bank Economic Review*, 34(3), 551-574.
4. Antràs, P. & Chor, D. (2013). Organizing the global value chain. *Econometrica*, 81(6), 2127-2204. <https://doi.org/10.3982/ECTA10813>

5. Antràs, P. & Chor, D. (2018). On the measurement of upstreamness and downstreamness in global value chains. In L. Y. Ing & M. Yu (Eds.), *World trade evolution: Growth, productivity and employment* (pp. 126-194). Routledge.
6. Antràs, P., Chor, D., Fally, T., & Hillberry, R. (2012). Measuring the upstreamness of production and trade flows. *American Economic Review*, 102(3), 412-416. <https://doi.org/10.1257/aer.102.3.412>
7. Arto, I., Dietzenbacher, E., & Rueda-Cantuche, J. M. (2019). *Measuring bilateral trade in terms of value added* (EUR 29751 EN). Publications Office of the European Union. <https://doi.org/>
8. Baldwin, R., Freeman, R., & Theodorakopoulos A. (2022). *Horses for courses: Measuring foreign supply chain exposure* (WP N30525). National Bureau of Economic Research. <https://doi.org/10.3386/w30525>
9. Bernard, A. B., Jensen, J. B., Redding, S. J., & Schott, P. K. (2007). Firms in international trade. *Journal of Economic Perspectives*, 21(3), 105-130. <https://doi.org/10.1257/jep.21.3.105>
10. Borin, A., & Mancini, M. (2019). *Measuring what matters in global value chains and value-added trade* (Policy Research Working Paper 8804). World Bank Group.
11. Borin, A., Mancini, M., & Taglioni, D. (2021). *Countries and sectors in global value chains* (Policy Research Working Paper 9785). World Bank Group.
12. Chiquiar, D., & Tobal, M. (2019). *Global value chains in Mexico: A historical perspective* (Working Paper 2019-06). Banco de Mexico.
13. De Backer, K., & Miroudot, S. (2014). *Mapping global value chains* (Working Paper 1677). European Central Bank.
14. Dietzenbacher, E., & Romero, I. (2007). Production chains in an inter-regional framework: Identification by means of average propagation lengths. *International Regional Science Review*, 30(4), 362-383.
15. Dollar, D. R., Inomata, S., Degain, C., Meng, B., Wang, Z., Ahmad, N., Primi, A., Escaith, H., Engel, J., Taglioni, D., Heuser, C., Mattoo, A., Kidder, M., Ruta, M., & Reis, J. G. (2017). *Global Value Chain Development Report 2017: Measuring and analyzing the impact of GVCs on economic development*. International Bank for Reconstruction and Development/ The World Bank.
16. Fally, T. (2012). *Production staging: Measurement and facts*. Unpublished paper, University of California, Berkeley.
17. Johnson, R. C. (2018). Measuring global value chains. *Annual Review of Economics*, 10, 207-236. <https://doi.org/10.3386/w24027>
18. Johnson, R. C., & Noguera, G. (2012). Accounting for intermediates: Production sharing and trade in value added. *Journal of international Economics*, 86(2), 224-236. <https://doi.org/10.1016/j.jinteco.2011.10.003>

19. Knez, K., Jaklic, A., & Stare, M. (2021). An extended approach to value chain analysis. *Journal of Economic Structures*, 10(1), 1-37. <https://doi.org/10.1186/s40008-021-00244-6>
20. Koopman, R., Wang, Z., & Wei, S.-J. (2014). Tracing value-added and double counting in gross exports. *American Economic Review*, 104(2), 459-494. <https://doi.org/10.1257/aer.104.2.459>
21. Los, B. & Timmer, M. P. (2020). Measuring bilateral exports of value added: A unified framework. In N. Ahmad, B. R. Moulton, J. D. Richardson, & P. van de Ven (Eds.), *The challenges of globalization in the measurement of national accounts* (pp. 389-421). University of Chicago Press.
22. Los, B., Timmer, M. P., & de Vries, G. J. (2015). How global are global value chains? A new approach to measure international fragmentation. *Journal of Regional Science*, 55(1), 66–92. <https://doi.org/10.1111/jors.12121>
23. Los, B., Timmer, M. P., & de Vries, G. J. (2016). Tracing value-added and double counting in gross exports: Comment. *American Economic Review*, 106(7), 1958-1966. <https://doi.org/10.1257/aer.20140883>
24. Miller, R. E., & Temurshoev, U. (2017). Output upstreamness and input downstreamness of industries/countries in world production. *International Regional Science Review*, 40(5), 443-475. <https://doi.org/10.1177/01600176156080>
25. Nagengast, A. J., & Stehrer, R. (2016). Accounting for the differences between gross and value added trade balances. *The World Economy*, 39(9), 1276-1306. <https://doi.org/10.1111/twec.12401>
26. Reshef, A., & Santoni, G. (2022). *are your labor shares set in Beijing? The view through the lens of global value chains* (Working Paper 9835). CESifo. <https://www.cesifo.org/en/publications/2022/working-paper/are-your-labor-shares-set-beijing-view-through-lens-global-value>
27. Puzzello, L. (2012). A proportionality assumption and measurement biases in the factor content of trade. *Journal of International Economics*, 87(1), 105-111. <https://doi.org/10.1016/j.jinteco.2011.11.009>
28. Sanguinetti, P., Moncarz, P., Vaillant, M., Allub, L., Juncosa, F., Barril, D., & Lalanne, Á. (2021). Participación en cadenas de valor. In CAF (Ed.), *RED 2021 – Caminos para la integración: facilitación de comercio, infraestructura y cadenas globales de valor* (pp. 273-312). CAF. <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/1823>
29. Wang, Z., Wei, S.-J., & Zhu, K. (2013). *Quantifying international production sharing at the bilateral and sector levels* (Working paper 19677). National Bureau of Economic Research.
30. Wang, Z., Wei, S.-J., Yu, X., & Zhu, K. (2017a). *Characterizing global value chains: Production length and upstreamness* (Working Paper 23261). National Bureau of Economic Research.

31. Wang, Z., Wei, S.-J., Yu, X., & Zhu, K. (2017b). *Measures of participation in global value chains and global business cycles* (Working Paper 23222). National Bureau of Economic Research.
32. World Bank. (2019). *World Development Report 2020: Trading for Development in the Age of Global Value Chains*. World Bank Publications.
33. Xing, Y., Gentile E., & Dollar., D. (Eds.) (2021). *Global Value Chain Development Report 2021: Beyond Production*. Asian Development Bank, Research Institute for Global Value Chains at the University of International Business and Economics, the World Trade Organization, the Institute of Developing Economies – Japan External Trade Organization, China Development Research Foundation.

APPENDIX

A.1 - Algebra

A.1.1- Demonstration of $D_E = D_{E_{dom}} + D_{E_{int}}$

$$\begin{aligned}
 D_E &= VBB\hat{E} \\
 D_{E_{dom}} &: VLL\hat{E} + VBA^F L\hat{E} \\
 D_{E_{int}} &: VBB A^F L\hat{E} \\
 VBB\hat{E} &= VLL\hat{E} + VBA^F L\hat{E} + VBB A^F L\hat{E} \\
 VBB\hat{E} &= V(LL + BA^F LL + BBA^F L)\hat{E}
 \end{aligned}$$

Using the following equality:

$$\begin{aligned}
 BA^F L &= B(A - A^D)L = (I - A)^{-1}(A - A^D)(I - A^D)^{-1} = \\
 &= [(I + A + A^2 + A^3 + \dots)A - (I + A + A^2 + A^3 + \dots)A^D] (I + A^D + A^{D^2} + A^{D^3} + \dots) = \\
 &= (A + A^2 + A^3 + A^4 + \dots) - (I + A + A^2 + A^3 + \dots)A^D + \\
 &= (A + A^2 + A^3 + A^4 + \dots)A^D - (I + A + A^2 + A^3 + \dots)A^{D^2} + \\
 &= (A + A^2 + A^3 + A^4 + \dots)A^{D^2} - (I + A + A^2 + A^3 + \dots)A^{D^3} + \\
 &= (A + A^2 + A^3 + A^4 + \dots)A^{D^3} - (I + A + A^2 + A^3 + \dots)A^{D^4} + \dots = \\
 &= (A + A^2 + A^3 + A^4 + \dots) - (I + A + A^2 + A^3 + \dots)A^D + \\
 &= (A + A^2 + A^3 + A^4 + \dots)A^D - (I + A + A^2 + A^3 + \dots)A^{D^2} + \\
 &= (A + A^2 + A^3 + A^4 + \dots)A^{D^2} - (I + A + A^2 + A^3 + \dots)A^{D^3} + \\
 &= (A + A^2 + A^3 + A^4 + \dots)A^{D^3} - (I + A + A^2 + A^3 + \dots)A^{D^4} + \dots = \\
 &= I + A + A^2 + A^3 + A^4 + \dots - I - A^D - A^{D^2} - A^{D^3} - A^{D^4} - \dots = \\
 &= (I - A)^{-1} - (I - A^D)^{-1} = B - L
 \end{aligned}$$

Replacing $BA^F L$ por $(B - L)$ in $V(LL + BA^F LL + BBA^F L)\hat{E}$

$$VBB\hat{E} = V(LL + (B - L)L + B(B - L))\hat{E} = V(LL + BL - LL + BB - BL)\hat{E} = V(BB)\hat{E}$$

A.1.2- Demonstration of $(I + 2A + 3A^2 + 4A^3 + \dots) = BB$

Using the equivalency: $(I + A + A^2 + A^3 + \dots) = (I - A)^{-1} = B$

$$\begin{aligned}
 (I + 2A + 3A^2 + 4A^3 + \dots) &= I + A + A^2 + A^3 + A^4 + \dots + A + A^2 + A^3 + A^4 + \dots + A^2 + A^3 + A^4 + \dots \\
 &+ A^3 + A^4 + \dots = \\
 (I - A)^{-1} + A(I - A)^{-1} + A^2(I - A)^{-1} + A^3(I - A)^{-1} + \dots &= \\
 (I + A + A^2 + A^3 + A^4 + \dots)(I - A)^{-1} &= (I - A)^{-1}(I - A)^{-1} = BB
 \end{aligned}$$

Using the equivalency $(I + J + J^2 + J^3 + \dots) = (I - J)^{-1} = H$, demonstration of $(I + 2J + 3J^2 + 4J^3 + \dots) = HH$ is analogous.

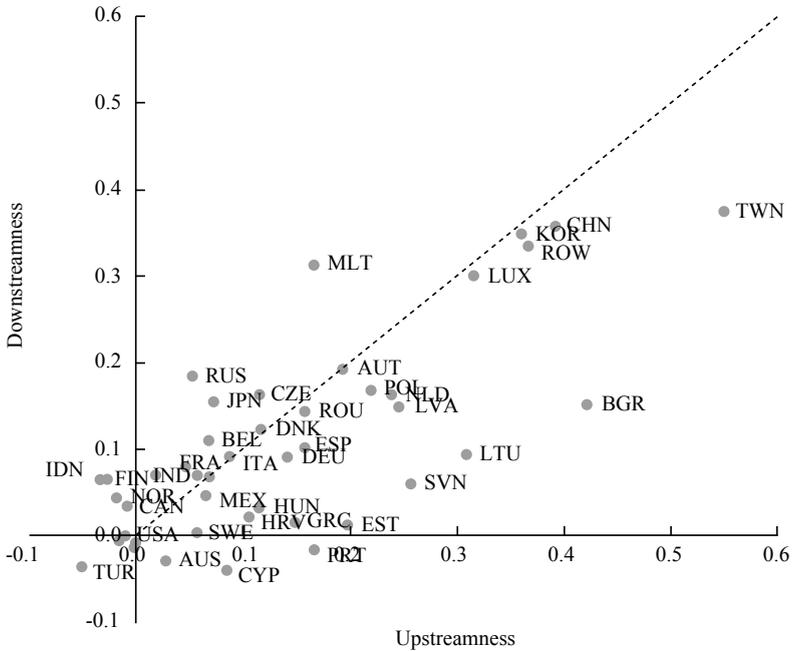
A.1.3- Demonstration of $\hat{X}^{-1}B\hat{X} = H$

$$\begin{aligned} \hat{X}^{-1}B\hat{X} = H &\rightarrow B\hat{X} = \hat{X}H \rightarrow (I - A)^{-1}\hat{X} = \hat{X}(I - J)^{-1} \rightarrow \hat{X}(I - J) = (I - A)\hat{X} \\ &\rightarrow \hat{X} - \hat{X}J = \hat{X} - A\hat{X} \rightarrow \hat{X} - Z = \hat{X} - Z \end{aligned}$$

A.2 Additional Figures

Figure A.1.

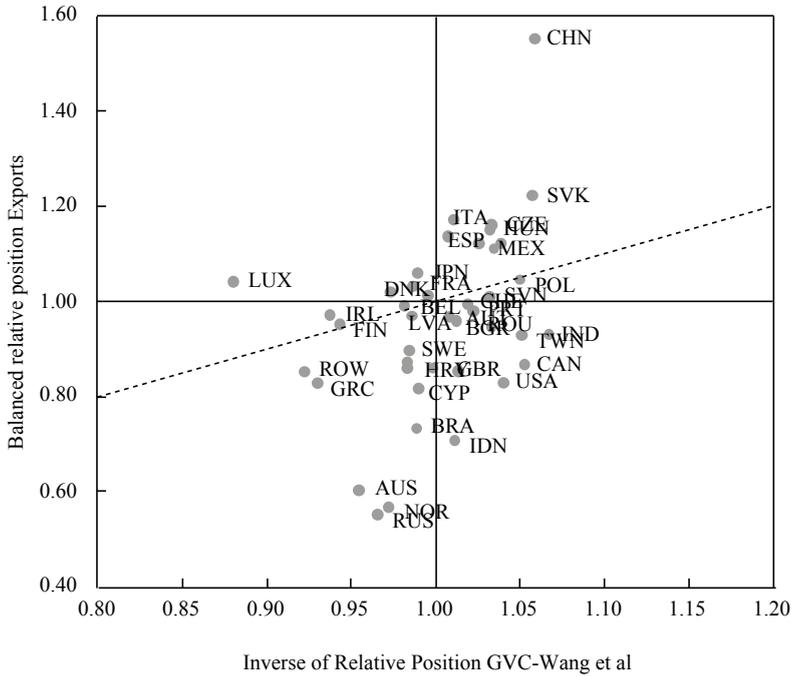
Change in Upstreamness and Downstreamness Based on Output (AC-MT). Years 2000-2014



Source: Created by the author based on WIOD.

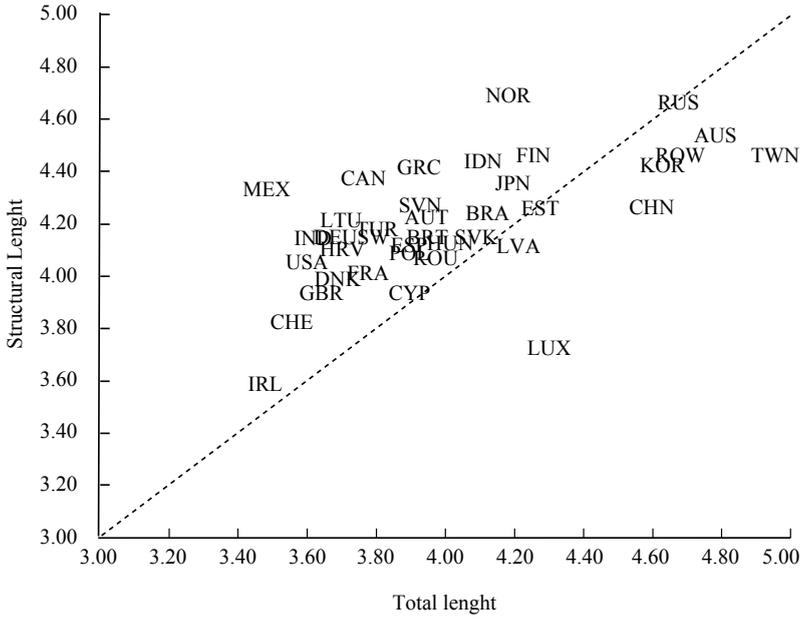
Figure A.2.

Balanced relative position of exports and ratio of upstreamness to downstreamness according to Wang *et al.* (2017a). Year 2014



Source: Created by the author based on WIOD.

Figure A.3.
Structural and total length of chains. 2014



Source: Created by the author based on WIOD.

**UNA APLICACIÓN DE JUEGOS DE SEÑALES
PARA EL ANÁLISIS DEL INTERCAMBIO
DE INFORMACIÓN EN UNA CADENA DE
SUMINISTRO**

Karla Flores-Zarur
William Olvera-López

Flores-Zarur, K., & Olvera-López, W. (2023). Una aplicación de juegos de señales para el análisis del intercambio de información en una cadena de suministro. *Cuadernos de Economía*, 42(90), 465-486.

En este artículo exploramos un enfoque diferente para el modelado de una cadena de suministro desde la perspectiva de la teoría de juegos. En particular, explicamos una cadena de suministro de dos escalones y un solo canal bajo supuestos comunes a través de un juego de señales con la estructura clásica. Probamos que, en nuestro pri-

K. Flores-Zarur

Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP), Facultad de Economía, San Luis Potosí, México. Correo electrónico: karla.zarur@uaslp.mx

W. Olvera-López

Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP), Facultad de Economía, San Luis Potosí, México. Correo electrónico: william.olvera@uaslp.mx

Sugerencia de citación: Flores-Zarur, K., & Olvera-López, W. (2023). Una aplicación de juegos de señales para el análisis del intercambio de información en una cadena de suministro. *Cuadernos de Economía*, 42(90), 465-486. <https://doi.org/10.15446/cuadernos.v42n90.106083>

Este artículo fue recibido el 28 de noviembre de 2022, ajustado el 13 de junio de 2023 y su publicación aprobada el 21 de junio de 2023.

mer enfoque, existen varias maneras racionales de actuar que conducen a los agentes a equilibrios del juego, sin embargo, la mayoría de estas estrategias no implican necesariamente un comportamiento de cooperación entre los agentes. Posteriormente, proponemos algunas modificaciones a los supuestos originales que nos permiten obtener un equilibrio único que además garantiza la cooperación entre los agentes favoreciendo la calidad en el intercambio de información.

Palabras clave: teoría de juegos; juegos de señales; equilibrios agrupadores; equilibrios separadores; cadenas de suministro.

JEL: C72, C73, L14, L81.

Flores-Zarur, K., & Olvera-López, W. (2023). An application of signaling games for the analysis of information exchange in a supply chain. *Cuadernos de Economía*, 42(90), 465-486.

This paper explores a different approach to supply chain modeling through the game theory perspective. Particularly, we explain a two-echelon one single channel supply chain under common assumptions through a signaling game with the classical structure. In our first approach, we prove that there are many different ways to obtain an equilibrium, but too many of these strategies do not necessarily imply cooperative behavior between agents. Later, we propose some modifications to the original assumptions which let us obtain a unique equilibrium that ensures a cooperative behavior between agents.

Keywords: Game theory; signaling games; separating equilibrium; pooling equilibrium; supply chain.

JEL: C72, C73, L14, L81.

INTRODUCCIÓN

Las relaciones y diferentes maneras de interactuar y coordinarse entre los agentes involucrados en alguna de las fases de producción o abastecimiento de bienes de consumo disponibles en el libre mercado se conocen como cadena de suministro. Una cadena de suministro entre un vendedor y un comprador representa a un productor que vende al por mayor un producto a un minorista, quien lo adquiere con el propósito de venderlo al por menor a un consumidor final. La relación anterior representa una cadena de suministro de dos escalones y un único canal. En general, los escalones representan las fases o eslabones de la cadena y los canales representan las opciones para llevar a cabo una misma fase del proceso. Por ejemplo, la relación productor-minorista donde existe un solo proveedor y dos minoristas sería descrita como una cadena de suministro de un solo escalón y dos canales. Sarmah *et al.* (2006) estudian cómo se coordinan un vendedor y un comprador en un ambiente determinístico y donde además se clasifican diversos modelos bajo dicha estructura.

El estudio de cadenas de suministro abarca una amplia serie de temas como inventarios, desabastecimiento, logística inversa, cooperación entre los eslabones, etc., existiendo así diferentes enfoques dentro de la literatura. Yang y Zhou (2006) examinan las decisiones sobre el establecimiento de precios y cantidad de producción para un caso que considera un solo productor que abastece a dos minoristas competitivos en un marco de competencia duopolística para tres diferentes tipos de economías: Cournot, coalición y Stackelberg. Por otro lado, García y You (2015) ofrecen un marco más actual y amplio acerca de las principales áreas de oportunidad para la investigación y los retos en el diseño de cadenas de suministro enfocados principalmente en la optimización de la cadena considerando variables como energía y sostenibilidad.

Como puede verse, los temas asociados al estudio de cadenas de suministro son muy variados y complejos debido al número de variables que hay que analizar y establecer en cada situación. Además, la interacción entre los agentes que forman parte de la cadena de suministro toma protagonismo por la importancia que tiene sobre las posibles consecuencias para cada uno de ellos. Es por esto que la teoría de juegos, en sus inicios propuesta por Von Neumann y Morgenstern (1947), comienza a tener valor en esta línea de investigación, gracias a sus extensos resultados y conceptos de solución, como los propuestos por Nash Jr. (1950, 1951), los cuales son útiles para explicar las interacciones dentro de la cadena. Así mismo, en la teoría de juegos existen diferentes perspectivas, siendo las más aplicables la cooperativa y la no cooperativa. Osborne y Rubinstein (1994) y Maschler *et al.* (2020) ofrecen una amplia literatura acerca de los principales temas que se desarrollan en dichos enfoques.

Existen varios trabajos que respaldan el uso de la teoría de juegos para el estudio de cadenas de suministro. Ma y Wang (2014) analizan una cadena de suministro entre un minorista y un proveedor que deben coordinarse para las operaciones

dentro de la cadena de manera directa e inversa. Para los autores, la teoría de juegos examina diferentes problemáticas bajo una fenomenología dinámica donde las condiciones iniciales que se plantean toman fuerte relevancia en la resolución de cada caso. Un ejemplo más general es el de Cachon y Netessine (2006), quienes ofrecen un *handbook* que muestra diversas aplicaciones de la teoría de juegos en este campo. Madani y Rasti-Barzoki (2017) plantean un análisis sobre determinación de precios, estrategias ecológicas y tarifas gubernamentales; parte de este análisis se realiza mediante la teoría de juegos. Vasnani *et al.* (2019) brindan una revisión completa de aplicaciones recientes de teoría de juegos en cadenas de suministro desde los enfoques cooperativo y no cooperativo.

En este artículo nos concentraremos en ciertos aspectos relacionados con el intercambio de información entre productores y minoristas, que surgen de la implementación de una política de producción y pedidos diseñada con enfoques de optimalidad. Aquí se considera a la demanda de mercado estocástica, lo cual es supuesto recurrente en el estudio de las cadenas de suministro muy al margen del enfoque que se esté desarrollando. Por ejemplo, Chiang y Monahan (2005) analizan un modelo de inventario entre un productor que se asocia con dos minoristas: uno vende los productos en una tienda física y otro posee un canal directo habilitado para ventas por Internet.

Por lo común, la literatura sobre cómo encontrar la política óptima de producción y pedidos entre el vendedor y el comprador se puede clasificar en tres grupos según los siguientes supuestos: (i) la interacción entre el vendedor y el comprador se ve gobernada por una demanda constante; (ii) el vendedor y el comprador estudian de forma independiente cómo varía la demanda; y (iii) la interacción entre el vendedor y el comprador favorece la calidad de la información respecto a la demanda. En este último escenario, que implica cierta asimetría e imperfección de la información, buscaremos contrastar las implicaciones de ciertas políticas de producción y pedidos con la calidad de la información que se intercambia como resultado de dicha interacción. Existen modelos que previamente han considerado como una ventaja estratégica la cantidad y calidad de la información y donde se plantea la interrogante sobre compartir o no dicha información, por ejemplo, el que proponen Iida y Zipkin (2010).

Aquí se examinará una cadena de suministro entre un único proveedor y un único minorista, donde la calidad de la información respecto a la demanda de mercado se ve favorecida por la cooperación entre los agentes, quienes poseen diferentes estructuras de información. En específico, analizaremos el caso que supone que el minorista posee mejor información del mercado al estar más cerca de él y conocerlo mejor. Además, tomaremos en cuenta las diversas maneras en que comúnmente se coordina la cadena de suministro referente a variables como las políticas de recompra o devolución, la flexibilidad y compromiso de cantidad de compra, los costos de logística inversa y el costo por rotura de *stocks*, de modo similar a como se plantea en el modelo de Slimani y Achchab (2014).

La forma en que nosotros abordaremos el análisis es mediante los juegos de señales propuestos originalmente por Harsanyi (1968). La utilización de un juego de señales para modelar una cadena de suministro resulta ser un aporte novedoso que permite darle un nuevo enfoque de interés al análisis de los modelos previamente estudiados, sin necesidad de dar por hecho que el comportamiento de los agentes presupone una cooperación constante entre ellos como única alternativa que respalde el comportamiento estratégico de los mismos en cada situación. Antes, Spence (1978) propuso el uso de juegos de señales como herramienta de estudio para explicar las consecuencias de transferir información u ocultarla mediante la emisión de señales en un contexto donde los agentes interactúan dentro de un mercado. Trataremos entonces de analizar los equilibrios bayesianos perfectos del juego y darles una interpretación de acuerdo con los comportamientos que implica cada uno.

Con el propósito de mantener la simplicidad, utilizaremos el esquema básico de los juegos de señales donde supondremos que el emisor es el minorista y el receptor es el proveedor. La variable aleatoria asociada a la demanda del mercado indicará si la demanda de producto será alta o baja posteriormente, el minorista observará esta información y podrá emitir una señal al productor respecto de la información que observó y donde este último podrá decidir si seguir la señal o no. Como se puede advertir, el juego que proponemos modela una situación que considera que mentir es una alternativa para el minorista. Esta consideración refleja el hecho de que mentir es una opción real para el minorista y además pudiera ser un opción racional si se sabe de antemano que el proveedor podría no seguir la señal. Por su parte, el proveedor podría no seguir la señal debido, por ejemplo, a cuestiones de logística o producción, o bien, por falta de confianza en el minorista.

Nuestro modelo busca comprobar si existe algún comportamiento racional que implique que el minorista mienta, o bien, para el caso del proveedor, si existe algún comportamiento racional que conlleve no seguir la señal. Se busca detectar cuál sería el componente en las funciones de pago que incentiva a los agentes a tomar actitudes de no cooperación, con el afán de proponer modificaciones en las funciones de pago que desmotiven esta clase de comportamiento poco deseado en situaciones reales. Aunado a lo anterior, las interpretaciones de los tipos de señales incrementan el interés por estudiar las interacciones entre agentes bajo esta clase de modelos. Las señales agrupadoras representan la situación en la que el minorista tratará de reservarse siempre la información del mercado mandando siempre una misma señal sin tomar en cuenta la verdadera situación del mercado. Por su parte, las señales separadoras representan los casos donde el minorista dice siempre la verdad, o bien, miente siempre.

Existen ejemplos prácticos donde se observa que los agentes involucrados tratan de minimizar los costos de comercialización, rotura de *stocks* o por piezas no vendidas mediante el flujo de información. La observación de estas situaciones motiva nuestro estudio y sugiere el uso de juegos de señales como herramienta natural para analizar dichos casos. Los ejemplos pueden abarcar desde el análisis

de un puesto de periódicos hasta aplicaciones más modernas, como la reciente técnica de comercialización de corporativos de invitar a los inversionistas a administrar, operar e invertir en conjunto con ellos, tal y como lo llevan a cabo las empresas cerveceras, tiendas de conveniencia o hasta empresas de comercio electrónico, que ponen a disposición de los inversionistas la apertura de puntos de venta de sus productos a lo largo y ancho de cierta región o bien otras opciones de inversión financiera.

En todo caso, para las empresas es importante obtener información del mercado mediante la cooperación de sus socios. En los ejemplos anteriores, normalmente se puede observar que las políticas de producción y pedidos favorecen más al minorista. La razón principal del porqué analizamos este esquema en particular es que estudiar las políticas que rigen la relación uno a uno entre los agentes permitirá reparar en las variables que para ellos resulten ser más relevantes para fortalecer la relación comercial. Por ejemplo, para los productores analizar las políticas respecto a la capacidad de comercialización de sus socios, o bien, la de gestión de pedidos por parte de los mismos puede resultar determinante en la manera en que ellos deciden distribuir su producción.

Además, parte de la problemática observable que motiva nuestro análisis refiere a situaciones donde el productor –que se encarga de abastecer los puntos de venta– no siempre sigue la señal (pedido) que recibe por parte del minorista, cosa que a su vez podría impulsar al minorista a mentir. Una posible explicación de este hecho es la poca capacidad productiva de la empresa con respecto de los socios minoristas con los que trabaja en conjunto, o también, los grandes riesgos económicos que una empresa absorbe debido a que por lo común es el corporativo quien se hace responsable de asumir los costos implicados derivados de la logística inversa.

Alshamsi y Diabat (2015) destacan la importancia de esta área logística desde la perspectiva económica, social y ambiental. Así, vemos que los motivos por los que un proveedor pueda preferir entre los diferentes socios minoristas obedecen a una amplia variedad de factores, los cuales pueden depender de variables como el tamaño y capacidad de comercialización del minorista. Tomando esto en cuenta proponemos una modificación del modelo original en favor de premiar la cooperación entre agentes como el factor destacado que favorece la relación uno a uno entre ambos, ya que al lograrse dicha cooperación, productores y minoristas podrán tener un mejor control de las variables gracias al flujo y la calidad de la información.

Por último, nuestro modelo se desarrolla en los siguientes supuestos de mercado: ambos agentes operan en un mercado de competencia perfecta, el productor debe abastecer a diferentes minoristas, quienes a su vez poseen un punto de venta donde solo se comercializan los productos que abastece el proveedor. Por otra parte, nuestro modelo analiza la relación uno a uno entre un solo productor y un solo minorista que negocian la cantidad de un único bien homogéneo. Los anteriores supuestos pueden ser consultados de forma más amplia y con mejor detalle en el

trabajo de Triani (2023). La demanda de mercado es una variable aleatoria y los precios de mercado están fijos, lo que implica que los precios no dependen de la demanda. Con esto buscamos representar la negociación de cierto tipo de mercancías que buscan subsistir en un mercado con un alto nivel de competencia, donde la competencia en precios es para los corporativos (que aquí se representan como productores) una técnica recurrente, lo que comporta que dichos bienes no presenten un alto grado de elasticidad del precio ante los cambios de la demanda.

Adida y DeMiguel (2011) publican un estudio de cadenas de suministro que se desarrolla en un ambiente de competencia perfecta similar al que se propone. Ejemplos específicos de este tipo de bienes son bebidas, comida rápida, neumáticos, combustibles, entre otros bienes de consumo donde la estacionalidad de la demanda afecta de manera más abrupta a las estrategias de *marketing* que a los precios de manera directa. Dichos bienes poseen un gran respaldo en la literatura; por ejemplo, Georgiadis *et al.* (2005) exploran un marco teórico que examina el manejo de las cadenas de suministro que comercializan alimentos, y Pedram *et al.* (2017) muestran la importancia de la logística y la logística inversa para el caso particular de cadenas de suministro que comercializan neumáticos.

Otro contexto de mercado similar al que se propone en este estudio se reporta en Yan *et al.* (2014), quienes examinan las condiciones cuando el proveedor proporciona un crédito comercial al minorista a petición de este, sumado al análisis del fenómeno económico que provoca que el proveedor limite la cantidad que ordena el minorista.

El artículo sigue la siguiente estructura: en la sección dos mostraremos el modelo general y analizaremos los equilibrios agrupadores y separadores. En la sección tres propondremos una modificación que asegura que, en el equilibrio, se tenga la cooperación entre agentes. En la última sección hablaremos de las posibles generalizaciones directas de nuestro juego de señales y discutiremos algunos mecanismos de pago considerando otras variables como transporte o almacenamiento.

FORMULACIÓN DEL MODELO

Sabemos que la característica fundamental de un juego de señalización radica en que los agentes involucrados poseen diferentes estructuras de información y se dividen en agentes mejor informados y agentes menos informados. Los agentes con menos información tienen que esperar a que los agentes mejor informados actúen, es decir, esperan una señal antes de elegir una acción. En particular, aquí desarrollamos un modelo para analizar la relación uno a uno entre un solo proveedor y un solo minorista que negocian la cantidad de un determinado bien homogéneo a producir y comercializar, respectivamente en un mercado con las siguientes características:

- Ambos agentes operan en un mercado de competencia perfecta

- P debe abastecer a diferentes minoristas en un mercado donde existen otros productores que producen bienes similares. P es responsable de producir y abastecer su producto
- M tiene un punto de venta donde solo comercializa productos abastecidos por P
- La demanda de mercado es una variable aleatoria
- Los precios de mercado están fijos y no dependen de la demanda

Los anteriores supuestos retratan características propias de un mercado donde se comercializa cierto tipo de mercancías que buscan subsistir en un ambiente con un alto nivel de competencia, y además, el posicionamiento a través de precios es una técnica recurrente, lo cual implica que dichos bienes no presenten un alto grado de elasticidad del precio ante los cambios de la demanda. Nuestro modelo identifica a la naturaleza como la variable aleatoria asociada a la demanda del mercado y por simplicidad supondremos que tendrá distribución Bernoulli con parámetro $p \in [0,1]$, lo que se denotará por $N \sim B(p)$. Además, dado que M está más cerca del mercado posee mejor información sobre él, siendo este el agente mejor informado, esto es, el emisor. Por tanto, P será el receptor o agente menos informado. Supondremos que tanto el emisor como el receptor tendrán dos posibles acciones cada uno. El emisor observará la demanda real del mercado y podrá enviar una de dos señales posibles: demanda baja Q_- o demanda alta Q_+ . El receptor, por su parte, tendrá que decidir con base en la señal si producir un lote de productos grande q_+ o un lote de productos pequeño q_- .

Así, las estrategias del juego de señales serán las siguientes:

- $S_M = \{(Q_+, Q_-), (Q_-, Q_+), (Q_-, Q_-), (Q_+, Q_+)\}$
- $S_p = \{(q_+, q_-), (q_-, q_+), (q_-, q_-), (q_+, q_+)\}$

Vemos que la estrategia $s_M \in S_M$ dada por $s_M = (Q_+, Q_-)$ representa que M comunica al proveedor que la demanda del mercado es alta cuando lo es y que es baja cuando resulta ser baja, es decir, manda una señal verdadera. Por su parte, $s_p \in S_p$ dada por $s_p = (q_-, q_-)$ indica que el proveedor siempre producirá un lote pequeño de producción sin importar la señal que reciba.

Para favorecer la simplicidad del análisis, consideraremos que los costos asociados a las diferentes variables son costos unitarios. Las variables involucradas en nuestro modelo serán denotadas como se muestra en la tabla 1.

En este modelo asumimos que el compromiso del minorista respecto de la mercancía que debe comercializar es siempre por la cantidad completa que el proveedor decida fabricar, siga esta la señal o no. Por ejemplo, si P recibe como señal Q_- y aun así decide producir q_+ , M se compromete a comercializar el lote completo. Así, el costo total de comercialización para el minorista estará en función del número de bienes que le surta el proveedor.

Tabla 1.

Resumen de las variables

Notación	Definición	Costo a cargo de
c_M	Costo unitario de comercialización	M
c_p	Costo unitario de producción	P
S_M	Costo unitario por rotura de <i>stocks</i>	M
S_p	Costo unitario por rotura de <i>stocks</i>	P
h	Costo unitario por cada unidad no vendida	P
r	Costo unitario de adquisición que M paga a P	M
P_r	Precio unitario al que M vende cada bien al consumidor final	No aplica

Fuente: elaboración propia.

Los costos por rotura de *stocks* apuntan a la pérdida por haber producido o comercializado una menor cantidad de unidades que las que requería el mercado. En este modelo asumimos que este costo siempre afecta a ambos agentes. El costo unitario debido a las unidades no vendidas representa el caso contrario al de rotura de *stocks*, ya que se considera que por cada unidad no vendida se genera un costo por retirar los artículos sobrantes del mercado. Las políticas de devolución para este caso implican que al ser el proveedor responsable del abastecimiento de la mercancía este correrá siempre con el costo h .

Por otro lado, las políticas de compromiso de compra para este modelo comportan que, aunque el minorista se comprometa a comercializar el lote completo de producción, este únicamente se compromete a pagar al proveedor las unidades que ha logrado vender al por menor y se acuerda que las piezas sobrantes serán retiradas del mercado. Así, la utilidad esperada de los agentes estará dada por las expresiones (1) y (2).

$$\pi_M = E[(p_r > r > c_M) \min\{Q, N\} + s_M(N - Q)^+] \quad (1)$$

$$\pi_p = E\left[r \min\{Q, N\} - c_p Q - s_p(N - Q)^+ - h(Q - N)^+\right] \quad (2)$$

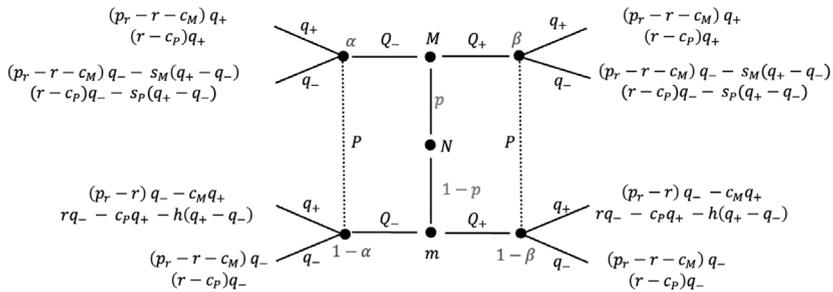
Donde π_M y π_p representan el rendimiento esperado del minorista y del proveedor respectivamente, Q la cantidad producida y se tiene que $(x)^+ = \max\{0, x\}$.

Considerando que en nuestro modelo se plantea la situación donde el minorista conoce la verdadera demanda del mercado y el proveedor solo conoce la distribución podemos presentar un juego de señales que consta de tres etapas. En la pri-

mera la naturaleza revela la demanda del mercado al minorista. En la segunda el minorista envía una señal al proveedor. Y en la tercera el proveedor determinará el nivel de producción basándose en la señal que recibió. Denotemos por α la creencia del proveedor de haber recibido la señal Q_- cuando la verdadera demanda del mercado es Q_+ . Por su parte, β la creencia asociada a recibir la señal Q_+ cuando esta es la verdadera demanda del mercado.

Así, el juego de señales queda representado por el esquema que se muestra en la figura 1, donde el nodo m queda asociado al momento de M decisión de cuando la demanda del mercado es baja y el nodo M cuando es alta.

Figura 1.
Juego de señales $G1$



Fuente: elaboración propia.

Con la figura 1 podemos enunciar nuestro primer teorema:

Teorema 1. Para el juego de señales $G1$, las estrategias:

$$s_{G1}^{s_1} = ((Q_+, Q_-), (q_+, q_+))$$

$$s_{G1}^{s_2} = ((Q_+, Q_+), (q_+, q_-))$$

son equilibrios separadores. Aún más, si la siguiente desigualdad se cumple

$$(p)[(r - c_p)q_+] + (1 - p)[rq_- - c_p q_+ - h(q_+ - q_-)] > (p)[(r - c_p)q_- - s_p(q_+ - q_-)] + [(1 - p)(r - c_p)q_-] \tag{3}$$

tenemos que para todo $a \in [0, 1]$,

$$s_{G1}^{a_1} = ((Q_-, Q_-), (q_+, (aq_+, (1 - a)q_-)))$$

$$s_{G1}^{a_3} = ((Q_+, Q_+), (q_+, (aq_+, (1 - a)q_-)))$$

son equilibrios agrupadores. Finalmente, si (3) no se cumple, entonces,

$$s_{G_1}^{a_2} = ((Q_-, Q_-), (q_-, q_-))$$

$$s_{G_1}^{a_4} = ((Q_+, Q_+), (q_+, q_+))$$

son equilibrios agrupadores.

Demostración. Esta prueba se dividirá en dos partes de acuerdo con el tipo de señal.

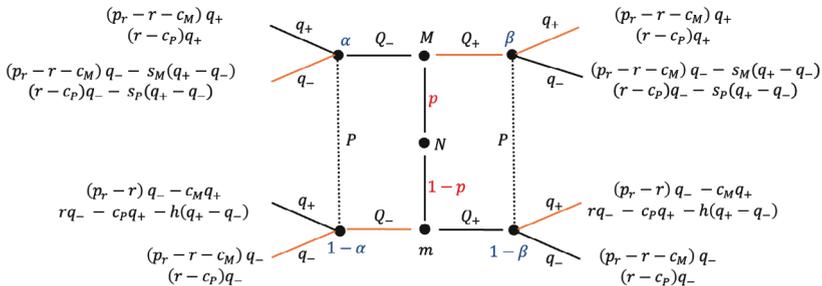
Señales separadoras

Analizaremos dos estrategias que implican que, cuando el emisor manda la señal, el receptor debe decidir su mejor respuesta considerando que no sabe con certeza en qué conjunto de información se encuentra en esa etapa del juego. Esto es, en el momento en el que el receptor recibe la señal este deberá determinar su mejor respuesta en cada conjunto de información.

La estrategia $s_M = (Q_+, Q_-)$ se interpreta como que el minorista siempre revela al proveedor la verdadera señal del mercado, es decir, coopera con él. Las líneas naranjas en la figura 2 representan las decisiones de los agentes que se analizan bajo esta circunstancia.

En este caso vemos que $\alpha = 0$ y $\beta = 1$, lo que implica que P hará q_- en el conjunto de información de α , siempre que $(r - c_p)q_- > rq_- - c_p q_+ - h(q_+ - q_-)$ lo cual siempre ocurre; y hará q_+ en el conjunto de información de β siempre que $(r - c_p)q_+ > (r - c_p)q_- - s_p(q_+ - q_-)$, lo que también se cumple siempre. Así mismo, observamos que si M cambia su estrategia en el nodo asociado a p no mejora. Lo mismo sucede en el nodo asociado a $(1 - p)$. Por lo tanto, la estrategia $s_{G_1}^{s_1} = ((Q_+, Q_-), (q_+, q_-))$ es un equilibrio separador del juego.

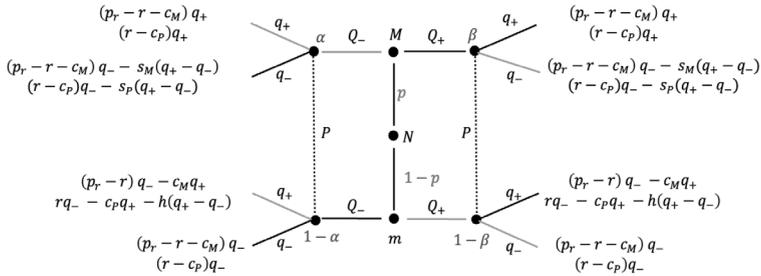
Figura 2.
Nunca mentir y seguir la señal en G_1



Fuente: elaboración propia.

El análisis de la estrategia $s_M = (Q_-, Q_+)$ es análogo pero con una interpretación contraria. Dicha estrategia implica que el minorista siempre manda la señal equivocada al proveedor: le miente siempre. El esquema correspondiente a este caso se muestra en la figura 3.

Figura 3.
Mentir siempre y nunca seguir la señal en G1



Fuente: elaboración propia.

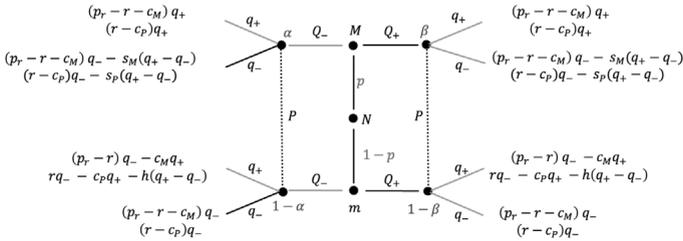
Para este caso se tiene que $\alpha = 1$ y $\beta = 0$. Así, P decidirá q_+ en el conjunto de información de α , siempre que $(r - c_p) q_+ > (r - c_p) q_- - s_p (q_+ - q_-)$, lo cual siempre se cumple; y decidirá q_- en el conjunto de información de β siempre que $(r - c_p) q_+ > (r - c_p) q_- - s_p (q_+ - q_-)$ lo que también se cumple siempre sin importar el valor de las variables. También observamos que para cada nodo de decisión de M si se cambia de estrategia la utilidad no mejora, por ende, la estrategia $s_{G1}^{s2} = ((Q_-, Q_+), (q_+, q_-))$, que implica mentir siempre y no seguir la señal, es también un equilibrio separador.

Señales agrupadoras

En esta parte analizamos dos estrategias que comportan que el emisor manda siempre la misma señal, por lo tanto, el receptor debe construir una creencia basada en la distribución de la demanda para poder elegir su mejor respuesta. Recibir esta clase de señales conlleva para el receptor conocer en esa etapa del juego en cuál de los dos conjuntos de información se encuentra, y con fundamento en esta información deberá determinar su mejor respuesta considerando que está en el conjunto de información asociado a la señal que recibió. Es importante destacar que para este caso el receptor tiene la libertad de elegir cualquier estrategia en el otro conjunto de información no asociado a la señal, ya que esta decisión no repercutirá en su utilidad obtenida.

La estrategia $s_M = (Q_-, Q_-)$ representa cuando el emisor decide mentir algunas veces y algunas otras no. Esto es, la señal que manda al receptor es siempre la misma. El esquema correspondiente a este caso es como se muestra en la figura 4.

Figura 4.
Mentir algunas veces en $G1$



Fuente: elaboración propia.

Observamos que para este caso $\alpha = p$ y que P elegirá q_+ en el conjunto de información de α siempre que se cumpla la siguiente desigualdad:

$$\begin{aligned}
 & (p) \left[(r - c_p) q_+ \right] + (1 - p) \left[r q_- - c_p q_+ - h(q_+ - q_-) \right] \\
 & > (p) \left[(r - c_p) q_- - s_p (q_+ - q_-) \right] + (1 - p) \left[(r - c_p) q_- \right]
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

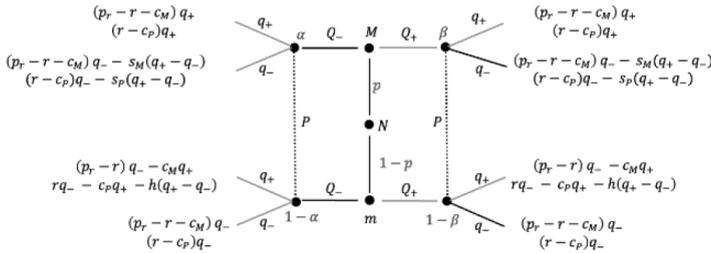
De la expresión (4) podemos concluir que dependerá enteramente del valor de las variables el que q_+ sea una mejor respuesta para el conjunto de información de α y además, cuando se cumpla dicha desigualdad, $s_{G1}^{a1} = ((Q_-, Q_-), (q_+, (aq_+, (1 - a) q_-)))$ para todo $\alpha \in [0, 1]$ es equilibrio agrupador. Por otro lado, si la desigualdad no se cumple, tenemos que $s_{G1}^{a2} = ((Q_-, Q_-), (q_-, q_-))$ es un equilibrio agrupador. En resumen, resulta que, bajo este esquema, mentir a veces es equilibrio aun si se sigue la señal o no dependiendo del valor de las variables.

Por su parte, cuando M manda la señal agrupadora $s_M = (Q_+, Q_+)$, es decir, cuando siempre le dice al receptor que la demanda de mercado es alta, tenemos la representación gráfica del juego como en la figura 5. Para este caso observamos que $\beta = p$ y que P elegirá q_+ en el conjunto de información de α , siempre que:

$$\begin{aligned}
 & (p) \left[(r - c_p) q_+ \right] + (1 - p) \left[r q_- - c_p q_+ - h(q_+ - q_-) \right] \\
 & > (p) \left[(r - c_p) q_- - s_p (q_+ - q_-) \right] + (1 - p) \left[(r - c_p) q_- \right]
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

De la expresión (5) podemos deducir las mismas conclusiones que se desprendieron de la expresión (4), concluyendo así que $s_{G1}^{a3} = ((Q_+, Q_+), ((aq_+, (1 - a) q_-), q_+))$ es un equilibrio agrupador y que, si la desigualdad no se cumple, entonces $s_{G1}^{a4} = ((Q_+, Q_+), (q_-, q_-))$ es equilibrio agrupador. Demostrando así lo que se quería probar.

Figura 5.
Mentir algunas veces en G1



Fuente: elaboración propia.

En este esquema el juego muestra varias maneras racionales de llevarse a cabo, las cuales no necesariamente se relacionan con mandar señales correctas y seguirlas, resultado que no es del todo deseado, ya que sigue implicando que el comportamiento racional no necesariamente va de la mano con la cooperación entre agentes.

Estas conclusiones nos motivan a proponer en la siguiente sección una modificación de la política bajo la cual se establece la relación entre los agentes.

Una modificación al modelo

En esta sección propondremos una manera diferente de llevar a cabo las políticas de compra, devolución, compromiso de cantidad de compra y comercialización, y costo por rotura de *stocks*. Nuestra propuesta no ha sido estudiada en otros trabajos y está claramente adaptada a la situación simplificada que hemos trabajado en este artículo, la cual fue pensada principalmente para conseguir un modelo donde para los agentes la única manera racional de actuar sea mediante la cooperación.

La primera modificación se hará al costo unitario de comercialización, donde en la sección anterior el minorista estaba obligado a comercializar el lote completo de producción, sin embargo, aquí proponemos que cuando el minorista envíe la señal Q_- y esta sea verdadera, pero el proveedor decida producir q_+ , es decir, que no siga la señal, entonces, el costo de comercialización para el minorista será de $c_M q_-$, esto significa que el minorista no está obligado a comercializar lotes grandes cuando sepa que sobrarán piezas y haya comunicado esta información al proveedor. Por otro lado, si el minorista envía la señal falsa Q_+ y el proveedor decide seguirla, entonces el costo de comercialización del minorista seguirá siendo de $c_R q_-$ pero este absorberá por completo el costo por unidades sobrantes h como consecuencia de haber mentado.

Respecto de los costos por rotura de *stocks* proponemos que cuando el minorista envíe la verdadera señal Q_+ , pero el proveedor decida producir q_- , entonces, el costo por rotura de *stocks* únicamente afectará al proveedor como efecto de no

haber seguido la señal. Por otro lado, si el minorista envía la señal falsa Q_- y el proveedor sigue esta señal, entonces, el costo por rotura de *stocks* afectará al minorista como consecuencia de haber mentido.

Por último, para los casos en los que el minorista mienta y el proveedor no siga la señal, el primero será penalizado con un costo de pérdida de confianza denotado por $e > 0$. Este caso puede ser explicado como una situación en donde el proveedor solicita información que ya conoce al minorista con el único propósito de averiguar si el otro agente está cooperando o no. La tabla 2 resume las políticas de compraventa de nuestro caso.

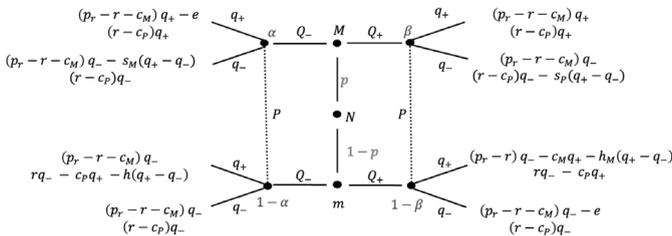
Tabla 2.
Resumen de las políticas de compraventa

Caso	Costos para P	Costos para M
<i>Demanda alta</i>		
M envía señal verdadera y P la sigue	$c_p q_+$	$(r + c_M)q_+$
M envía señal verdadera y P no la sigue	$c_p q_- + s_p(q_+ - q_-)$	$(r + c_M)q_-$
M envía señal falsa y P la sigue	$c_p q_-$	$(r + c_M)q_- + s_M(q_+ - q_-)$
M envía señal falsa y P no la sigue	$c_p q_+$	$(r + c_M)q_+ + e$
<i>Demanda baja</i>		
M envía señal verdadera y P la sigue	$c_p q_-$	$(r + c_M)q_-$
M envía señal verdadera y P no la sigue	$c_p q_+ + h(q_+ - q_-)$	$(r + c_M)q_-$
M envía señal falsa y P la sigue	$c_p q_+$	$(r + c_M)q_- + h(q_+ - q_-)$
M envía señal falsa y P no la sigue	$c_p q_-$	$(r + c_M)q_- + e$

Fuente: elaboración propia.

De esta forma, el juego de señales asociado a nuestra propuesta queda dado como se muestra en la figura 6.

Figura 6.
Juego de señales G_2



Fuente: elaboración propia.

A continuación mostraremos nuestro segundo teorema.

Teorema 2. Para el juego de señales $G2$ la estrategia

$$s_{G2}^{s1} = ((Q_+, Q_-), (q_-, q_+))$$

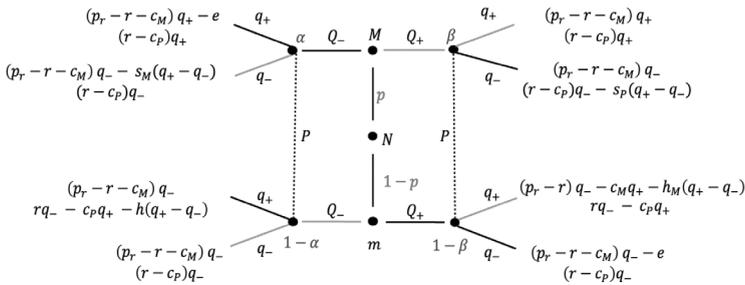
es el único equilibrio separador del juego. Más aún, si $e > (p_r - r - c_M)(q_+ - q_-)$ no existen equilibrios agrupadores.

Demostración. Esta prueba se dividirá en dos secciones de acuerdo con los tipos de señales y se llevará a cabo mostrando los casos de forma exhaustiva.

Mediante esquemas analizaremos qué implicaciones tiene para los agentes que el minorista diga siempre la verdad, esto es, mande la señal $s_M = (Q_+, Q_-)$. En la figura 7 observamos que en este caso $\alpha = 0$ y $\beta = 1$, entonces, P elegirá q_- en el conjunto de información de α , siempre que $(r - c_p)q_- > rq_- - c_pq_+ - h(q_+ - q_-)$, lo cual siempre sucede sin importar el valor de las variables; y elegirá q_+ en el conjunto de información de β siempre que $(r - c_p)q_+ > (r - c_p)q_- - s_p(q_+ - q_-)$, lo que siempre sucede. Por lo tanto, $s_{G2}^{s1} = ((Q_+, Q_-), (q_-, q_+))$ es un equilibrio separador.

Figura 7.

Nunca mentir y seguir la señal en $G2$

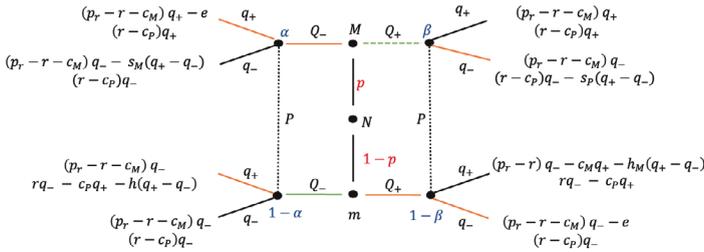


Fuente: elaboración propia.

Por otro lado, cuando el minorista decide mandar la señal $s_M = (Q_-, Q_+)$ obtenemos el esquema mostrado en la figura 8, en donde podemos advertir que $\alpha = 1$ y $\beta = 0$, lo que implica que q_+ es la mejor respuesta para P en el conjunto de información de α siempre que $(r - c_p)q_+ > (r - c_p)q_-$, lo cual siempre se cumple sin importar el valor de las variables; y elegirá q_- en el conjunto de información de β siempre que $(r - c_p)q_- > rq_- - c_pq_+$, lo que siempre se cumple. También observamos que a M le conviene cambiar su estrategia en el nodo asociado a $(1 - p)$ ya que mejoraría su pago, tal y como se destaca en el esquema con la línea sólida color verde. Por otra parte, si $e > (p_r - r - c_M)(q_+ - q_-)$, para M cambiar de estrategia en el nodo asociado

a p es mejor respuesta. Así, concluimos que no existe ningún equilibrio asociado a la señal que implica mentir siempre.

Figura 8.
Mentir siempre en $G2$



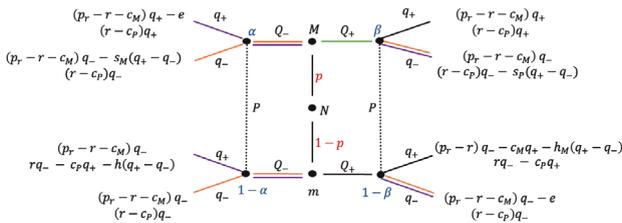
Fuente: elaboración propia.

Señales separadoras

Enseguida analizaremos los casos en que el emisor decide mandar una misma señal sin importar la verdadera demanda del mercado.

Así, para la señal $s_M = (Q_-, Q_-)$ tenemos la figura 9.

Figura 9.
Mentir a veces en $G2$



Fuente: elaboración propia.

Vemos que $\alpha = p$ y entonces, P elegirá q_+ en el conjunto de información de α , siempre que:

$$(p)[(r - c_p)q_+] + (1 - p)[rq_- - c_pq_+ - h(q_+ - q_-)] > (r - c_p)q_- \tag{6}$$

De la expresión (6) podemos observar que, según el valor de las variables, habrá ocasiones en donde para P elegir q_+ en el conjunto de información de α sea mejor

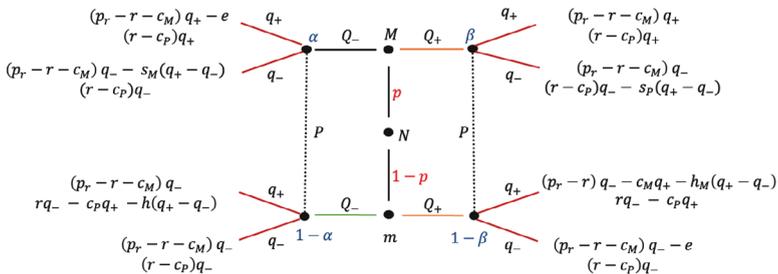
respuesta, tal y como se señala con las líneas púrpuras, y además, si $e > (q_+ - q_-)$ ($pr - r - c_M$) entonces M no estará eligiendo su mejor respuesta en el nodo asociado a p . Después, si consideramos el caso en donde q_- sea mejor respuesta para P en el conjunto de información de α entonces M no estará eligiendo de manera racional el nodo asociado a p tal y como lo señala la línea verde. Así, demostramos que no existen equilibrios asociados a la señal $s_M = (Q_-, Q_-)$.

Señales agrupadoras

Tenemos por último el caso donde la señal es $s_M = (Q_+, Q_+)$, la cual corresponde al gráfico de la figura 10. Para este caso tenemos que $\beta = p$ y que P elegirá q_+ en el conjunto de información de β siempre que:

$$\begin{aligned}
 & (p)[(r - c_p)q_+] + (1 - p)[rq_- - c_pq_+] \\
 & > (p)[(r - c_p)q_- - s_p(q_+ - q_-)] + (1 - p)[(r - c_p)q_-]
 \end{aligned}
 \tag{7}$$

Figura 10.
Mentir a veces en $G2$



Fuente: elaboración propia.

De la expresión (7) podemos observar que, según el valor de las variables, habrá ocasiones en donde q_+ sea mejor respuesta para P en el conjunto de información de β . Sin embargo, cualquiera que sea la mejor respuesta de P en el conjunto de información de β y para cualquier estrategia en el conjunto de información de α , como se ilustra con las líneas rojas, tendremos que para M siempre es mejor respuesta elegir Q_- en el nodo asociado a $(1 - p)$, como se indica con la línea verde. Así, demostramos que no es posible construir un equilibrio a partir de la señal $s_M = (Q_+, Q_+)$.

Podemos concluir entonces que con políticas propuestas en esta sección se puede obtener una y sola una manera racional de actuar que implica la cooperación entre los agentes.

CONCLUSIONES

El principal aporte de este estudio se concentra en proponer el uso de juegos de señales como herramienta para analizar los diferentes modelos de cadenas de suministro que se muestran normalmente en la literatura. Sobre todo, son de interés los modelos donde la demanda de mercado, o bien, el estudio de cualquier otra variable aleatoria se fortalezca mediante la cooperación entre los agentes. El propósito de nuestro estudio se enfoca en analizar las variables que influyen a favor o en contra de la cooperación entre agentes.

En la sección 2 encontramos diversas estructuras con las que se transmite información derivada de la interacción entre agentes. Respecto a los equilibrios $\{s_{G1}^{s_2}, s_{G1}^{a_1}, s_{G1}^{a_2}, s_{G1}^{a_3}, s_{G1}^{a_4}\}$ se destaca que debido a las políticas de producción, pedidos y devolución que imponen obligaciones a los agentes que únicamente dependen de la demanda de mercado, se respaldan comportamientos estratégicamente correctos que implican actitudes de no cooperación.

En la sección 3 destacamos un único equilibrio s_{G2}^{s1} que respalda un comportamiento cooperativo entre agentes que favorece la calidad del intercambio de información durante la interacción en la cadena de suministro. Lo anterior se garantiza por medio de cambios en las políticas de producción, devolución y pedidos, las cuales ahora dependen directamente de los comportamientos de los agentes y no solo de la demanda del mercado. En esta parte se destacan de manera explícita los cambios en las funciones de pago que tienen un efecto positivo sobre las acciones de cooperación por parte de los agentes, lo cual ayuda a generar un flujo de información de mejor calidad entre ellos.

Cuando las políticas de producción, devolución y pedidos se centran en disminuir costos, podemos advertir que, de manera incidental, se fomenta un tipo de interacción entre agentes que se enfoca en la sola obtención de mejores rendimientos para cada agente sin tomar en cuenta que estos mismos propósitos se pueden lograr garantizando un mejor flujo y calidad de la información. Es por eso que analizar las diferentes generalizaciones de nuestro modelo y compararlas con los modelos que se estudian de forma común en la literatura es una tarea de interés para esta área de investigación.

Las generalizaciones más directas de nuestro modelo podrían girar en torno al replanteamiento de los espacios de estrategias de los agentes. Por ejemplo, considerar que el espacio de estrategias de P está dado por $S_p = [q_-, q_+] \times [q_-, q_+]$ podría resultar en la obtención de un análisis más completo al tener un espacio de decisión más grande. Por su parte, el espacio de estrategias de M podría considerar señales más complejas, como lo puede ser un intervalo continuo que represente distintos estados de la naturaleza. Esto último representaría un reto teórico debido a la dificultad para analizar y establecer la clasificación de las señales en función de su interpretación.

Otro posible ángulo desde donde se puede modificar nuestra propuesta es considerar que M solo obtiene información parcial respecto de la demanda del mercado, es decir, la información que obtiene concierne a la distribución de la demanda, lo cual implicaría que la verdadera cantidad demandada se revelará hasta la última etapa del juego cuando los agentes ya hayan realizado las acciones que eligieron de entre sus posibles estrategias. Esto representaría una situación más realista debido al tiempo que requiere la mercancía para llegar hasta el consumidor final y así los agentes puedan observar la demanda del mercado.

Las posibles modificaciones antes mencionadas son, en varios aspectos, características más apegadas a los problemas que enfrentan los agentes en una cadena de suministro y, además, destacan la importancia de tomar en cuenta la cooperación como herramienta para favorecer los objetivos individuales y comunes de cada agente.

Destacamos que la simplicidad de nuestro modelo tiene la intención de establecer una visión panorámica de lo que deberían cumplir las políticas de producción y pedidos, de tal manera que surja el interés y la motivación por abordar este tipo de problemáticas desde nuestro enfoque, tomando en cuenta todas las posibles aproximaciones que se pueden abordar desde el mismo.

REFERENCIAS

1. Adida, E., & DeMiguel, V. (2011). Supply chain competition with multiple manufacturers and retailers. *Operations Research*, 59(1), 156-172.
2. Alshamsi, A., & Diabat, A. (2015). A reverse logistics network design. *Journal of Manufacturing Systems*, (37), 589-598.
3. Cachon, G. P., & Netessine, S. (2006). Game theory in supply chain analysis. *Models, Methods, and Applications for Innovative Decision Making*, 200-233.
4. Chiang, W. Y. K., & Monahan, G. E. (2005). Managing inventories in a two-echelon dual-channel supply chain. *European Journal of Operational Research*, 162(2), 325-341.
5. Garcia, D. J., & You, F. (2015). Supply chain design and optimization: challenges and opportunities. *Computers & Chemical Engineering*, (81), 153-170.
6. Georgiadis, P., Vlachos, D., & Iakovou, E. (2005). A system dynamics modeling framework for the strategic supply chain management of food chains. *Journal of Food Engineering*, 70(3), 351-364.
7. Harsanyi, J. C. (1968). Games with incomplete information played by "bayesian" players part II. Bayesian equilibrium points. *Management Science*, 14(5), 320-334.

8. Iida, T., & Zipkin, P. (2010). Competition and cooperation in a two-stage supply chain with demand forecasts. *Operations Research*, 58(5), 1350-1363.
9. Ma, J., & Wang, H. (2014). Complexity analysis of dynamic noncooperative game models for closed-loop supply chain with product recovery. *Applied Mathematical Modelling*, 38(23), 5562-5572.
10. Madani, S. R., & Rasti-Barzoki, M. (2017). Sustainable supply chain management with pricing, greening and governmental tariffs determining strategies: a game-theoretic approach. *Computers & Industrial Engineering*, (105), 287-298.
11. Maschler, M., Zamir, S., & Solan, E. (2020). *Game Theory*. Cambridge University Press.
12. Nash Jr., J. F. (1950). Equilibrium points in n-person games. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 36(1), 48-49.
13. Nash Jr., J. F. (1951). *Theory of non-cooperative games* [Tesis doctoral, Princeton University] Princeton.
14. Osborne, M. J., & Rubinstein, A. (1994). *A Course in Game Theory*. MIT Press.
15. Pedram, A., Yusoff, N. B., Udoncy, O. E., Mahat, A. B., Pedram, P., & Babalola, A. (2017). Integrated forward and reverse supply chain: a tire case study. *Waste Management*, (60), 460-470.
16. Sarmah, S. P., Acharya, D., & Goyal, S. K. (2006). Buyer vendor coordination models in supply chain management. *European Journal of Operational Research*, 175(1), 1-15.
17. Slimani, I., & Achchab, S. (2014). Game theory to control logistic costs in a two-echelon supply chain. International Conference on Logistics Operations Management. IEEE.
18. Spence, M. (1978). Job market signaling. En *Uncertainty in Economics* (pp. 281-306). Academic Press.
19. Triani, N. V. (2023). Perfect competition market. <https://ssrn.com/abstract=4338530>
20. Vasnani, N. N., Chua, F. L. S., Ocampo, L. A., & Pacio, L. B. M. (2019). Game theory in supply chain management: current trends and applications. *International Journal of Applied Decision Sciences*, 12(1), 56-97.
21. Von Neumann, J., & Morgenstern, O. (1947). *Theory of Games and Economic Behavior*. 2ª rev. Princeton University Press.
22. Yan, J., Cheng, H., & Wang, X. (2014). Study of trade credit strategies and conditions in supply chain based on perfectly competitive suppliers. En J. Xu, V. A. Cruz-Machado, B. Lev & S. Nickel (Eds.), *Proceedings of the Eighth International Conference on Management Science and Engineering Management: Focused on Intelligent System and Management Science* (pp. 677-686). Springer Berlin Heidelberg.

23. Yang, S. L., & Zhou, Y. W. (2006). Two-echelon supply chain models: considering duopolistic retailers' different competitive behaviors. *International Journal of Production Economics*, 103(1), 104-116.

LA GLOBALIZACIÓN DE CAPITAL, LAS CRISIS DEL SIGLO XXI Y EL REZAGO DE AMÉRICA LATINA: ¿QUÉ SIGUE?

Noemi Levy Orlik

Levy Orlik, N. (2023). La globalización de capital, las crisis del siglo XXI y el rezago de América Latina: ¿qué sigue? *Cuadernos de Economía*, 42(90), 487-515.

El modelo económico dominante sustentado en la globalización e internacionalización del capital se ha vuelto disfuncional y se encuentra en un proceso de reorganización. En este artículo se revisan los conceptos básicos de la era neoliberal y las claves de la organización económica que son la complejidad financiera y las cadenas globales de producción. Este análisis se hará en el contexto latinoamericano mostrando que la especialización productiva asignada a la región mantuvo el atraso tecnológico y la exclusión de las clases populares, lo cual está generando una serie de conflictos sociales y la búsqueda de nuevas formas de producción del capital.

Palabras clave: globalización; crisis; América Latina; mercados financieros; cadenas globales de producción.

JEL: F65, G01, G15, N26.

N. Levy Orlik

Facultad de Economía, UNAM. Ciudad de México, México. Correo electrónico: levy@unam.mx

Sugerencia de citación: Levy Orlik, N. (2023). La globalización de capital, las crisis del siglo XXI y el rezago de América Latina: ¿qué sigue? *Cuadernos de Economía*, 42(90), 487-515. <https://doi.org/10.15446/cuadernos.v42n90.105630>

Este artículo fue recibido el 3 de noviembre de 2022, ajustado el 23 de marzo de 2023 y su publicación aprobada el 10 de mayo de 2023.

Levy Orlik, N. (2023). Capital globalization, the XXI century crises and Latin America backwardness: what's next? *Cuadernos de Economía*, 42(90), 487-515.

The dominant economic model built on the basis of globalization and internationalization has become dysfunctional and is undergoing a process of reorganization. This paper reviews the basic concepts of the Neoliberal era and the keys elements of the economic organization, which are financial complexity and global value chains. This analysis is done in terms of the Latin American region, showing that the productive specialization assigned to the region again lacked technological innovation and excluded the popular classes, generating a series of social conflicts, on the basis of which new forms of capital production are sought.

Keywords: Globalization; crisis; Latin America; financial markets and global production chains.

JEL: F65, G01, G15, N26.

INTRODUCCIÓN

El agotamiento del modelo de industrialización por sustitución de importaciones (ISI) modificó los mecanismos del crecimiento económico y de la distribución del ingreso. La intervención pública directa en la actividad económica y las políticas públicas que garantizan mínimos de bienestar a la población fueron reemplazadas por los mecanismos de mercado. En ese contexto apareció la era neoliberal sustentada en el binomio desregulación-globalización, cuyos principales pilares han sido la complejización de las relaciones financieras y la conformación de cadenas globales de producción (CGP). En este escenario las exportaciones se convirtieron en una de las variables más dinámicas del crecimiento económico.

Estos cambios modificaron la división internacional del trabajo a partir de las supuestas ventajas comparativas de cada país, donde destacan el desarrollo tecnológico, la disponibilidad de materias primas, los apoyos gubernamentales al gran capital, el costo salarial, etcétera.

En estas condiciones se desarrolló el modelo liderado por las exportaciones (MLE) que se caracterizó por el despliegue de la Gran Moderación, la cual descansó sobre la dupla de bajo crecimiento económico y baja inflación en los bienes y servicios, en un entorno de inflación financiera, que garantizó alta liquidez y altos niveles de apalancamiento. La desventaja de los países latinoamericanos es que no pudieron fortalecer sus mercados de capitales ni lograr superávits en sus cuentas corrientes externas.

El objetivo de este trabajo es analizar los efectos del MLE en el periodo de internacionalización de capital en América Latina y plantear las posibles alternativas de desarrollo. Nuestra hipótesis es que en América Latina este modelo tuvo resultados poco satisfactorios por la creciente exacción de ganancias por parte del capital externo que se generó a partir de la alianza entre el capital empresarial rentista doméstico y el gran capital extranjero. Nuevamente, las grandes ausentes del crecimiento económico fueron la innovación tecnológica –a lo cual debe añadirse la debilidad de las instituciones domésticas–, la concentración del ingreso y la exclusión de las clases populares.

En la región se fortaleció la entrada de inversión extranjera de cartera (IEC) sin consolidar el mercado financiero doméstico y creció la inversión extranjera directa (IED) sin lograr superávits en la cuenta corriente que dinamizaran el crecimiento económico, que incluso estuvo acompañado de retrocesos en el grado de industrialización de las economías latinoamericanas. La novedad de la apertura financiera fue la constitución de las grandes empresas de origen latinoamericano que se expandieron al interior de la región (multilatinas) e, inclusive, al resto del mundo, con pocos encadenamientos a los sectores productivos y financieros de origen. Se argumenta aquí que las economías latinoamericanas incrementaron su dependencia al capital internacional debido a que los sectores productivos y financieros más dinámicos se ligaron a los circuitos externos, sin fortalecer los procesos de acumulación domésticos.

Este trabajo se divide en seis secciones. En la segunda sección se analizan los conceptos básicos del paradigma neoliberal que sustentaron los procesos de desregulación, globalización e internacionalización del capital. En la tercera se discuten los principios básicos de la internacionalización que son la maximización del valor de los accionistas y las CGP. En la cuarta sección se analiza la inserción fallida de América Latina en el periodo de internacionalización del capital, seguida por una sección donde se esbozan los principales conflictos del ordenamiento capitalista dominado por la hiperglobalización y las posibles formas de reorganización del capital. En la última sección se presentan las conclusiones.

CONCEPTOS BÁSICOS DEL PARADIGMA NEOLIBERAL: DESREGULACIÓN Y GLOBALIZACIÓN

La caída del sistema Bretton Woods (1971) marcó la crisis del paradigma keynesiano y la emergencia del paradigma neoliberal o neoconservador que se apoyó en los mecanismos de mercado a partir de la libertad individual, bajo el supuesto de que los mercados sin restricciones no pueden estar equivocados o, al menos, la acción colectiva intencional no puede vencerlos (Vercelly, 2017).

Siguiendo a Berlin (1969), la libertad individual tiene dos acepciones, una denominada “positiva”, que se asocia con la realización de los objetivos comunes de los agentes (pleno empleo, igualdad, etcétera); y otra llamada “negativa” que se construye con el levantamiento de “las limitaciones específicas que se imponen a las acciones potenciales o reales” y su objetivo es restringir el poder del leviatán. El liberalismo del siglo XIX resurgió en el siglo XX, destacadamente en los planteamientos de Von Mises, Hayek y Friedman que se opusieron al intervencionismo estatal keynesiano (Vercelly, 2017).

La visión neoliberal se soporta en la noción de que la competencia¹ es la mejor organización de la producción y de la distribución porque permite, en términos paretianos², una distribución óptima de los recursos y, por esa vía, se maximiza la producción. Los supuestos básicos de este planteamiento son la racionalidad de los agentes porque predice el valor futuro de las variables relevantes y excluye, o limita, las expectativas; los mercados son completos porque garantizan el intercambio

¹ Hay una larga tradición que postula que los mercados competitivos son eficientes en organizar e implementar la asignación óptima de recursos. Von Mises desarrolló esta idea después de la Revolución de Octubre en Rusia argumentando que un país socialista no puede realizar un cálculo económico racional porque la planificación central no puede sustituir los mecanismos de mercado que fijan un sistema coherente de precios (Vercelly, 2017).

² El primer teorema demuestra que el equilibrio de toda economía competitiva es “eficiente en el sentido de Pareto” si nadie puede mejorar su posición sin que alguien empeore. El segundo teorema señala que toda asignación de recursos eficiente en el sentido de Pareto se puede lograr a través de los mecanismos de mercado competitivo, siempre que se elija una distribución inicial apropiada (Vercelly, 2017).

continuo, lo cual implica la presencia de mercados secundarios profundos y mercados de futuros eficientes; no hay externalidades, por consiguiente, el Estado no tiene justificación para intervenir; las transacciones son reversibles, o sea, no hay costos de transacción; no hay bienes públicos y con ello se evita el beneficio de unos sobre otros (*free riders*); hay competencia perfecta porque se logra la plena utilización de los factores productivos, incluido el trabajo; y el modelo opera con maximización de utilidades porque se supone la existencia de riesgos en oposición a la incertidumbre, lo que garantiza un juego de suma cero (Vercelly, 2017).

La corriente neoliberal, aunque reconoce que la competencia perfecta difiere del comportamiento de los mercados en la realidad, sostiene que hay una brecha de mercado (*market gap*) que desde su perspectiva no es relevante. Friedman advierte que “En la ciencia, el realismo de las hipótesis no es importante siempre y cuando el modelo que surge a partir de esas hipótesis predice mejores resultados empíricos que los modelos rivales” (citado en Vercelly, 2017, p. 38). Alternativamente, las brechas de mercado permiten mejorar los modelos económicos (organizaciones) a partir del análisis de los microfundamentos que acompañan a la macroeconomía. En este contexto, los desequilibrios se explican a partir de choques externos generados por políticas económicas supuestamente erróneas; y las crisis se deben enfrentar con mayor desregulación y privatización. En específico, deben sustituirse las libertades positivas que buscan objetivos comunes por la libertad individual de los agentes e instituciones y, por esa vía levantar el máximo posible de restricciones.

Los supuestos del paradigma neoliberal están íntimamente ligados al binomio desregulación-globalización económica que, por un lado, restringe la intervención directa del Estado en la economía y, por otro, empodera al mercado y, a partir de ello se levantan las restricciones al libre movimiento de los factores. Estos dos procesos son parte de un mismo fenómeno porque la desregulación garantiza la libertad de los agentes para maximizar sus objetivos al interior de una economía y la globalización asegura el movimiento de los factores productivos entre economías. Este binomio se construyó con base en la (falsa) dicotomía entre Estado y mercado, que supone el traspaso de poder del primero al segundo, no obstante, esta dicotomía tiene lugar entre el Estado y las empresas privadas, en particular las sociedades públicas (o sociedades anónimas, dominantes en un mercado oligopólico) que involucran a accionistas y administradores. Las sociedades anónimas de carácter público son una reminiscencia del Estado porque existe un poder, el cual, se supone que es elegido por los agentes (accionistas). Para lograr un mercado competitivo, garantizar el movimiento de los factores y empoderar a la empresa por acciones se han desplegado varios cambios estructurales.

En el ámbito financiero, los principales cambios se relacionan con la desmonetización del oro (1971) y la revocación de la ley Glass-Steagall (1999) que desvincularon el dinero de las mercancías y derrumbaron las barreras entre la estructura financiera bancaria y no bancaria, respectivamente. Estos dos cambios marcaron, por un lado, el término de las políticas regulatorias en el ámbito domés-

tico, poniendo fin a las políticas de canalización de crédito al sector productivo y, por otro, garantizaron el libre movimiento del capital privado a nivel internacional, imponiendo el proceso de globalización e internacionalización del capital. A partir de ello se conformó un mercado financiero global, regido por medios de pagos internacionales, que también tuvieron el carácter de ser creados *ex nihilo*. En este ámbito, el acceso a las unidades de cuenta internacionales (dólares) dependió del grado de convertibilidad de las deudas privadas de las diversas monedas en unidades de cuenta internacional (dólares). En el escenario mundial dominaron los flujos de inversión extranjera y destacaron los movimientos de capital de corto plazo (inversión de cartera) e IED (deudas de largo plazo altamente líquidas) que se desplegaron bajo la forma de fusiones y adquisiciones.

Un segundo cambio estructural relevante, en los inicios de 1980, fue el debilitamiento del mercado laboral y de las organizaciones sindicales, impulsado por los gobiernos de Reagan y Thatcher. Con ello se logró reducir los salarios y beneficios contractuales para abaratar los costos de producción, sentándose las bases de la pauperización y precarización de la fuerza de trabajo, descrita como el aplastamiento de la curva de Phillips (Bellofiore *et al.*, 2010). Este cambio estructural afectó al conjunto de las economías desarrolladas y emergentes y a todas las fases de producción, especialmente las de menor contenido tecnológico.

Un tercer cambio estructural fue la eliminación de las políticas keynesianas contracíclicas con el pretexto de controlar la estanflación. A principios de la década del setenta se combinaron procesos inflacionarios con estancamiento económico (estanflación), los cuales se adjudicaron (erróneamente) a la intervención gubernamental en la actividad económica. En este contexto surge la visión de las expectativas racionales (Sargent y Wallace, 1975) que argumentaban que la única vía para alcanzar la estabilidad económica era devolver al mercado las elecciones económicas, revirtiendo las políticas económicas de Keynes, incluyendo las propuestas de Hicks (1937), que se resumieron en “cavar hoyos para posteriormente tapparlos”. En estas condiciones se desplegó un amplio proceso de privatización de los bienes públicos, se desmanteló el Estado de bienestar, cuestionado por el exceso de las acciones colectivas en el mercado y se eliminaron los mecanismos automáticos de gasto público anticíclicos. En el ámbito de la política monetaria, se eliminó el objetivo de estabilidad del crecimiento económico, y el control de la inflación sustituyó al objetivo de alcanzar crecimiento con pleno empleo. A partir de este cambio estructural se impusieron políticas de austeridad fiscal cuyo propósito era eliminar los déficits fiscales, en particular en la cuenta primaria. En estas circunstancias, la demanda descansó fundamentalmente en el dinamismo del gasto privado.

Un cambio adicional de gran relevancia fue la política monetaria estadounidense que fortaleció su centro financiero a través del *Greenspan put* (Bernanke, 2005). El banco central de Estados Unidos generó una política monetaria en extremo proactiva en limitar la caída de los precios de los títulos del mercado accionario, sin imponer techos, lo cual fue caracterizado como “asimetría monetaria” (Verce-

lly, 2017, p. 151). En los hechos, el sistema de Reserva Federal (FED) actuó como un seguro, similar a una opción, para evitar pérdidas financieras en el mercado accionario, lo que alentó la inflación en el mercado financiero. Ello preparó el terreno para la maximización del valor accionario y generó una redistribución de las ganancias en favor de los dueños de capital, cuyo principal resultado fue una gran concentración del ingreso.

LOS FUNDAMENTOS DE LA INTERNACIONALIZACIÓN ECONÓMICA: LA MAXIMIZACIÓN DEL VALOR DE LOS ACCIONISTAS Y LAS CADENAS GLOBALES DE PRODUCCIÓN

El proceso de globalización de la era neoliberal se construyó a partir del consenso de que el libre comercio es un elemento central del crecimiento económico con la particularidad de que en el periodo de desregulación y globalización se volvió asociar a la teoría de las “ventajas comparativas”, lo que implicó la especialización productiva de las diferentes regiones y economías, desplegando un proceso de desindustrialización en América Latina. En la era neoliberal, los límites de los mercados reales y sus fallas se adjudicaron a la interferencia de los reguladores y supervisores públicos en los procesos de mercado (Vercelly, 2017).

En el periodo de desregulación-globalización se fortalecieron las grandes corporaciones multinacionales, con crecientes conexiones al mercado de capitales, y la organización de las CGP. El resultado fue la maximización del capital accionario y la minimización de los costos de producción. Este arreglo operó en un entorno de internacionalización del capital abarcando los países desarrollados y emergentes. Estos últimos, por primera vez en la historia, se volvieron exportadores de capital sin perder su posición subordinada frente a los países desarrollados. En este apartado se analiza el significado y efectos de la maximización del valor de los accionistas y de las cadenas globales de valor.

Principio de maximización de valor de los accionistas

En el periodo de Bretton Woods dominó una fuerte regulación de la actividad productiva y accionaria que robusteció a la empresa chandleriana, cuyas ganancias provienen de la actividad productiva y las innovaciones tecnológicas. En ese periodo los intereses del capital productivo se empoderaron frente al capital financiero basados en una organización productiva de “crecer y retener”.

A mediados de 1960, este proceso se interrumpió, a causa de la crisis industrial de los países desarrollados que se mediatizó a través de la activación del mercado financiero, vía fusiones y adquisiciones, muchas veces forzadas, que fortalecieron

las ganancias del gran capital como resultado de actividades financieras; originándose el proceso de maximización del valor financiero.

La activación del mercado financiero conllevó un aumento de la emisión de acciones y bonos, independiente del proceso de financiamiento de la producción u obtención de liquidez para los activos ilíquidos. La emisión de los títulos financieros tuvo como objetivo incrementar el valor financiero de las empresas para garantizar el control corporativo de estas instituciones o adquirirlas vía compras forzadas, independientemente del gasto productivo. La contraparte de este proceso fue la consolidación de los inversionistas institucionales donde destacan los bancos de inversión y una gran variedad de fondos ligados a las pensiones y a los seguros, combinados con las actividades de tesorería de las empresas (Seccareccia, 2012; Toporowski, 1993) que se convirtieron en las principales demandantes de los títulos financieros. Los fondos institucionales se fortalecieron con el desmantelamiento del Estado de bienestar que provocó la privatización de los servicios de educación, salud, provisión de vivienda, etcétera.

El resultado de este proceso fue una creciente emisión de acciones comunes y títulos de renta variable, por encima de las necesidades de la actividad comercial y productiva (Toporowski, 2012); y una gran rotación de los instrumentos financieros, además de una acelerada innovación financiera, políticas monetarias activas y crecientes operaciones de cobertura que volvieron a activar los mercados financieros, regresando la complejización financiera a las relaciones sociales de producción capitalista (Toporowski, 2013).

El proceso de inflación financiera del siglo XXI fue diferente al que tuvo lugar en los inicios del siglo XX. En las primeras décadas del siglo XX el aumento de los precios fue originado por los promotores de las grandes corporaciones que vendieron acciones en exceso, generando lo que se denominó dilución de acciones (*watering down*) para incrementar sus comisiones, provocando la caída de los dividendos y la posible pérdida de control de las empresas (Kalecki, 1977).

Mientras, la inflación financiera del siglo XXI se generó gracias a la ampliación de actividades financieras (Minsky, 2008) que crearon una gran variedad de contratos, sobre la base de diferentes subyacentes, incluidos contratos para cubrir riesgo por impago de créditos (*credit default swaps*). El resultado de estos arreglos financieros fue una creciente inestabilidad financiera y una gran especulación. En palabras de Minsky:

La demanda especulativa fundamental de dinero gira en torno a la medida en que se piden préstamos para financiar posiciones de bienes cuyo precio está sujeto a variación; tanto como las condiciones de los préstamos en dinero, esos precios esperados de los bienes constituyen los determinantes de la demanda especulativa de dinero (1975, p. 85).

Este proceso desplegó ciclos económicos, donde el auge fue dominado por aumentos en los precios de los títulos financieros y creciente endeudamiento para

acceder a mayores ganancias financieras en un contexto de crecimiento económico, seguido por periodos de desaceleración económica, menores expectativas y el crecimiento menos acelerado en los precios de los títulos, lo cual puede provocar incumplimiento de los compromisos de pagos, pudiéndose desplegar procesos de deflación financiera y recesión económica. En este escenario destaca la crisis financiera global (CFG) del 2008 que culminó con una profunda recesión económica.

El periodo de internacionalización del capital se acompañó de la complejización de las relaciones financieras, bajo la dirección del capital financiero que desplazó al capital productivo (Russell, 2008), y cuya máxima expresión fue la creciente actividad de tesorería en las corporaciones no financieras. En este contexto, la competencia se desplazó del mercado “real” al mercado de capitales, y las innovaciones productivas fueron sustituidas por la ingeniería financiera, base de la “teoría de la agencia”, cuyo objetivo es la generación de flujos de efectivo para beneficiar en primer lugar y en mayor medida a los dueños de capital (Erturk, 2020). En esta visión teórica se fusionan los intereses de los dueños del capital y los administradores de las empresas para maximizar el valor financiero de la corporación, generándose un proceso de confluencia entre dueños de capital y administradores (Crotty, 1990), contrapuesto con la visión de confrontación, planteada por Keynes (1986). La complejización financiera sobrevivió varias crisis a lo largo del periodo de globalización e internacionalización, porque las corporaciones no financieras están compuestas por un portafolio de subunidades líquidas, en continua reestructuración, para maximizar el precio de los títulos, que sustituyó a la organización corporativa basada en una mezcla de activos ilíquidos cuyo fin es el crecimiento de largo plazo (Crotty, 2003).

En esta discusión destaca el fortalecimiento de las grandes corporaciones no financieras y sus operaciones en el mercado de capitales, cuyos antecedentes datan de finales del siglo XIX (Berle y Means, 1933) y se fortalecen en la era de la globalización a partir de procesos de innovación financiera mucho más complejos (Minsky, 2008). El principal resultado de este proceso ha sido la creciente sobrecapitalización³ de las empresas que facilitó el acceso a las ganancias financieras, altamente inestables por las variaciones de los precios de los títulos financieros. La complejización de las relaciones financieras y el peso excesivo de las ganancias financieras en las ganancias totales, se han vuelto disfuncionales a la operación del sistema capitalista, evidenciados por las sucesivas crisis de los países emergentes en la década del noventa y las diferentes crisis en los países desa-

³ Sobrecapitalización es cuando las empresas emiten fondos de inversión y acciones comunes mayores a los requeridos para la operación de las actividades productivas y comerciales de una empresa, lo cual provoca que el mercado de capitales se vuelva menos eficiente. Si las empresas no tienen oportunidades de inversión que generen ganancias, tiene lugar un proceso de sobrecapitalización, lo que implica la presencia de capital en exceso que no se distribuye de manera eficiente. Se añade que si las empresas están sobrecapitalizadas tienen menos presión en la distribución de su capital en los usos más eficientes (Toporowski, 2013).

rollados del siglo XXI, incluida la CFG del 2008 y las dos grandes recesiones económicas globales (2008 y 2020).

La valorización de capital no es sostenible en el largo plazo porque se agotan las crecientes ganancias en un contexto de reducido gasto de inversión productiva. Entre mediados de 1980 y mediados de 1990, los fondos de pensiones fueron los responsables del exceso neto de capital en el mercado de capitales, encargado de la inflación en el mercado financiero. En el segundo quinquenio de 1990, se activaron los títulos relacionados con la industria de alta tecnología lo que provocó, en el 2001, la crisis dot.com, la cual fue sustituida por el sector hipotecario, responsable de la CFG del 2008. Después se activaron los mercados de *commodities* y de divisas y, nuevamente se regresó al mercado de capitales a la luz de la normalización de la política monetaria de los países desarrollados, esta vez bajo el dominio de la industria que administra activos (Haldane, 2014). Esta forma de obtención de ganancias financieras solo es funcional en condiciones de reducidas tasas de interés, por lo que se espera una nueva reorganización del sistema financiero.

Las cadenas globales de producción

Las CGP o redes globales de producción se construyeron sobre la base de “romper el proceso de producción y distribuirlo en varias locaciones geográficas, dependiendo de costos, logísticas y la política [...] proceso descrito como la ‘partición de la cadena de valor’, ‘desintegración global’, *offshoring* y la globalización de la producción” (Milberg, 2008, p. 424).

La partición de la producción en varios espacios geográficos incrementó el comercio mundial de acuerdo con las ventajas comparativas de cada país. Los países desarrollados poseedores de innovación tecnológica y desarrollo en el campo de conocimiento retuvieron los servicios y las fases de producción tecnológicamente más complejas, desplazando la manufactura hacia economías en desarrollo y emergentes. Específicamente, Estados Unidos retuvo los servicios generados del desarrollo de conocimientos complejos, provocando un fuerte desempleo en la manufactura. Los países desarrollados de Europa y Japón se especializaron en el diseño de los bienes de capital y la construcción de procesos más complejos, ocupando el segundo estrato de las CGP. El sudeste de Asia y después China se insertaron en principio a las CGP en las fases de producción de menor complejidad tecnológica, sin embargo, ello se hizo en un ambiente de procesos dinámicos de aprendizaje, con un gran avance tecnológico, particularmente en China, lo cual permitió que escalaran a los estratos de mayor requerimiento tecnológico en el transcurso del tiempo, ocasionando una disputa tecnológica entre China y Estados Unidos. América Latina se insertó en las CGP vía bienes primarios y procesos de ensamblaje, con bajos niveles de inversión productiva y reducida intervención pública en los procesos económicos, esto impidió modificar en el tiempo su posición en las CGP, ocupando los estratos de producción con menor valor agregado.

Las CGP ampliaron las brechas entre países desarrollados y en desarrollo, notoriamente en América Latina y aumentaron la desigualdad en la distribución del ingreso entre países desarrollados y emergentes y, al interior de cada bloque y de cada economía. En estas condiciones las mayores ventajas comparativas fueron captadas por los países desarrollados que retuvieron el control de las corporaciones multinacionales, acortándose las ventajas de acuerdo con la especialización tecnológica de cada economía en las CGP. Milberg (2008) muestra que la producción ultramar (*offshoring*) incrementó los rendimientos de las grandes corporaciones estadounidenses con respecto al resto del mundo vía importación de insumos de bajos precios⁴ y, a su vez, logró disminuir el costo de los bienes salariales y, por ese camino, abaratar el costo de la fuerza de trabajo de las economías desarrolladas.

Las CGP también modificaron las estructuras de mercado y ello permitió la extracción de crecientes ganancias por parte de las corporaciones internacionales. Por un lado, las matrices de estas corporaciones operaron como oligopsonistas al controlar la demanda de los estratos inferiores de las CGP vía contención de los precios y, por otro, abarataron los costos de producción, lo cual fue considerado como un aumento de la productividad independientemente de la inversión productiva. Y, por el otro lado, los productores de materias primas, incluido el ensamblaje de la manufactura, se convirtieron en tomadores de precios. Ello creó un ambiente de fuerte competencia entre las economías que integraron los menores estratos de las CGP. Esta competencia mermó los costos salariales y obligó a los gobiernos a ofrecer mejores condiciones a las multinacionales, incluidas subvenciones y exenciones de impuestos, construcción de infraestructura, etcétera. Los gobiernos desplegaron este tipo de políticas para ampliar las exportaciones.

Los resultados de la globalización productiva fueron desiguales. Los países emergentes del sudeste de Asia, encabezados por China, con grandes avances tecnológicos, lograron superávits en sus cuentas corrientes externas, gracias a crecientes gastos de inversión productiva, los cuales en conjunto generaron altas tasas de crecimiento económico. América Latina continuó operando con cuentas corrientes externas deficitarias y su posición deudora obligó a la región a desplegar políticas extremadamente favorables a los intereses de la inversión extranjera. Regresó así la especialización en materias primas, en América del Sur, y Centroamérica se especializó en los procesos de ensamblaje de bienes finales de la manufactura.

Este proceso fue acompañado de crecientes márgenes en la tasa de interés entre países emergentes y desarrollados, con tipos de cambios estables (sobreevaluados) para atraer inversión extranjera de corto plazo y políticas tendientes a mantener reducidos los costos salariales, con políticas laxas respecto al medioambiente y

⁴ Milberg (2008) muestra que la reducción de los precios de las importaciones estadounidenses fue mayor en aquellos sectores donde las cadenas de oferta globales estaban más desarrolladas, específicamente en los sectores de telecomunicaciones (aparatos de sonido, reproducción y equipo, equipo de computadores y maquinaria de oficina).

políticas fiscales procíclicas que garantizaran la primacía de las grandes empresas. Ello ocasionó una combinación de ganancias rápidas sin innovación tecnológica.

Una de las grandes diferencias entre el sudeste de Asia y América Latina es la posición de estas regiones en la cuenta corriente externa. En la primera región, el superávit en la cuenta corriente fue significativo, lo que permitió que operaran con relativa autonomía en su política económica, limitando el grado de globalización de sus sistemas financieros y productivos, con gran presencia de los mercados financieros domésticos y la obligación de las multinacionales de transferir tecnología (Chang y Grabel, 2004; Stallings y Studart, 2005). En este contexto tuvieron mayor libertad en utilizar su política fiscal para promover la innovación tecnológica, desarrollar programas de infraestructura y garantizar altos niveles de inversión pública. Mientras, las economías latinoamericanas se mantuvieron como deudoras por déficits estructurales en sus cuentas corrientes, aumentando su dependencia externa en flujos financieros internacionales para equilibrar sus cuentas externas. Este proceso obligó a la región a desplegar políticas agresivas de privatización económica, reducción del gasto público, específicamente equilibrios fiscales e incluso superávits en la cuenta primaria, junto con políticas monetarias tendientes a incrementar la valorización del capital internacional (altas reservas internacionales, tipo de cambio sobrevaluado y tasas de interés superiores a los países desarrollados).

A manera de síntesis, uno de los grandes cambios que motivaron la organización productiva basada en las CGP fue sustituir el modelo “originar y retener” por el de “empequeñecer y redistribuir”. Este proceso simplificó la contribución del trabajo en la producción y disminuyó el crecimiento de la productividad, que se volvió dependiente de salarios bajos, desplazando la inversión productiva a segundo plano y convirtiendo a las exportaciones en la variable dinámica del crecimiento económico. La recirculación de las ganancias al sector productivo se redujo y las ganancias especulativas tuvieron una alta participación en las ganancias totales. Esto provocó una gran concentración de ingresos entre regiones y al interior de los países; favoreciendo los intereses del gran capital al interior de las economías y a nivel global.

LA INTERNACIONALIZACIÓN DEL CAPITAL EN AMÉRICA LATINA: INSERCIÓN FALLIDA Y DEPENDIENTE

Los países latinoamericanos en el periodo de internacionalización⁵ del capital tuvieron dos grandes desventajas respecto a las economías desarrolladas.

⁵ La internacionalización del capital supone la presencia de exportación de capitales. En los países emergentes este proceso tuvo lugar con la oligopolización de las estructuras productivas que erigió empresas públicas que exportan capital hacia el resto del mundo, lo cual en América Latina ocurrió a través de la creación de multilaterales y de la extranjerización de los bancos, que inició

Primera, su inserción a las CGP fue estática, explicada a partir de la inserción subordinada al entorno internacional en los estratos más simples de producción y, segunda, el sistema financiero se mantuvo débil sin lograr incrementar su profundidad y amplitud, pese a la apertura del mercado de capitales y a la creciente presencia de las corporaciones multinacionales y de origen latinoamericano que, por primera vez en la historia de la región, exportaron capital al resto del mundo, incluidos los países desarrollados.

La debilidad de la posición latinoamericana en el contexto de la globalización e internacionalización de capital se explica, en parte, por las fallas del proceso de ISI que solo abarcó los bienes de consumo finales, excluyendo los bienes de mayor complejidad tecnológica como son los insumos intermedios y de capital. Además, los sectores productivos más dinámicos fueron liderados por el capital extranjero, que operó con tecnologías obsoletas, en desuso en los países desarrollados por los grandes avances tecnológicos del periodo. Este proceso fue acompañado de altos costos en los bienes salariales, dominados por los rentistas domésticos (terratenientes). A diferencia del sudeste asiático, la ISI latinoamericana descansó sobre salarios reducidos, mercados internos pequeños, limitado desarrollo tecnológico; con fuertes desequilibrios de la cuenta corriente externa y fuerte dependencia financiera. Las grandes limitantes del proceso de ISI es que no se sustentó en una clase empresarial dinámica o progresista (Kaldor, 1959) y se excluyó a las clases populares (Marini, 1972).

La organización de los consorcios empresariales asiáticos en grupos económicos tipo *zaibatsu* y *keiretsu* (Amsden, 1989) no sucedió en América Latina, lo cual limitó el desarrollo del sistema financiero de la región, y no logró conformarse una organización bancaria sustentada en el mercado de capitales (Zysman, 1983). El sector público se concentró en políticas de subsidio al sector privado, exención de impuestos a las grandes empresas, sin exigir desarrollos tecnológicos (Levy, 2010; Mántey, 2010). La industrialización descansó sobre subvenciones para importar bienes de capital, baja recaudación fiscal y crecientes gastos públicos en infraestructura con apoyos financieros al sector privado vía líneas crediticias de bajos costos, sin exigir la recirculación del excedente a la producción. El resultado de la ISI fue un crecimiento económico acelerado, con exigua participación de la inversión privada y crecientes ganancias del sector privado no recirculadas a la producción. Siguiendo a Kaldor (1959), la industrialización no se construyó sobre una clase empresarial progresista, lo que provocó que las ganancias capitalistas no se canalizaran a la reinversión productiva, desviándose a bienes suntuarios, generalmente de origen importado, con grandes fugas al multiplicador del ingreso. Ello limitó las potencialidades del crecimiento endógeno y sostenido. Estas condiciones se traspasaron –y profundizaron– al MLE, porque las clases

después de la crisis financiera mexicana de 1994 y se profundizó en la siguiente con la alianza de las bolsas de valores de diferentes países.

dominantes mantuvieron su carácter rentista y no estuvieron dispuestas a correr riesgos para aumentar sus ganancias.

El MLE impuesto en el periodo de la globalización regresó a la especialización de las materias primas de inicios del siglo XX e incluyó la manufactura ensamblada caracterizada por su bajo valor agregado. El aparato productivo continuó dependiendo de la inversión extranjera, con menor inversión productiva y un traspaso tecnológico aún más reducido. A lo anterior se suma un insuficiente desarrollo del sistema financiero pese a la globalización financiera, lo cual refleja una alianza de clases todavía más fuerte entre el gran capital internacional y los rentistas nacionales, con la diferencia de que los terratenientes fueron sustituidos por los capitalistas empresariales. En este periodo se conformaron grupos empresariales de capital latinoamericano que, al contrario de los países desarrollados, no operaron a través de sus centros financieros de origen, sino que alimentaron los centros financieros internacionales, con la particularidad de que las empresas multinacionales de la región operaron al margen de los mercados financieros latinoamericanos.

A fin de discutir el proceso de internacionalización de capital se revisan los indicadores relevantes de la apertura económica, la especialización productiva y sus efectos sobre el sector financiero. Ello se hará a partir del análisis de seis países, donde se incluyen los más grandes de la región, Brasil y México, seguidos por Argentina y Colombia, y economías más pequeñas como las de Chile y Perú.

Apertura comercial y formación bruta de capital

La apertura comercial de los países de la región medida a través del coeficiente de exportaciones más importaciones entre PIB indica que Chile y México tienen los coeficientes más altos, siguen Perú y Argentina y, los niveles más bajos se encuentran en Colombia y Brasil, con fuertes variaciones en Argentina, Chile, México y Perú. Un elemento importante es que pese a la adopción del MLE y la apertura comercial no se alcanzaron equilibrios o superávits de la cuenta corriente externa, por el contrario, se mantuvieron los déficits estructurales, altamente sensibles a los términos de intercambio de los bienes primarios (véase tabla 1).

Otro elemento relevante del proceso de globalización fue el reducido gasto de formación bruta de capital fijo. Incluso, en casi todas las economías, este índice fue menor que el coeficiente de las exportaciones. El cociente entre la formación bruta de capital fijo respecto a PIB y las exportaciones de bienes y servicios respecto a PIB es inferior a la unidad en México, Chile y Perú, mientras en Colombia, Brasil y Argentina (con excepción de la primera década del siglo XXI) tuvo valores mayores a la unidad, sin que estos fueran significativamente diferentes a la unidad (véase tabla 1). El perfil exportador de todos los países de la región descansó sobre bienes primarios, con excepción de México, que se especializó en los bienes finales de manufactura. Así, América Latina se insertó a la economía mundial a través de la reprimarización de sus economías y procesos de maquilas, sin alcanzar

los estratos altos de las cadenas de valor. Una primera conclusión es que la apertura comercial no fue funcional en las economías latinoamericanas.

Tabla 1.

Indicadores de la cuenta comercial, cuenta corriente e inversión productiva

	Argentina	Brasil	Chile	Colombia	México	Perú
	Apertura comercial (X+M/PIB)					
2000-04	36,67	25,18	63,62	32,40	50,02	36,67
2005-09	51,16	24,42	73,42	35,74	56,36	51,16
2010-14	50,68	23,27	67,25	36,92	63,83	50,68
2015-20	46,36	26,72	56,83	35,45	76,79	46,36
Media	46,22	24,90	65,28	35,13	61,75	46,22
CV	0,06	0,01	0,10	0,02	0,10	0,06
	Superávit o déficit de la cuenta corriente a PIB					
2000-04	0,70	- 1,43	0,01	- 0,63	- 1,62	- 1,66
2005-09	2,12	- 0,44	1,59	- 2,23	- 0,93	- 0,06
2010-14	- 1,16	- 3,45	- 1,11	- 3,54	- 1,53	- 3,56
2015-20	- 2,84	- 2,24	- 2,24	- 4,43	- 1,13	- 1,75
Media	- 0,29	- 1,89	- 0,44	- 2,71	- 1,30	- 1,76
	Coeficiente de FBKF/PIB a X/PIB					
2000-04	0,88	1,34	0,62	0,81	0,69	0,97
2005-09	0,94	1,39	0,53	1,02	0,80	0,72
2010-14	1,17	1,86	0,68	1,41	0,76	0,94
2015-20	1,29	1,17	0,77	1,77	0,57	0,89

Nota: X: exportaciones, M: importaciones, PIB: producto interno Bruto, FBKF: formación bruta de capital fijo, CV: coeficiente de variación.

Fuente: elaboración propia con base en datos de Cepal y Banco Mundial.

La complejización financiera y las grandes empresas

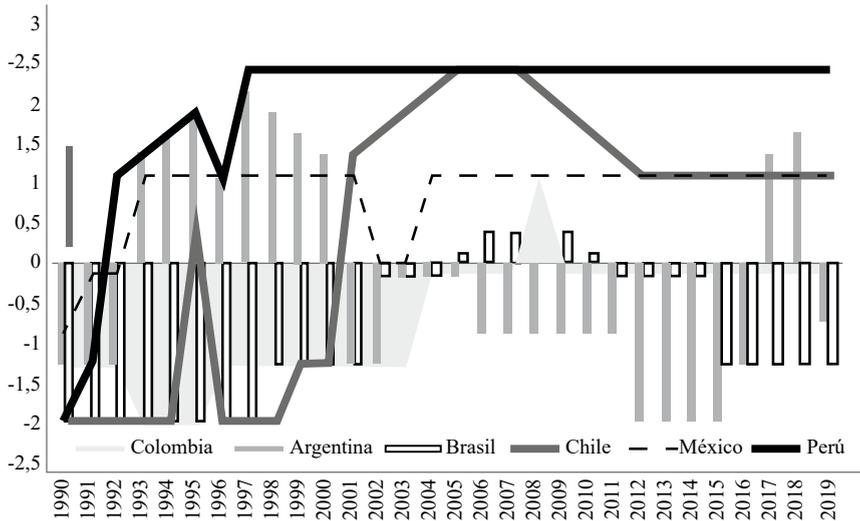
La apertura financiera de las economías latinoamericanas ocurrió a inicios de la última década del siglo XX y se profundizó en los primeros años del siglo XXI. El índice Chinn-Ito⁶ muestra altos niveles de apertura en Perú, Chile y México

⁶ El índice Chinn-Ito (KAOPEN) mide el grado de apertura de la cuenta de capital de un país. Este índice fue propuesto por Chinn e Ito en el 2006 y codifica las restricciones a las transacciones financieras transfronterizas que se reportan en el informe anual del FMI de régimen cambiario y restricciones cambiarias. Los signos negativos indican poca apertura financiera, la cual aumenta cuando son positivos.

y menor intensidad en Brasil y Colombia. El comportamiento es diferente en Argentina, en tanto la mayor apertura ocurrió en los años noventa, se revierte posteriormente y, en el 2016, vuelve a aumentar, con el gobierno de Macri (véase figura 1).

Figura 1.

Apertura financiera medida por el índice Chinn-Ito



Nota: apertura financiera señalizada por números positivos.

Fuente: http://web.pdx.edu/~ito/Chinn-Ito_website.htm

Al revisar la cuenta financiera, entre el 2000 y el 2020, se observan valores negativos en todas las economías analizadas. Ello señala flujos netos hacia las economías de la región, incluso por encima de los déficits de la cuenta corriente. El exceso neto de capitales extranjeros fue notorio en México y Perú. En términos de composición de los flujos, dominó la IED y de cartera que desplazó al rubro de “otra inversión”⁷. Los países con mayor recepción de flujos netos de IED en orden de prelación fueron Perú, Chile, Brasil, Colombia y México. Con baja participación de Argentina. Y los países que captaron más flujos de corto plazo, vía IEC fueron México, Brasil, Colombia, Perú y Argentina, destacándose la economía chilena por tener una posición superavitaria (véase figura 2a). El comportamiento de estas variables deja claro que la apertura del mercado de capitales generó un exceso de liquidez en moneda internacional, comandado por la IED, con gran presencia en Chile, mientras en México se explicó por la IEC.

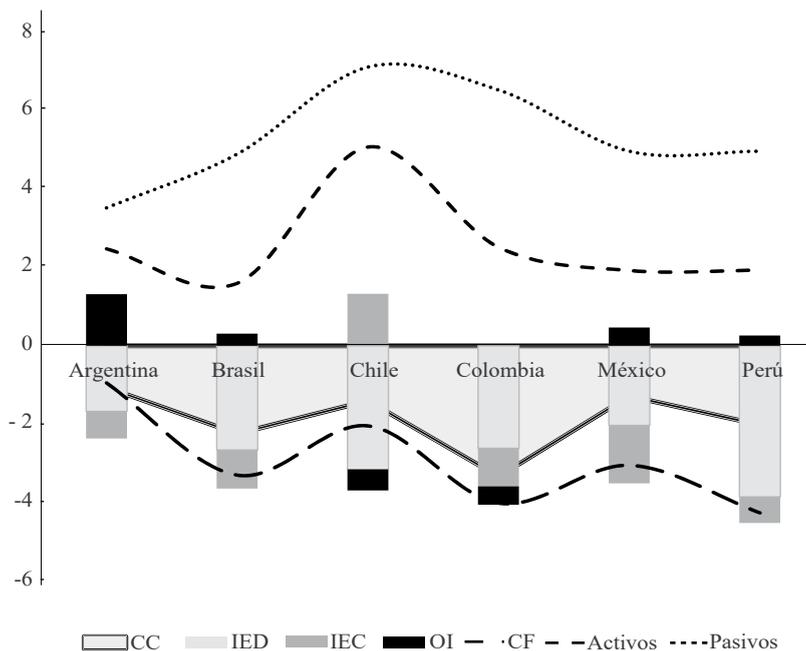
⁷ Son operaciones o posiciones financieras relativas a créditos comerciales, depósitos y préstamos y cuentas pendientes de cobro y pago con no residentes.

Una descripción más detallada de los flujos externos en términos brutos (véase figura 2b) muestra que Chile tiene más pasivos por concepto de IED, seguido por Perú, Colombia, Brasil, México y Argentina en el último lugar. En términos de exportación de capitales por IED (activos) también destaca Chile, seguido en alejados lugares por Colombia, México y Perú. A su vez, Chile es el mayor receptor de flujos de corto plazo (IEC pasivos), seguido muy de cerca por México, con importantes avances de Colombia y Perú, y posiciones reducidas en Brasil y Perú, y especialmente, Argentina. Los activos de corto plazo por concepto de IEC son liderados por Chile, con posiciones alejadas de Colombia, Perú y México.

De acuerdo con lo anterior se puede afirmar que en las primeras dos décadas del siglo XXI la apertura financiera se explica por el gran influjo de capitales hacia la región, liderado por la IED en casi todos los países, con gran participación en México de la IEC. En este recuento sobresale la gran apertura de Perú que es una economía relativamente pequeña y, obviamente el caso chileno y mexicano. Brasil y Colombia no transitaron por ese proceso, aunque son importantes receptores de IED. Y Argentina se distingue por los drásticos cambios frente a la apertura.

Figura 2a.

Cuenta corriente a PIB y principales indicadores de la cuenta financiera, en términos netos, promedios 2000-2020

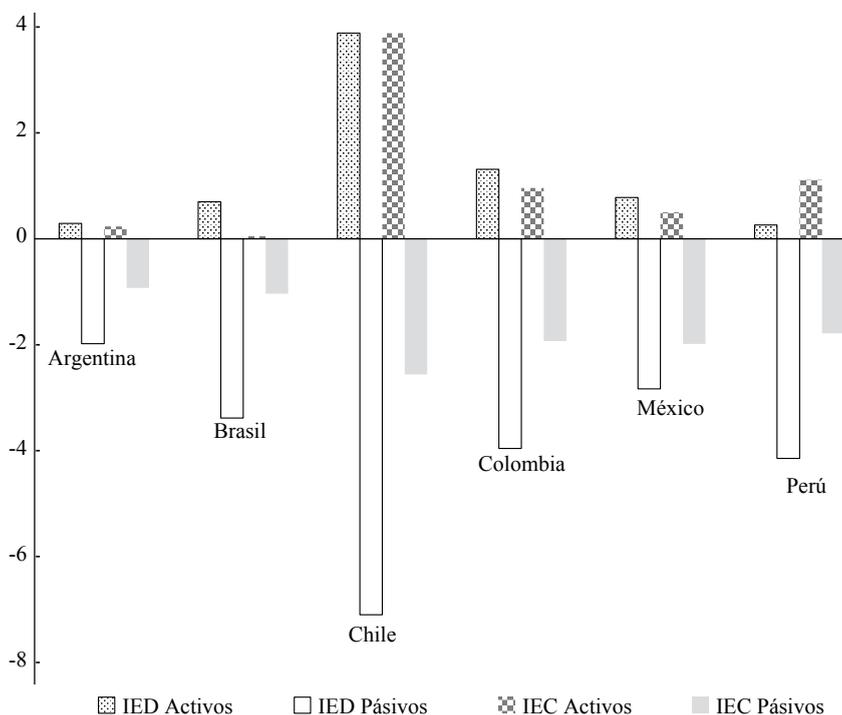


La fuerte presencia de IED no coincide con el proceso de consolidación de la gran empresa que cotiza en los mercados de valores. El ranking internacional que

mide el tamaño de las empresas a través de su valor de capitalización de mercado indica que las empresas más grandes que cotizan en las bolsas de valores de la región se concentraron en tres países, reportándose 63 corporaciones en Brasil, 23 en México y 19 en Chile. En Brasil y México alrededor del 20% de las corporaciones se encuentran entre las primeras 1000 a nivel mundial (con 13 y 5 empresas de total, respectivamente) y Chile solo cuenta con dos empresas en ese grupo. En el siguiente rango (1000 a 2000) se sitúa el 43,5% de las empresas mexicanas, el 27% de las empresas brasileñas (17 empresas) y el 15,8% de las chilenas. En el rango 2000 a 3000 se sitúan el 19% de las empresas brasileñas (12 empresas), 26,3% de las chilenas y 13% de las mexicanas. Por su parte, en el rango 3000 a 4000 se registran gran parte de las empresas chilenas (36,8%) (véase figura 3). De lo anterior se deduce que en México se concentran las corporaciones de mayor tamaño, Brasil tiene una estructura más diversificada y en Chile dominan las corporaciones medianas.

Figura 2b.

Cuenta corriente a PIB y principales indicadores de la cuenta financiera, en términos brutos, promedios 2000-2020

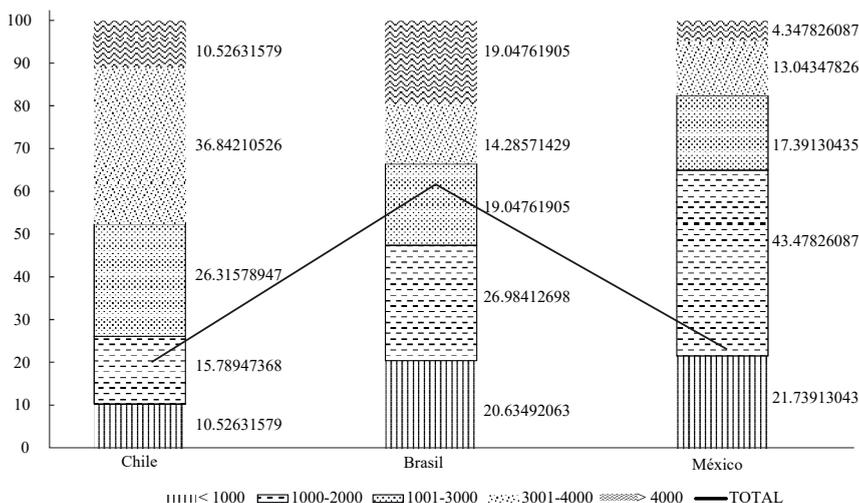


Nota: IED: inversión extranjera directa; IEC: inversión extranjera de cartera.

Fuente: elaboración propia con base en datos del FMI.

Figura 3.

Número de grandes empresas de América Latina medidas por el valor capitalización



Fuente: elaboración propia con base en <https://companiesmarketcap.com/chile/largest-companies-in-chile-by-market-cap/>

La composición y la tendencia del mercado de capitales de los países analizados muestran que Chile alcanzó el mayor valor de capitalización respecto al PIB, seguido por Brasil, Colombia, Perú y México. Brasil es el mercado de capitales más dinámico, medido a partir de la rotación de las acciones con respecto a su valor de capitalización, seguido por México, Chile y Colombia. A su vez, Brasil tiene el mayor número de empresas listadas con 364, seguido por Chile y Perú y en un tercer lugar se encuentran México y Colombia (véase tabla 2). Podemos entonces concluir que la activación del mercado de capitales ha sido diferente. En Chile se explica por una gran cantidad de empresas listadas que son de tamaño medio, con presencia significativa de empresas extranjeras (12% del total); en Brasil dicha dinámica se explica por la mayor rotación de las acciones generada también por un gran número de empresas que utilizan el mercado de capitales doméstico para obtener liquidez. Perú, que ha sido la sorpresa de la región en términos de la activación de su mercado de capitales, se explica por la fuerte presencia de empresas extranjeras. Los mercados de capitales colombiano y especialmente mexicano son los más reducidos. Ello se debe al fortalecimiento de los circuitos productivos y financieros externos, al margen de los espacios internos; y, como se señaló, a que la activación fue muy baja en Argentina, por el cambio de paradigmas económicos en las últimas décadas.

El mercado de bonos medido con respecto al PIB de cada país no es muy dinámico (véase tabla 3). Destaca la actividad del mercado de bonos doméstico brasileño y

chileno, ambos explicados por la emisión de bonos gubernamentales y de instituciones financieras. También se observa que en las demás economías aumentó la emisión de bonos gubernamentales, lo que implicó la sustitución de bonos internacionales por domésticos.

Tabla 2.

Mercado de capitales

	2000-04	2005-09	2010-14	2015-20	2000-20	2000-04	2005-09	2010-14	2015-20	2000-20
	Argentina					Brasil				
Cap. de Merc/PIB	19,5	18,1	10,1	11,0	14,7	36,8	66,1	48,5	49,2	49,2
Rotación	13,3	7,6	4,8	6,6	8,1	34,3	54,3	71,3	79,5	59,2
Empresas listadas	115,0	107,8	104,4	98,2	106,4	400,6	368,8	359,0	336,8	364,9
Domésticas	111,4	103,0	98,6	93,2	101,6	nd	nd	nd	nd	nd
Extranjeras	3,6	4,8	5,8	4,2	4,6	nd	nd	nd	nd	nd
	Chile					Colombia				
Cap. de Merc/PIB	92,1	110,7	113,1	83,2	100,3	nd	43,1	59,0	36,0	45,8
Rotación	8,4	18,0	14,7	15,3	14,4	nd	19,7	11,9	11,8	14,2
Empresas listadas	247,2	241,4	264,4	293,8	263,2	103,8	91,6	80,6	69,0	85,4
Domésticas	246,4	238,8	227,6	208,5	229,3	103,8	91,6	76,2	66,8	83,8
Extranjeras	0,8	2,6	36,8	85,3	34,0	0,1	0,3	0,3	0,2	0,2
	México					Perú				
Cap. de Merc/PIB	17,3	32,2	39,8	34,0	30,7	21,9	47,1	50,1	41,2	40,0
Rotación	29,4	26,8	25,9	23,8	26,3	10,2	8,6	4,3	2,9	6,4
Empresas listadas	166,6	135,8	136,8	144,8	146,0	227,0	231,2	262,6	241,0	240,5
Domésticas	162,8	131,4	131,6	138,8	141,0	199,6	193,2	207,6	208,5	202,5
Extranjeras	3,8	4,4	5,2	6,0	4,9	27,4	38,0	55,0	32,5	38,0

Nota: Cap. de Merc/PIB: valor de capitalización de mercado a PIB.

Fuente: elaboración propia con datos del Fondo Monetario Internacional.

Tabla 3.
Mercado de bonos respecto al PIB

	2000-04	2005-09	2010-14	2015-20	2000-20	2000-04	2005-09	2010-14	2015-20	2000-20
	Argentina*					Brasil				
B: Corp. Finan.	1,3	4,4	3,6	4,8	3,5	1,7	3,2	5,7	5,8	4,1
2: Gobierno Gral.	0,0	4,1	13,1	16,9	8,5	11,0	19,7	24,5	30,3	21,4
Total doméstico	1,3	8,4	16,7	21,7	12,0	47,0	62,4	54,2	73,0	59,2
J: Corp. No Finan.	5,8	2,1	1,0	2,4	2,8	59,7	85,4	84,3	109,1	84,6
B: Corp. Finan.	1,5	1,4	0,6	0,5	1,0	2,2	1,0	1,3	1,9	1,6
2: Gobierno Gral.	51,9	19,0	8,7	13,4	23,2	2,2	1,3	2,3	2,1	2,0
Total internacional	59,2	22,5	10,3	16,4	27,1	9,8	4,3	2,2	2,7	4,7
	Chile					Colombia				
A. Corp. financieras	25,3	26,0	25,6	33,0	27,5					
J: Corp. No Finan.	4,4	9,8	10,5	8,5	8,3	0,3	0,3	0,6	0,5	0,4
2: Gobierno Gral.	4,4	6,0	11,2	20,4	10,5	21,1	25,1	23,8	29,1	24,8
Total doméstico	34,1	41,9	47,3	61,9	46,3	21,3	20,0	24,3	29,6	23,8
J: Corp. No Finan.	9,8	5,9	8,6	17,6	10,5	0,5	0,8	2,0	5,1	2,1
B: Corp. Finan.	1,9	1,3	3,5	4,7	2,9	0,5	0,1	1,4	3,4	1,3
2: Gobierno Gral.	2,7	1,8	1,9	5,0	2,8	10,7	8,0	5,8	9,5	8,5

(Continúa)

	2000-04	2005-09	2010-14	2015-20	2000-20	2000-04	2005-09	2010-14	2015-20	2000-20
Total internacional	14,5	9,0	13,9	27,3	16,2	11,7	9,0	9,2	18,0	12,0
	México					Perú				
J: Corp. No finan.	0,0	2,8	3,4	3,6	2,5	0,0	4,2	5,8	6,3	4,1
B: Corp. Finan	0,0	8,4	13,2	13,1	8,7	0,0	2,1	2,1	2,1	1,6
2: Gobierno Gral.	0,0	17,2	26,6	30,9	18,7	0,0	3,5	6,7	12,8	5,8
Total doméstico	0,0	28,4	43,3	47,7	29,8	0,0	9,7	14,6	21,3	11,4
J: Corp. No Finan.	2,3	2,1	6,2	13,3	6,0	0,2	0,4	2,7	6,7	2,5
B: Corp. Finan.	0,4	0,4	1,1	2,9	1,2	0,3	1,2	4,4	6,7	3,1
2: Gobierno Gral.	6,5	4,4	4,2	6,1	5,3	8,2	8,6	8,0	12,0	9,2
Total internacional	9,3	6,9	11,5	22,2	12,5	8,7	10,2	15,1	25,4	14,8

Fuente: elaboración propia con datos de Bank of International Settlements, cuadro C3

La emisión de bonos en el mercado internacional fue también relativamente reducida. Los países con mayor emisión de bonos en el mercado internacional en comparación con el mercado doméstico son Argentina y Perú. Otro elemento importante es que después del 2015 incrementaron los bonos emitidos por las corporaciones no financieras en el mercado internacional, ello fue notorio en Chile, México y Perú. Este proceso indica un cambio de estrategia de financiamiento de la gran empresa, a partir de la reversión de las políticas monetarias acomodaticias de Estados Unidos, lo cual es altamente riesgoso para sus economías, en tanto dependen del tipo de cambio y condiciones externas para mantener el dinamismo de dicho mercado.

Por último, la evolución de los créditos bancarios indica que en América Latina los créditos a la vivienda y al consumo, así como a personas físicas con actividad empresarial (sector informal) son poco significativos; por su parte, las corporaciones no financieras, con excepción de México, tuvieron mayor acceso a los créditos, aunque muy debajo del volumen de recursos que se canaliza en la economía estadounidense (véanse figuras 4a y 4b).

Así pues, los grandes volúmenes de entrada de inversión extranjera no lograron fortalecer el mercado de valores ni al mercado de bonos y las corporaciones no financieras multinacionales y multilatinas no fueron muy activas en los mercados financieros domésticos. Los créditos fueron relativamente reducidos, muy por debajo de los emitidos en Estados Unidos, que tiene una organización financiera basada en el mercado de capitales, que garantiza liquidez a las hojas de balance. Entonces, la globalización financiera tampoco fue funcional al crecimiento económico de los países analizados.

Figura 4a.

Crédito a las familias y personas físicas con actividad empresarial

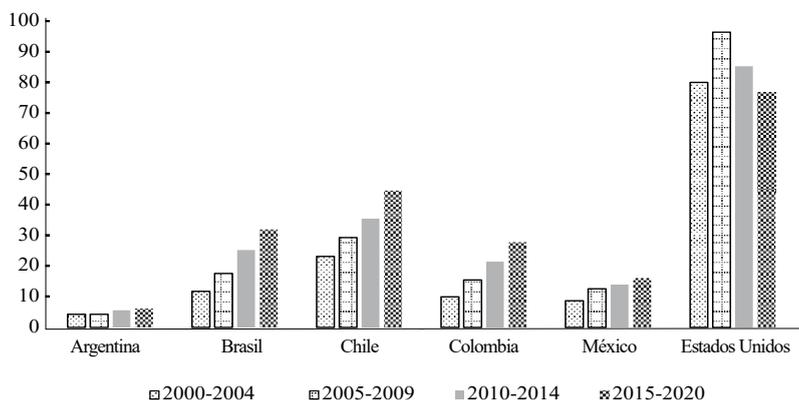
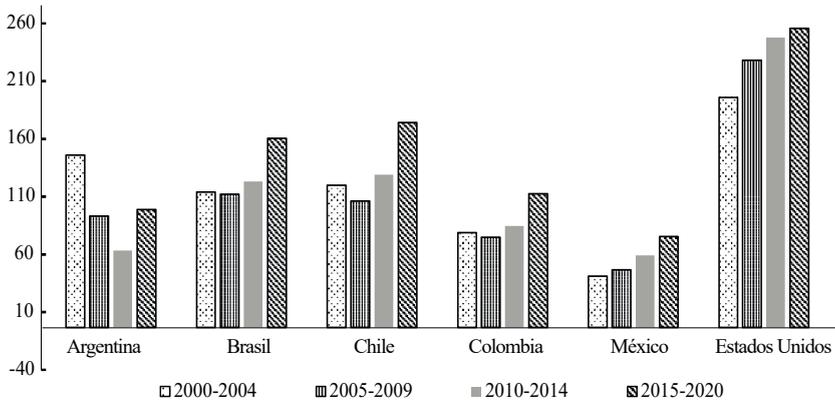


Figura 4b.

Crédito al sector no financiero, valor de mercado como porcentaje del PIB



Fuente: elaboración propia con información de BIS. <https://www.bis.org/statistics/totcredit.htm>

¿QUÉ SIGUE?

La CFG del 2008 mostró los límites de la globalización y de la internacionalización del capital y, de manera más destacada el agotamiento del MLE y, aunque la economía estadounidense se recuperó y en el 2014 revirtió la política monetaria acomodaticia, no se resolvieron los conflictos del modelo de acumulación sustentado en la ideología neoliberal. En la segunda mitad del 2010 emergieron de nuevo los signos de agotamiento del modelo de globalización, cuyas principales expresiones fueron el Brexit y el triunfo de Trump, con la consigna *America First*, con claros signos de inestabilidad financiera en Estados Unidos durante el 2019.

La crisis sanitaria por la pandemia de coronavirus evidenció el conflicto geopolítico entre Occidente (liderado por Estados Unidos) y China, cuyo resultado ha sido la relocalización de las CGP desde China y las zonas de influencia de esa economía a los territorios próximos a las matrices de las transnacionales, especialmente de Estados Unidos. Se desplegó la “estrategia de proximidad” (*nearshoring*) para limitar la expansión china y, por esa vía, mermar su liderazgo. Habría indicios de que la hiperglobalización de las primeras dos décadas del siglo XXI se está transformando en una regionalización. Estados Unidos tiene un claro liderazgo en América Latina, con mayor influencia en Centroamérica, en tanto China tiene una gran inversión y comercio en el sur del continente. Europa está alineada a Estados Unidos; y China domina Asia, aunque aparecen fuertes disputas, al menos en Hong Kong.

Un evento adicional que profundiza el reordenamiento mundial es la guerra europea iniciada por la invasión de Rusia a Ucrania. Occidente –encabezado por Estados Unidos– apoya a Ucrania, a fin de debilitar a Rusia, que se alinea con China y podría convertirse en la fuente de suministros de materias primas y alimentos a la región asiática, mientras que Europa se debilita por su gran dependencia de energéticos y alimentos de la zona de conflicto.

El resultado de la guerra geopolítica entre China y Estados Unidos y la guerra europea definirá si Estados Unidos retiene el liderazgo mundial regresando a un mundo unipolar o si se transita a un mundo multipolar donde el poder sería compartido con China. Definitivamente la pospandemia abrió una nueva era y el mundo se encuentra en un proceso de transición, dominado por una inflación internacional acelerada en los precios de los bienes y servicios y la posibilidad de una recesión económica. Hay un regreso a la década de los sesenta, donde tuvo lugar la primera estanflación, que marcó el fin del periodo de regulación, e inició el periodo de globalización, regido por los principios de la era neoliberal.

Se advierte que la reestructuración del capitalismo mundial es acelerada por políticas monetarias restrictivas. El aumento de las tasas de interés objetivo en Estados Unidos a lo largo del 2022 tiene como objetivo ralentizar el gasto, operando como choque de demanda, para que las grandes corporaciones occidentales no pierdan su participación de mercado. Así, la política monetaria restrictiva, acompañada por la disminución de apoyos fiscales tiene como propósito fortalecer el mercado de capital estadounidense (Wall Street) y contraer el crecimiento económico, respectivamente. La apuesta de Estados Unidos es una recesión moderada que fortalezca los intereses del gran capital internacional y debilite a China, abriéndose la posibilidad de alinear a Rusia con Estados Unidos para debilitar las fuentes de materias primas y alimentos de la economía china.

América Latina y el Caribe se engarzan a la crisis de reestructuración del capitalismo global a través de dos vías; por un lado, América Central, donde destaca México, verá incrementada su participación en las CGP, a partir de la estrategia de proximidad, lo cual abre una ventana para mejorar las condiciones de inserción internacional de esos países, en especial mediante transferencias tecnológicas, si los países de la región logran negociar con las multinacionales. Por otro, América del Sur puede volverse proveedor de alimentos y materias primas a Estados Unidos y Europa y, verse obligada a mermar su comercio con China, o bien, puede optar por industrializar sus materias primas.

Esta solución no es muy funcional al desarrollo económico latinoamericano porque aumenta la concentración y la centralización del capital, con mayor concentración del ingreso y la riqueza entre países desarrollados y emergentes, al interior de cada bloque y a nivel de países, lo cual genera revueltas sociales o migraciones masivas y poco controladas hacia países con mayor desarrollo.

Un escenario diferente sería fortalecer las economías emergentes alrededor del grupo BRICS (Brasil, Rusia, India, China y Sudáfrica), para crear un bloque alter-

nativo a los países desarrollados liderados por Estados Unidos y avanzar en sinergias tecnológicas y centros financieros vía CGP regionales, con financiamiento regional e integración de empresas locales (pymes). Se advierte que en este proceso es esencial la inserción de las economías de la región vía política pública en la actividad económica, para incrementar la productividad y los salarios. Esta opción deberá descansar sobre crecientes innovaciones tecnológicas y mayor redistribución del ingreso, asegurando que los excedentes regresen a las economías de la región y, por esa ruta, fortalecer la opción de la industrialización.

CONCLUSIONES

La ideología neoliberal cambió radicalmente la organización del modelo de producción dominante. El modelo de ISI fue sustituido por el MLE, lo que implicó el retiro del Estado de la actividad productiva y, a su vez, el dominio de la ideología neoliberal sentó las bases de la globalización e internacionalización del capital. La libertad y los intereses individuales desplazaron la política económica organizada destinada a ampliar los niveles de bienestar común. El supuesto central de este planteamiento es que todos los agentes/países son iguales y, en ese contexto, la flexibilidad de los precios distribuye de la forma más eficiente los recursos productivos, lo cual conlleva una remuneración justa de los factores productivos.

Los pilares del modelo neoliberal fueron la maximización del valor de los accionistas y las CGP que, por un lado, activaron los mercados financieros y, por otro, a las exportaciones, que se convirtieron en la variable más dinámica del crecimiento económico. El resultado de este modelo fue un crecimiento económico muy moderado con progresivo endeudamiento, lo que benefició al gran capital, porque encontró dos caminos para incrementar sus ganancias: la inflación en el mercado financiero y el abaratamiento del costo de trabajo, cuyo mayor logro fue controlar la inflación en los bienes y servicios. La combinación de crecientes precios en el sector financiero y precios controlados en el sector productivo provocó bajos niveles de crecimiento económico. Ello dio lugar a la era de la Gran Moderación y, a la luz de la CFG del 2008 y la crisis sanitaria del 2000 pareciera que este modelo estaría agotándose.

La situación en América Latina fue más compleja porque cambiaron las formas de organización de la producción sin modificarse la histórica alianza entre los rentistas domésticos y el capital extranjero. Este último retuvo el dominio del sector productivo que se extendió al sector financiero y los terratenientes fueron sustituidos por rentistas empresariales, esto se evidenció en la especialización productiva de los países de la región. Ello implicó exportar materias primas e incluso manufactura, con bajo valor agregado, cuyo objetivo fue apropiarse de ganancias rápidas, sin asumir los riesgos de la innovación. Un reflejo de esto son los déficits estructurales de la cuenta corriente, incluida la cuenta comercial de bienes y servicios, lo que indica una fallida inserción de los países de la región al entorno internacional.

En el ámbito financiero los resultados no son mejores. El gran influjo neto de capitales hacia la región, por encima de las capacidades de absorción de las economías, complejizó las relaciones financieras, pero ello tuvo lugar al margen de los mercados financieros domésticos. Las grandes corporaciones de origen latinoamericano no operaron a través de los mercados financieros domésticos, en tanto el objetivo de su internacionalización fue la inserción en los centros financieros de los países desarrollados. Los significativos volúmenes de IED no consiguieron ensanchar ni profundizar el mercado de valores y la entrada de flujos de corto plazo no amplió significativamente el mercado de bonos porque dichos recursos se canalizaron a las reservas internacionales de los bancos centrales y fueron sujetos a operaciones de esterilización con grandes ganancias para el sector bancario (Domínguez y Levy, 2022). A este proceso se agrega una paradoja adicional que, pese al exceso de liquidez en moneda internacional en los países analizados, se incrementó la emisión de bonos en el mercado internacional de las corporaciones no financieras.

La globalización de las economías de la región pese a alcanzar altos índices de apertura no ha sido exitosa a nivel productivo y financiero, por consiguiente, este proceso se debe repensar en dos ámbitos. El primero y, más importante, es lograr una correlación de fuerzas en favor del desarrollo de las fuerzas productivas nacionales lideradas por los intereses de las clases domésticas, lo cual implica la inclusión de las clases populares. Segundo, este proceso debe modificar el comportamiento de los diferentes poderes del Estado, imponiendo al capital internacional y doméstico la necesidad de operar a través de las instituciones domésticas y romperse la posición subordinada del capital doméstico con el capital internacional.

El futuro dependerá de muchos factores, con la única certeza de que los tiempos de la hiperglobalización llegaron a su fin. Habrá globalización por regiones, sin definirse aún si el mundo regresará a la unipolaridad o se compartirá el poder mundial entre Estados Unidos y China. En cualquiera de los casos la inserción internacional de América Latina puede mejorar obteniendo mayores ventajas para la región centroamericana en la reordenación de las CGP; y el sur del continente, en el proceso de reorganizar el comercio de las materias primas, puede abrirse una etapa de industrialización. Alternativamente pueden reunificarse los países emergentes alrededor de los BRICS y crear sinergias productivas y financieras en el camino hacia la industrialización de esas economías.

RECONOCIMIENTOS

Este trabajo es producto directo del Proyecto Papiit UNAM IN 303823.

REFERENCIAS

1. Amsden, A. (1989). *Asia's Next Giant: South Korea and Late Industrialization*. Oxford University Press.

2. Bellofiore, R., Garibaldi, F., & Halevi, J. (2010). The global crisis and the crisis of European neomercantilism. *Socialist Register*, (47), 121-140.
3. Berle, A., & Means, G. (1933). *The Modern Corporation And the Private Property*. Macmillan.
4. Berlin, I. (1969). Two concepts of liberty. En I. Berlin (Ed.), *Four Essays on Liberty* (pp. 118-172). Oxford University Press.
5. Bernanke, B. (2005). *The Global Saving Glut and the U.S. Current Account Deficit*. Virginia Association of Economists.
6. Chang, H.-J., & Grabel, I. (2004). *Reclaiming Development*. Zed Book.
7. Chinn, M. D., & Ito, H. (2006). What matters for financial development? Capital controls, institutions, and interactions. *Journal of Development Economics*, 81(1), 163-192.
8. Crotty, J. (1990). Owner-management conflict and financial theories of investment instability: a critical assessment of Keynes, Tobin, and Minsky. *Journal of Post Keynesian Economics*, (12), 519-542.
9. Crotty, J. (2003). The neoliberal paradox: the impact of destructive product market competition and impatient finance on nonfinancial corporations in the neoliberal era. *Review of Radical Political Economics*, 35(3), 271-279.
10. Domínguez, C., & Levy, N. (2022). Política monetaria en países en desarrollo y economías abiertas: de la administración de activos a pasivos. El caso mexicano. *Economía Unam*, 19(55), 109-130.
11. Erturk, I. (2020). Shareholder and corporate financialization. En P. Mader, D. Mertens & N. Van der Zwan (Eds.), *Routledge International Handbook of Financialization* (pp. 43-54) Routledge Taylor & Francis Group.
12. Haldane, A. G. (2014). The age of asset management? Speech given at the London Business School. 4 de abril.
13. Hicks, J. (1937). Mr. Keynes and the “classics”, a suggested interpretation. *Econometrica*, 5(2), 147-215.
14. Kaldor, N. (1959). Problemas económicos de Chile. *El Trimestre Económico*, 26(102), 170-221.
15. Kalecki, M. (1977). *Ensayos escogidos sobre la dinámica capitalista 1933-1970*. Fondo de Cultura Económica.
16. Keynes, J. M. (1986). *Teoría general de la ocupación, el interés y el dinero*. FCE.
17. Levy, N. (2010). Comparación del periodo de “sustitución de importaciones” y el “secundario exportador”. En G. Mántey & N. Levy (Eds.), *Cincuenta años de políticas financieras para el desarrollo en México, 1958-2008* (pp. 1-30). Plaza y Valdés.
18. Mántey, M. G. (2010). Políticas financieras en México: ¿qué hemos aprendido de 1958 a 2008? En G. Mántey & N. Levy (Eds.), *Cincuenta años de políticas financieras para el desarrollo en México, 1958-2008* (pp. 1-30). Plaza y Valdés.

19. Marini, R. M. (1972). Dialéctica de la dependencia. *Sociedad y Desarrollo*, 1(enero-marzo), 1-47. <http://biblioteca.clacso.edu.ar/ar/libros/secret/critico/marini/capitulos/04dialectica2.pdf>
20. Milberg, W. (2008). Shifting sources and uses of profits: sustaining US financialization with global value chains. *Economy and Society*, 37(3), 420-451.
21. Minsky, H. (1975). *John Maynard Keynes*. Macmillan.
22. Minsky, H. (2008). *Securitization, preface and afterword de L. R. Wray* (Policy Note). The Economic Institute.
23. Russell, E. (2008). *New Deal Banking Reforms and Keynesian Welfare Capitalism*. Routledge.
24. Sargent, T., & Wallace, N. (1975). "Rational" expectations, the optimal monetary instrument, and the optimal money supply rule. *Journal of Political Economy*, 83(2), 241-254.
25. Seccareccia, M. (2012). Financialization and the transformation of commercial banking: understanding the recent Canadian experience before and during the international financial crisis. *Journal of Post Keynesian Economics*, 35(2), 277-300.
26. Stallings, B., & Studart, R. (2005). *Financiamiento para el desarrollo. América Latina desde una perspectiva comparada*. Cepal.
27. Toporowski, J. (1993). *The Economics of Financial Markets and the 1987 Crash*. Edward Elgar.
28. Toporowski, J. (2012). Overcapitalisation. En J. Toporowski & J. Michell (Eds.), *Handbook of Critical Issues in Finance* (pp. 270-273). Edward Elgar.
29. Toporowski, J. (2013). El neologismo como una innovación teórica en la economía: el caso de la financiarización. En N. Levy & T. López (Eds.), *Financiarización y modelo de acumulación. Aportes desde países en desarrollo* (pp. 31-46). Facultad de Economía, UNAM.
30. Vercelly, A. (2017). *Crisis and sustainability. The delusion of free market* Palgrave Macmillan.
31. Zysman, J. (1983). *Governments, Markets and Growth. Financial Systems and the Politics of Industrial Growth*. Cornell University Press.

**GREENIUM EN COLOMBIA: ESTUDIO DE CASO
DEL MERCADO DE BONOS VERDES A PARTIR
DE UN MODELO ESTRUCTURAL DE DOS
FACTORES**

Javier Rozo Bonilla
Alejandra Sánchez Vásquez

Rozo Bonilla, J., & Sánchez Vásquez, A. (2023). *Greenium en Colombia: estudio de caso del mercado de bonos verdes a partir de un modelo estructural de dos factores*. *Revista Cuadernos de Economía*, 42(90), 517-548.

Esta investigación tuvo cuatro propósitos: primero, determinar el valor de variables ambientales y de mercado no observables del primer bono soberano verde emitido por el gobierno colombiano a finales de septiembre del 2021; segundo, establecer el valor teórico del llamado *Greenium* para Colombia; tercero, analizar la sensibilidad del *Greenium* en Colombia frente a diferentes parámetros del modelo empleado para identificar mecanismos idóneos de política fiscal y mone-

J. Rozo Bonilla
Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia, rozobonillajavier@gmail.com

A. Sánchez Vásquez
Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia, asanchezva@unal.edu.co

Sugerencia de citación: Rozo Bonilla, J., & Sánchez Vásquez, A. (2023). *Greenium en Colombia: estudio de caso del mercado de bonos verdes a partir de un modelo estructural de dos factores*. *Revista Cuadernos de Economía*, 42(90), 517-548. <https://doi.org/10.15446/cuadernos.v42n90.105211>

Este artículo fue recibido el 10 de octubre de 2022, ajustado el 9 de junio de 2023 y su publicación aprobada el 21 de junio de 2023.

taria; y cuarto, desarrollar un procedimiento que permite el análisis de los requerimientos de financiamiento necesarios para llegar a la sostenibilidad ambiental en Colombia, mediante el uso de teoría financiera y ciencias ambientales.

Palabras clave: *Greenium*; modelo estructural de dos factores; finanzas del clima; bonos verdes.

JEL: O16, Q5.

Rozo Bonilla, J., & Sánchez Vásquez, A. (2023). Greenium in Colombia: Case study of the green bond market based on a two-factor structural model. *Revista Cuadernos de Economía*, 42(90), 517-548.

This research has four purposes: first, to gauge the value of non-observed variables that capture environmental and market effects of the first green public bond issued by the Colombian government in September 2021; second, to measure the theoretical value of the so-called Greenium of that bond; third, to understand how the Greenium behaves after the model's parameters were modified and to identify which could be used in either monetary or fiscal policy; fourth, as a methodological contribution, whereby financial and environmental economics theory were combined to evaluate the financial requirements that might be necessary to achieve environmental sustainability in Colombia.

Keywords: Greenium; two-factor structural model; climate finance; green bonds.

JEL: O16, Q5.

INTRODUCCIÓN

La temperatura global se ha incrementado un valor promedio de 1,1 °C respecto a niveles preindustriales (1880-1900), sus consecuencias se reflejan en desastres naturales, cambio en los patrones climáticos y ecosistemas afectados. Ante estas circunstancias, el Acuerdo de París firmado en el 2015 conminó a diferentes países a limitar dicho incremento a 1,5 °C. A pesar de las buenas intenciones, el mundo se encuentra en camino de aumentos del orden de 2,1 °C, lo que resultaría catastrófico e irreversible (World Wide Fund for Nature, 2022).

En este contexto, la emisión de bonos verdes constituye un mecanismo de apalancamiento financiero para solventar las exigencias de la transición climática. Este instrumento de deuda tiene prácticamente las mismas características de cualquier otro bono que se transa en el mercado de valores, no obstante, su principal diferencia radica en que los recursos financieros obtenidos a partir de su emisión deben ser estrictamente dirigidos a inversiones que propendan por superar el cambio climático o la recuperación de ecosistemas. Otra característica clave de este instrumento consiste en que las inversiones que apalanca están sujetas a procesos de evaluación y monitoreo.

En términos financieros, uno de los principales beneficios del uso de esta herramienta radica en la prima potencial (comúnmente denominada *Greenium*) a la que estaría sujeta su tasa de rendimiento. Cuando el bono verde muestra una menor tasa respecto a un bono convencional con las mismas características (sin la etiqueta de ser “verde”) se dirá que el bono verde muestra un *Greenium* positivo (Ando *et al.*, 2022). Esta situación implicaría condiciones favorables para el emisor del bono verde, ya que reduciría sus costos de financiamiento, mientras que el inversionista recibiría una tasa relativamente menor a la que pudo haber obtenido mediante la compra de un bono convencional con características similares.

Aunque no hay unanimidad teórica respecto al *Greenium*, estudios como el de Zerbib (2019) identificaron significancia estadística en su ocurrencia. Por su parte, Barclays (2015) mediante el método de mínimos cuadrados ordinarios identificó *Greenium* en el mercado secundario, mientras que Gianfrate y Peri (2019) empleando el mismo método encontraron *Greenium* en el mercado primario.

¿Por qué resultaría de interés financiero y ambiental analizar el *Greenium*? La respuesta a esta pregunta se vislumbra a partir de las consideraciones del profesor Moisés Wasserman (2021)¹, quien argumenta que para aumentar el uso de energías alternativas renovables será necesario aumentar la minería a unos niveles que podrían amenazar el medioambiente y la biodiversidad. Dicho incremento consiste en los requerimientos de metales como litio, cobre, cobalto, níquel y tántalo que, según la Agencia Internacional de la Energía, sería menester multiplicar por seis para llegar a la meta ambiental esperada en 2050. En este sentido, será esen-

¹ Químico, doctor en Bioquímica de la Universidad Hebrea de Jerusalén, Israel. Profesor titular de la Universidad Nacional de Colombia. Rector de la misma institución en el periodo 2006-2012.

cial identificar mecanismos idóneos para optimizar los costos de financiamiento asociados al apalancamiento de proyectos verdes y no verdes.

Como aporte al conocimiento de los bonos verdes soberanos y con el ánimo de buscar mecanismos que contribuyan a la sostenibilidad ambiental, la presente investigación consiste en estimar el valor de las variables no observables que determinan el *Greenium* en Colombia a partir de la serie de precios del primer bono soberano verde del país. Con base en estas estimaciones se analiza la sensibilidad de algunas variables de carácter macroeconómico para determinar diferentes valores de *Greenium* y en consecuencia, escenarios de financiamiento favorables para el país. Finalmente, se hace uso de estos insumos para describir un marco analítico que permite alinear la modelación del precio de un bono verde con los algoritmos que se emplean para establecer criterios de sostenibilidad desde el enfoque de Dasgupta (2021).

MERCADO DE BONOS VERDES

En el mercado colombiano la primera inscripción de bonos verdes en el Registro Nacional de Valores y Emisores (RNVE) ocurrió en el año 2016 mediante una emisión realizada por el banco Bancolombia con destino al segundo mercado² por un valor de \$ 350 000 000 000. De esta manera, entre los años 2016 y 2021 se inscribieron tres emisiones individuales de bonos verdes por valor de \$ 875 000 000 000, como se observa en la tabla 1.

Tabla 1.

Inscripción de emisiones individuales en el Registro Nacional de Valores y Emisores

Fecha inscripción en el RNVE	Tipo de valor	Entidad	Mercado destino	Monto (pesos/\$)
7/07/2021	Bonos verdes	Industria Ambiental	Segundo mercado	75 000 000 000,00
19/04/2017	Bonos verdes	Banco Davivienda	Segundo mercado	450 000 000 000,00
25/11/2016	Bonos verdes	Bancolombia	Segundo mercado	350 000 000 000,00

Fuente: elaboración propia con datos de la Superintendencia Financiera de Colombia (2022).

En el RNVE se han inscrito nueve programas de emisión y colocación entre los años 2017 y 2021 por un valor total de \$ 24 420 000 000 000, cuya descripción se ilustra en la tabla 2. Resulta pertinente aclarar que estos programas de colocación que dise-

² En el mercado de valores colombiano el segundo mercado hace referencia a los requisitos de participación, en la que únicamente los inversionistas profesionales pueden negociar valores (Superintendencia Financiera de Colombia, 2022).

ñan las empresas están sujetos a un reglamento de emisión y colocación en el cual se incluyen diferentes tipos de valores como bonos ordinarios, bonos subordinados, papeles comerciales, bonos sociales, bonos sostenibles, bonos naranja, entre otros.

Tabla 2.

Bonos inscritos que pertenecen a programas de emisión y colocación

Fecha inscripción en el RNVE	Tipo de valor	Entidad	Mercado destino	Monto (pesos/\$)
12/07/2017	Bonos verdes	Bancóldex	Mercado principal	3 000 000 000 000,00
8/05/2018	Bonos verdes	Bancolombia	Mercado principal	3 000 000 000 000,00
15/06/2018	Bonos verdes	Celsia Colombia, antes Empresa de Energía del Pacífico	Segundo mercado	210 000 000 000,00
25/06/2018	Bonos verdes	Interconexión Eléctrica	Mercado principal	6 300 000 000 000,00
26/06/2018	Bonos verdes	Celsia Colombia, antes Empresa de Energía del Pacífico	Segundo mercado	210 000 000 000,00
24/03/2020	Bonos verdes	Banco de Bogotá	Mercado principa	5 000 000 000 000,00
23/09/2020	Bonos verdes	Patrimonio Estrategias Inmobiliarias	Mercado principal	1 500 000 000 000,00
25/11/2021	Bonos verdes	Banco Finandina	Mercado principal	2 200 000 000 000,00
19/11/2020	Bonos verdes	Bancóldex	Mercado principal	3 000 000 000 000,00

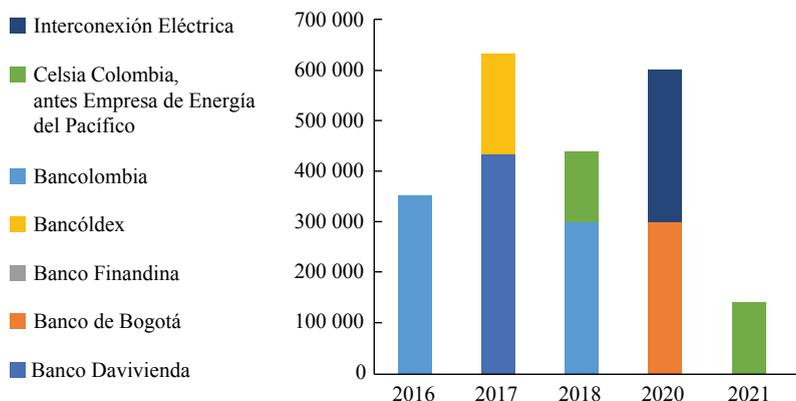
Fuente: elaboración propia con datos de la Superintendencia Financiera de Colombia (2022).

En el mercado bursátil, desde 2016 se han realizado diez colocaciones por valor total de \$ 2 290 000 000 000. Como se ilustra en la figura 1, el sector bancario ha sido el principal usuario de este tipo de instrumentos financieros.

Como se observa en la figura 1, prácticamente todas las emisiones de bonos verdes en Colombia han sido llevadas a cabo por el sector privado, en particular bancos comerciales, cuya prevalencia de entidades financieras no es ajena al contexto global. Actualmente, las emisiones públicas (incluida la deuda soberana) representan cerca de un tercio del mercado global, en donde Estados Unidos ha sido el mayor emisor con 176 billones de dólares, seguido por China con 108 billones de dólares y Francia con 91 billones de dólares (Doranzo *et al.*, 2021).

Figura 1.

Colocación de bonos verdes entre 2016 y 2022 (millones de pesos)



Fuente: elaboración propia con datos de la Superintendencia Financiera de Colombia (2022).

En cuanto a las emisiones de deuda pública en Colombia, a principios de marzo del 2021 se publica el *Marco de referencia de bonos verdes soberanos de Colombia* (Ministerio de Hacienda y Crédito Público, 2021), documento indispensable para hacer la primera emisión soberana en la historia del país, la cual es el objeto de estudio de la presente investigación. Este marco de referencia constituye una estrategia para obtener y canalizar recursos necesarios para hacer inversiones y gastos verdes de la nación, así como para atender a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)³.

Los antecedentes de esta primera emisión partieron de la consolidación del Sistema Nacional de Cambio Climático (Sisclima), el Plan de Desarrollo 2014-2018 y el Acuerdo 01 del 13 de abril de 2016 del Comisión Intersectorial de Cambio Climático, en donde le correspondió al Comité de Gestión Financiera formular y orientar la implementación de la Estrategia Nacional de Financiamiento Climático. Esta estrategia tuvo como propósito identificar caminos que permitan movilizar recursos para alcanzar las políticas de cambio climático en el país (Comité de Gestión Financiera del Sisclima, 2017).

A pesar de que en los registros de Refinitiv Eikon (base de datos sobre bonos verdes) se identifica que la primera emisión de un bono soberano data del año 2016 a cargo del gobierno polaco, seguido de Francia en el 2017, se podría decir que

³ Entre los requisitos para que un gasto sea clasificado como gasto verde elegible está cumplir con las metas trazadas por los ODS del país, entre ellos: ODS 6 (agua limpia y saneamiento), ODS 7 (energía asequible y no contaminante), ODS 9 (industria, innovación e infraestructura), ODS 11 (ciudades y comunidades sostenibles), ODS 12 (producción y consumo responsable), ODS 13 (acción por el clima), ODS 14 (vida submarina) y ODS 15 (vida de ecosistemas terrestres) (Ministerio de Hacienda y Crédito Público, 2021).

Colombia no presenta un rezago en sus emisiones soberanas frente a la tendencia mundial. La mayoría de emisiones globales se concentraron en el 2021 a cargo de economías avanzadas, principalmente países europeos (Ando *et al.*, 2022).

Se puede advertir entonces, que el rezago de Colombia frente a países que realizaron emisiones en años anteriores no responde directamente a sus características macroeconómicas. Un ejemplo ilustrativo de esto es el caso de Alemania, país que a pesar de las grandes diferencias con Colombia en materia económica registra su primera emisión en el 2020, caso contrario a Nigeria, cuya primera emisión data del año 2017.

MODELO ESTRUCTURAL DE DOS FACTORES

El modelo empleado es expuesto en “Corporate green bonds: understanding the greenium in a two-factor structural model” (Agliardi y Agliardi, 2021), cuyo aporte principal consiste en brindar un marco de análisis estocástico-matemático para comprender las dinámicas y los factores determinantes de los bonos verdes corporativos. Este modelo incluye dos fuentes de incertidumbre para calcular su precio, estas son: el nivel de ingresos de la firma emisora y la efectividad que puedan llegar a tener los proyectos verdes financiados mediante la emisión de deuda.

Precio del bono verde

El precio del bono verde se expresa de la manera como se muestra en la ecuación (1).

$$G(X, Y) = \frac{g}{r} + \hat{G}(Y^*(X), Y) \quad (1)$$

En donde el primer término corresponde al precio de un bono a perpetuidad corporativo, mientras que el segundo se refiere al valor que los tenedores recibirían por el valor de la firma ante un evento de quiebra menos costos de bancarrota.

- Y : ingresos de la firma
- X : parámetro que captura la incertidumbre respecto a la efectividad de inversiones en proyectos verdes
- Y^* : valor de Y en un umbral de quiebra

\hat{G} se define de la forma como se observa en la ecuación (2).

$$\hat{G} = (1 - \alpha) \left[\frac{1 - \tau}{r - \mu} - P_g \right] Y^* \left(\frac{Y}{Y^*} \right)^{\beta_1} - \frac{g}{r} \left(\frac{Y}{Y^*} \right)^{\beta_2} \quad (2)$$

Donde

$$\beta_1 = \frac{1}{2} - \frac{\mu}{\Sigma_-^2} - \sqrt{\left(\frac{1}{2} - \frac{\mu}{\Sigma_-^2} \right)^2 + \frac{2(r - (sz)^2)}{\Sigma_-^2}}$$

$$\beta_2 = \frac{1}{2} - \frac{\mu - \rho\sigma sz}{\Sigma_-^2} - \sqrt{\left(\frac{1}{2} - \frac{\mu - \rho\sigma sz}{\Sigma_-^2}\right)^2 + \frac{2r}{\Sigma_-^2}}$$

$$\Sigma_-^2 = \sigma^2 + (sz)^2 - 2\rho\sigma sz$$

Las ecuaciones (1) y (2) representan el precio del bono verde. En los capítulos sucesivos se explicará el alcance de cada una de las variables que componen el modelo cuyos parámetros se describen en la tabla 3.

Tabla 3.

Descripción parámetros del modelo

Parámetro	Tipo de variable
r	Tasa libre de riesgo
σ	Varianza del proceso estocástico Y_t
μ	Tasa de los retornos estimados
α	Costo de bancarrota
τ	Tasa de impuesto corporativa
g	Tasa cupón del bono verde
Do	Daño por unidad de producción
δ	Nivel de efectividad en las políticas ambientales adoptadas
s	Varianza del proceso estocástico x_t
ρ	Coefficiente de correlación de los procesos de Wiener W_t y \tilde{W}_t
p	Reducción proporcional del ingreso t

Fuente: elaboración propia a partir de Agliardi y Agliardi (2021).

Modelamiento de los ingresos de la firma emisora del bono verde

Para determinar las expresiones (1) y (2) se asume una firma con todos los activos que requiere para su funcionamiento, la cual genera una cantidad incierta de ingresos Y antes de intereses e impuestos. Su dinámica es descrita por la ecuación estocástica (3).

$$dY_t = \mu Y_t dt + \sigma Y_t dW_t \quad (3)$$

Donde W_t es un proceso de Wiener estándar respecto a la filtración $\{I_t\}_{t \geq 0}$. El tamaño de Y_t es determinado por el nivel de producción de la firma (entre mayor producción mayores ingresos), que está sujeta a los choques de demanda de los productos que produce.

El proceso de producción genera externalidades negativas al medioambiente, ya sea porque en esta se emplean tecnologías contaminantes o porque sus productos no cumplen completamente con los estándares ambientales estipulados.

En la lógica del modelo se asume que la firma elige realizar inversiones en aspectos ambientales con el propósito de maximizar el valor de mercado de su capital. Sea Y_t el nivel de la variable Y en el momento que es óptima la emisión del bono, y sea Y^* el umbral de quiebra, esto es, la compañía quiebra cuando y caiga por debajo de Y^* .

Se deben satisfacer los siguientes criterios para la modelación de un bono verde:

- La totalidad del ingreso bruto derivada de la emisión del bono deberá destinarse estrictamente a proyectos verdes.
- Reportes, monitoreo y contabilidad serán requeridos para atribuirle la categoría “verde” al bono.

El primer criterio se modela a partir del supuesto de que el monto de inversión requerido para desarrollar proyectos ambientales es igual al valor del bono, y se añade un costo fijo K que representa los costos adicionales relacionados con el segundo aspecto.

Nivel de ingreso óptimo

Con el objetivo de resolver (1) y (2) se determinan los valores de Y^* y Y_t , de tal manera que el valor del bono verde satisfaga la condición $Y_t > Y^*$. Los niveles de ingreso de la firma al momento de emitir el bono deben ser superiores al umbral de ingreso en el que la firma entra en proceso de quiebra.

Para lograr el objetivo anterior, se emplean referentes de finanzas corporativas. El valor de capital de la firma después de la inversión verde está representado por $V(X, Y)$. El proceso estocástico X_t representa la incertidumbre respecto a la efectividad de las inversiones en proyectos verdes adoptada o los errores de evaluación respecto al impacto derivado de dichos proyectos.

El factor aleatorio ya descrito es modelado por medio de un proceso estocástico que fluctúa alrededor de 1, esto es:

$$X_t = 1 + s\tilde{W}_t \quad (4)$$

Con $S > 0$ y \tilde{W}_t , otro proceso de Wiener tal que $E[dW_t d\tilde{W}_t] = \rho dt$ $V(X, Y)$ se calcula mediante la maximización del valor esperado de los flujos de caja descontados de los ingresos netos, esto es:

$$V(X, Y) = \sup_{t^*} E \left[\int_0^{t^*} e^{-rt} [(Y_t - g)(1 - \tau) - pD_g X_t Y_t] dt \right] \quad (5)$$

Donde t^* corresponde a un tiempo de parada respecto a la filtración $\{I_t\}_{t \geq 0}$, $X_0 = X$, $Y_0 = Y$. En este caso t^* expresa el momento de quiebra, o el primer momento en el cual el capital de la firma cae a 0.

La ecuación (5) está conformada por:

- D denota el daño ambiental por unidad de producción. Se asume que los ingresos de la firma se reducen debido a la internalización de dichos daños a través de la política medioambiental. De esta manera, p denota la reducción proporcional del ingreso de la firma. Este supuesto es consistente con evidencia que muestra el decrecimiento promedio del valor de mercado de una firma que omitió regulaciones ambientales y cuyo decrecimiento es proporcional al valor de la penalización a la que fue sujeta (Karpoff *et al.*, 2005).
- El parámetro $g > 0$ denota la intensidad de la inversión en tecnología verde y δ consiste en un parámetro positivo que representa la efectividad del plan de mitigación de daños ambientales. Se asume que la inversión en proyectos verdes permite reducir el daño inicial D_0 mediante el factor $e^{-\delta g}$.
- τ denota la tasa de impuesto corporativo, y g el cupón del bono verde.

De acuerdo con los parámetros mencionados, después de que una empresa opte por inversiones que mejoren el medioambiente, sus ingresos netos se reducirán en una menor proporción bajo la expresión $pD_g X_t Y_t$, en donde $D_g = e^{-\delta g} D_0$.

La interpretación de este término de penalización requiere que X_t preserve un valor positivo en el tiempo, lo cual se garantizaría mediante una evolución estocástica determinada por un movimiento browniano geométrico. Sin embargo, en lo sucesivo, S será un número pequeño, de manera que los dos procesos estocásticos (Y_t , X_t) pueden ser (casi seguramente) poco diferenciados y las descripciones sucesivas se circunscriben a valores positivos de X , lo que cubre la mayoría de situaciones que se pueden observar en la práctica.

De esta manera, se asume que dicha penalidad actúa con un signo negativo en Y . Como consecuencia, para valores negativos del parámetro de correlación, ρ , los ingresos de la firma y el factor de riesgo medioambiental tienden a moverse en la misma dirección, esto es, habría una relación directa entre el negocio principal de la firma y la tecnología o inversión verde financiada por la emisión del bono verde. En el caso de que el parámetro de correlación sea positivo, ocurriría la situación contraria.

Para efectos de estructuración de este modelo se asume que la firma financia su política ambiental o política verde mediante la emisión de un bono verde a perpetuidad con cupón continuo. Este supuesto podría resultar fuerte, no obstante, no es restrictivo ya que la prima del bono no se ve impactada significativamente por la maduración del mismo (Zerbib, 2019).

Al tener presente que el objetivo consiste en derivar una expresión para el precio del bono verde, se parte de calcular el valor del capital que determina el umbral

de quiebra Y^* , y el valor óptimo Y_l para la emisión del bono. El umbral de quiebra, Y^* , es endógeno y óptimamente seleccionado por los accionistas a partir de la maximización del valor del capital de la firma. Cuando los ingresos caen al nivel Y^* , la firma se declara en quiebra y los acreedores de la deuda toman posesión y obtienen los activos no apalancados netos que cubren los costos de bancarrota. Por otra parte, si los ingresos llegan a un valor de Y_l entonces la firma realiza la inversión en proyectos medioambientales financiada mediante el bono verde.

Problema de valores de frontera

A partir de la ecuación (5) se formula el siguiente problema de valores de frontera:

$$\psi V + [Y_t - g](1 - \tau) - pD_g X_t Y_t = 0 \quad (6)$$

En donde sus condiciones de frontera son las siguientes:

$$V(X_t, Y^*(X)) = 0, \partial_Y V(X_t, Y^*(X)) = 0, \partial_X V(X_t, Y^*(X)) = 0, \\ \lim_{Y \rightarrow \infty} \frac{V(X_t, Y_t)}{Y_t} \leq \infty \text{ para cualquier } X_t > 0 \quad (7)$$

El operador diferencial, ψ , está definido como:

$$\psi = \frac{\sigma^2}{2} Y^2 \partial_Y^2 + \mu Y \partial_Y - r + \frac{s^2}{2} \partial_X^2 + \rho \sigma s Y \partial_{XY}^2 \quad (8)$$

En este caso $Y^*(X)$ representa el límite entre la región en la que se continúa operando y aquella en donde la firma se declara en quiebra. Las primeras tres condiciones planteadas en la ecuación (7) corresponden a las condiciones de frontera necesarias para la optimización al momento de quiebra, mientras que la cuarta condición limita la sobrevaloración del capital de la firma.

Una solución particular para (6) se encuentra en la metodología empleada por Adkins y Paxson (2011) para modelos estocásticos de dos factores, la cual toma esta forma:

$$V_p(X, Y) = Z_g Y - \frac{g(1 - \tau)}{r} - P_g XY \quad (9)$$

Donde $P_g = \frac{pD_g}{r - \mu}$ y $Z_g = \frac{1 - \tau - \rho \sigma s P_g}{r - \mu}$

Así, se formula la solución general de (6) como $A(X)Y^\beta + V_p(X, Y)$.

Desafortunadamente, esta propuesta solo permite obtener una solución aproximada y este tipo de dificultad es recurrente en la mayoría de problemas con incertidumbre de dos factores (Agliardi y Agliardi, 2021). La solución que brinda este método es adecuada si X es cercano a 1.

A partir de las ecuaciones planteadas anteriormente se llega a los siguientes resultados:

$$Y^* = \frac{\beta}{\beta - 1} \frac{g(1-\tau)}{r[\Omega(X)]} \text{ así como } A(X) = \frac{1}{-\beta} \left[\frac{\beta}{\beta - 1} \frac{g(1-\tau)}{r} \right]^{1-\beta} \Omega(X)^\beta \quad (10)$$

En donde

$$\Omega(X) = Z_g - P_g X$$

y

$$\beta = \frac{\left[\frac{\sigma^2 + (sz)^2}{2} - \mu - \sqrt{\left(\frac{\sigma^2 + (sz)^2}{2} - \mu \right)^2 + 2r(\sigma^2 + (sz)^2 - 2\rho\sigma sz)} \right]}{(\sigma^2 + (sz)^2 - 2\rho\sigma sz)}$$

Con $z = \frac{P_g}{\Omega(1)}$

Se asume que tanto los parámetros como X tienen valores tales que $\Omega(X) > 0$, y $Y^* > 0$, es decir, el evento de quiebra es posible.

En el caso especial donde $S = 0$ (daño determinístico) se obtendría una solución exacta dada por:

$$\beta = \frac{1}{2} - \frac{\mu}{\sigma^2} - \sqrt{\left(\frac{1}{2} - \frac{\mu}{\sigma^2} \right)^2 + \frac{2r}{\sigma^2}} \text{ así como } Y^* = \frac{\beta}{\beta - 1} \frac{g(1-\tau) \left(1 - \frac{\mu}{r} \right)}{(1-\tau - P_g(r-\mu))} \quad (11)$$

En este caso el valor del capital toma la forma de la ecuación (12).

$$V(Y) = \left[\frac{1-\tau}{r-\mu} - P_g \right] Y - \frac{g(1-\tau)}{r} + \frac{g(1-\tau)}{r(1-\beta)} \left(\frac{Y}{Y^*} \right)^\beta \quad (12)$$

De esta manera, a nivel general y con valores de correlación negativos, el efecto es similar a un crecimiento de la volatilidad (proceso de Wiener del proceso Y) que resulta en un incremento del valor del capital.

Además, este efecto está correlacionado positivamente con los parámetros de riesgo, S y σ , y con el valor absoluto del parámetro de correlación ρ .

En lo sucesivo se considera una solución aproximada donde $\Omega(X)$ es reemplazado por $\Omega(1)$ y por conveniencia en la notación el valor correspondiente de β será denotado por $\bar{\beta}$. Este modo de resolver el modelo de dos factores descarta proyectos verdes de alto riesgo.

Sea $Y_l(X)$ el nivel de Y al cual es óptimo emitir el bono verde e invertir en tecnología verde. Se asume que los inversionistas eligen el umbral de inversión Y_l para maximizar el valor de la firma. Para simplificar la notación $Y_l(I)$ se denotará mediante Y_l . El valor previo del capital es de la forma:

$$\left[\frac{1-\tau}{r-\mu} - P_0 \right] Y + \hat{A} Y^{\beta_+}, \text{ con } \beta_+ > 0$$

Donde el término $\hat{A} Y^{\beta_+}$ representa la opción de inversión. En este caso β_+ sería la solución positiva de:

$$\frac{\sigma^2}{2} \beta(\beta-1) + \mu\beta - r = 0$$

Al unir los valores *ex ante* - *ex post* y sus derivadas en el punto Y_p , el umbral de inversión y la constante \hat{A} pueden ser determinados. Se añade un costo K , el cual representa costos agregados (monitoreo, reporte, contabilidad adicional) en los que incurre la empresa, previo a la emisión del bono verde. En particular, Y_l se obtiene resolviendo la ecuación (13).

$$\frac{g(1-\tau)}{r} \left\{ \frac{\beta_+ - \bar{\beta}}{\bar{\beta} - 1} \left(\frac{Y_l}{Y^*} \right)^{\bar{\beta}} + \beta_+ \right\} + (1 - \beta_+) \left[P_0 - P_g \left(1 + \frac{\rho s \sigma}{r - \mu} \right) \right] Y_l + \beta_+ K = 0 \quad (13)$$

Pasos finales para determinar el valor del bono verde

Como se mencionó en la sección “Nivel de ingreso óptimo”, el modelo se restringirá a situaciones en las que $Y_l > Y^*$, es decir, los eventos en donde los ingresos de la firma son superiores al umbral de quiebra. Posterior al cálculo de Y^* es posible calcular el valor del bono verde, G . Este será emitido en el momento de inversión Y_p . Si el nivel de la variable Y está por encima del umbral Y^* entonces $G(Y)$ satisface la ecuación (14).

$$\Psi G + g = 0 \quad (14)$$

En donde Ψ ha sido definido en (8) y g representa el cupón continuo contractual.

Una solución trivial de (14) sería $G(Y) = \frac{g}{r}$, la cual representa el valor de un bono a perpetuidad. Se requiere hallar una solución que contemple el valor de recuperación (de los acreedores) en el caso de que la firma quiebre. De esta manera, en el momento de quiebra los propietarios de los bonos emitidos recibirán el valor de la compañía (evaluado en Y^*) menos los costos de quiebra que corresponden a la fracción α ($0 \leq \alpha \leq 1$) del valor de la empresa.

De esta manera, el valor del bono verde se expresa mediante la ecuación (1), en donde:

$$\hat{G}(Y^*, Y^*) = (1 - \alpha) \left[\frac{1 - \tau}{r - \mu} - P_g \right] Y^* - \frac{g}{r}$$

Mientras que el primer término de $\hat{G}(Y^*, Y^*)$ representa el valor que los inversionistas (acreedores del bono verde) recibirían ante el evento de que la empresa que emite el bono quiebre.

MODELACIÓN DEL *GREENIUM* Y CALIBRACIÓN DE PARÁMETROS PARA EL CASO COLOMBIANO

El propósito de esta sección es estimar el valor de los siguientes parámetros para Colombia: δ , variable que pondera la efectividad de las inversiones del Estado en medioambiente; p , proporción a la cual se reduce el “ingreso de la nación” por efecto de los daños que la producción agregada ocasiona sobre el medioambiente; S , varianza del proceso estocástico X_t ; y ρ , parámetro de correlación entre los procesos de Wiener \tilde{W}_t y W_t .

El sentido de identificar estos valores consiste en contar con una medida de aspectos medioambientales concernientes al financiamiento climático (con los que en la actualidad no se cuenta), así como calcular el respectivo *Greenium*. Posteriormente se analizará la sensibilidad de algunos parámetros y en este sentido, determinar las posibilidades de la política fiscal y monetaria para atender los requerimientos de financiamiento que permitan lograr las metas medioambientales a las que el país se ha comprometido.

Dada la relevancia de la primera emisión de un bono verde por parte del gobierno colombiano (en términos de su nivel de recaudo así como de la acuciante necesidad de inversiones en medioambiente), se tomaron observaciones de sus precios diarios entre el 30 de septiembre del 2021 y el 25 de marzo del 2022, para completar un total de 92 observaciones (datos disponibles en Bloomberg), cuyo código ISIN es COL17CT03797. Para el análisis de sensibilidad se tomarán como base los parámetros “calibrados”, para luego establecer cómo a través de políticas públicas se podría modificar aquellos que lleguen a generar mejores resultados desde el punto de vista ambiental y de sostenibilidad.

En la tabla 4 se explica el valor obtenido de los parámetros empleados, los cuales en algunos casos fue necesario calcular y en otros corresponden a variables macroeconómicas o de mercado obtenidas en fuentes de información de acceso público.

Tabla 4.
Parámetros y valores empleados

Parámetro	Valor (%)	Tipo de variable
r	7,1	Tasa libre de riesgo
σ	7,7	Varianza del proceso estocástico Y_t
μ	0,02261	Tasa de los retornos estimados
α	17,5	Costo de bancarrota
τ	25	Tasa de impuesto corporativa
g	7	Tasa cupón del bono verde
Do	55,86	Daño por unidad de producción

Descripción de parámetros empleados

A continuación, se describe y explica el procedimiento para determinar cada uno de los parámetros que indica la tabla 4.

Tasa libre de riesgo

Corresponde a la tasa de los TES cero cupón a 364 días emitidos a finales del 2021 (Banco de la República, 2022a). De acuerdo con los datos disponibles del Banco de la República, durante septiembre y diciembre del 2021 la tasa de interés de estos títulos incrementó de valores cercanos a 4% a valores cercanos a 8%. Al considerar este rápido crecimiento se tomaron valores a finales de septiembre e inicios de diciembre.

Varianza del proceso estocástico Y_t

Al tener en cuenta que el modelo empleado se enfoca principalmente en bonos verdes corporativos, se toman como referencia estudios de mercado financiero en los que las variables macroeconómicas locales y globales tienen relación con el comportamiento del índice accionario colombiano COLCAP, en donde se identifica que la producción real del país es directamente proporcional al valor del índice (Acevedo *et al.*, 2017).

Este aspecto resulta de gran relevancia en tanto que la presente investigación analiza el *Greenium* en Colombia y en consecuencia, se utilizan datos del primer bono soberano verde en lugar de hacer uso de precios de bonos corporativos. Se tomó el índice COLCAP ya que este corresponde al índice de capitalización que refleja las variaciones de los precios de las acciones más líquidas de la Bolsa de Valores de Colombia, donde la participación de cada acción en el índice está determinada por el correspondiente valor de la capitalización bursátil ajustada (Banco de la República, 2022b).

Así, la serie de precios del índice COLCAP captura lo que para el modelo sería el comportamiento bursátil de una compañía. En este caso se busca capturar dicho comportamiento a partir de un índice que agregue las mayores empresas del país, cuya producción (Y_t) funcionaría como una aproximación de la producción nacional, la cual genera afectaciones al medioambiente.

Al partir de esta premisa se procedió a realizar la calibración de los parámetros μ y σ según un modelo GARCH (1,1) de la forma:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 a_{t-1}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2$$

En donde

$$\alpha_0 > 0, \alpha_1 \geq 0, \beta_1 \geq 0 \text{ y } \alpha_1 + \beta_1 < 1$$

Allí se considera la serie de tiempo y_t tal que

$$y_t = \mu + a_t \text{ y } a_t = \sigma_t \varepsilon_t$$

Para ejecutar este análisis se toma como referencia el desarrollo de este modelo planteado por Tsay (2022), en donde μ es una constante, a_t representa choques de mercado, σ_t es la volatilidad y $\varepsilon_t \sim N(0,1)$.

Para efectuar la estimación de los parámetros del modelo se empleó la serie retornos del índice COLCAP entre enero del 2008 y marzo del 2022 que se muestra en la figura 2. Este procedimiento se ejecutó con herramientas computacionales que permitieron encontrar el mínimo de una función multivariable no lineal restringida, que para este caso correspondió al logaritmo de la función de verosimilitud condicional de un modelo GARCH (1,1). Bajo el supuesto de normalidad (Bollerslev, 1986), la función de verosimilitud condicional de un modelo GARCH (1,1) es:

$$L(\theta) = \prod_{t=1}^T \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_t^2(\theta)}} e^{-\frac{a_t^2(\theta)}{2\sigma_t^2(\theta)}}$$

Donde $\theta = [\alpha_0, \alpha_1, \beta_1]$

Como resultado del proceso de estimación se evidenciaron los siguientes valores de los parámetros del modelo:

$$\alpha_0 = 0,0004; \alpha_1 = 0,0523; \beta_1 = 0,8850$$

A partir de estos parámetros se obtuvieron los valores de la varianza estimada para toda la serie de tiempo, entre los cuales se utilizó el rango marzo del 2020⁴-finales marzo del 2022 para calcular su media.

La figura 2 muestra la serie diaria del índice COLCAP desde el 15 de enero del 2008 hasta el 29 de marzo del 2022.

Tasa de los retornos estimados

Corresponde al cambio porcentual de los precios del índice COLCAP empleados para el cálculo de σ . Así como se hizo para la varianza, en este caso se tomó la media de los retornos a partir de marzo del 2020 hasta finales de marzo del 2022.

Costo de bancarrota

De acuerdo con el marco de análisis propuesto por Altman y Hotchkiss (2006) –estudio de los costos directos e indirectos bajo procesos de bancarrota similares al caso colombiano–, sus ponderaciones resultan una buena aproximación para dar un valor a este parámetro.

⁴ Fecha en la cual la Organización Mundial de la Salud decretó la pandemia de coronavirus cuyos efectos se empezaron a sentir en el mercado de valores.

Figura 2.

Valores índice COLCAP



Fuente: elaborada propia con base en los datos sobre mercado accionario del Banco de la República (2022b).

Tasa de impuesto corporativa

Se emplearon las estimaciones de la multinacional holandesa TMT Group (2022), que presta servicios profesionales en temas de contabilidad, impuestos, pagos de nómina y recursos humanos.

Tasa cupón del bono verde

Tasa correspondiente al cupón estipulado en el bono verde soberano con código ISIN COL17CT03797 (tabla A1 del anexo).

Daño por unidad de producción

Relaciona la pérdida de capital natural planteado por Dasgupta (2021), cuyos datos se toman del Inclusive Wealth Report (Managi y Kumar, 2018).

Calibración de datos

Después de haber obtenido los parámetros descritos en el acápite anterior, se procede a la estimación de las variables “ambientales” no observables: δ , S , ρ , p .

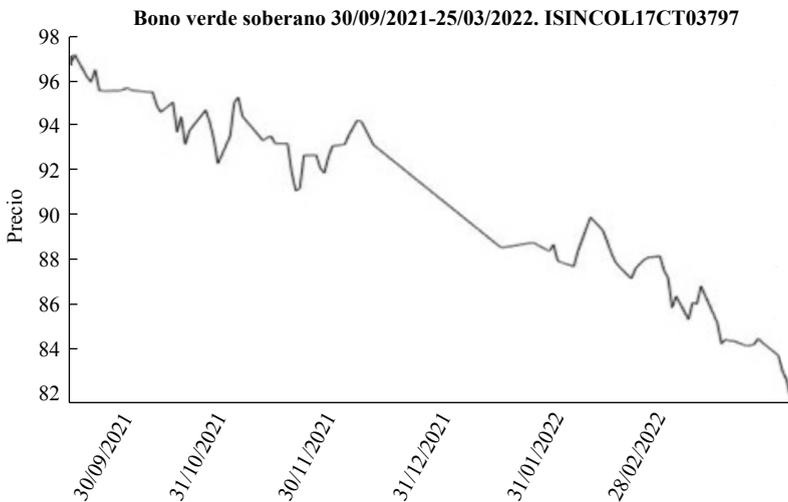
Para el cálculo, se tomó la serie de precios del bono verde soberano con código ISIN COL17CT03797, fecha de expedición 29 de septiembre del 2021 y fecha de maduración 26 de marzo del 2031, cuyo rango de valores diarios inicia el 30 de septiembre del 2021 y termina el 26 de marzo del 2022 (figura 3). Para esti-

mar valores de los parámetros en mención, se identificaron aquellos que permitieran minimizar la raíz de la desviación cuadrática media de la diferencia entre el valor del bono calculado a partir del modelo (valor teórico) y los valores observados en el mercado. Para la estimación de los procesos estocásticos y_t y x_t se utilizaron simulaciones de Montecarlo, en donde se asume que el precio de los activos sigue una distribución log-normal, y de esta manera se empleó el proceso estocástico discretizado de la siguiente forma:

$$S(t+1) = S(t)e^{\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)dt + \sigma\sqrt{\Delta t}\varepsilon(t+1)}$$

Figura 3.

Precios bono verde soberano - Colombia



Fuente: elaboración propia con datos de la plataforma Bloomberg.

Respecto a la distribución del precio del activo en cuestión –bono financiero–, se brinda la siguiente explicación: de acuerdo con Hull (2015) el proceso estocástico, que por lo general se asume para los precios de mercado, es un movimiento browniano geométrico. En este proceso los retornos del propietario del activo en pequeños periodos de tiempo se distribuyen normal y para periodos que no se sobreponen, estos son independientes. Así, el valor del precio de un activo en un periodo futuro tiene una distribución log-normal (Hull, 2015). Igualmente, en el modelo Black-Scholes-Merton el logaritmo natural de los precios de mercado del precio de un activo se distribuye normal y en ese sentido dicho precio sigue una distribución log-normal (Björk, 2009). De nuevo, por tratarse del modelamiento directo de los precios de bonos cuya estructura corresponde a un crecimiento exponencial de la tasa *forward* o en su defecto a un valor esperado de

la exponencial de la tasa corta, el modelo en cuestión debe tener una estructura correspondiente a la dinámica de una expresión logarítmica.

El desarrollo computacional de la calibración se realizó mediante el paquete Matlab, para lo cual fue necesario formular funciones, efectuar simulaciones y emplear opciones de optimización. Como se podrá observar, fue necesario diseñar una función para el modelo matemático empleado, así como otra para calcular la diferencia entre el precio teórico del bono y el observado en el mercado. Finalmente, se ejecuta el proceso de optimización en el cual se calculará el valor de los parámetros buscados de tal manera que se minimice la raíz del error cuadrático medio.

Como resultado del procedimiento descrito se obtuvieron los resultados que se muestran en la tabla 5.

Tabla 5.

Parámetros simulados - Colombia

Parámetro	Valor	Descripción
δ	0,4787	Nivel de efectividad en las políticas ambientales adoptadas
S	0,0593	Varianza del proceso estocástico x_t
σ	0,7141	Coefficiente de correlación de los procesos de Wiener W_t y \tilde{W}_t
p	0,7239	Reducción proporcional del ingreso y_t

Fuente: elaboración propia.

Análisis de resultados obtenidos

A partir de la calibración de los datos el *Greenium* (teórico) obtenido fue de 5,98 puntos básicos (para una tasa libre de riesgo de 4,77 % identificada a finales de septiembre del 2021) y de 7,13 puntos básicos (para una tasa libre de riesgo de 7,15 % identificada a inicios del 2021), lo cual resulta ligeramente inferior al valor identificado en el mercado, donde

[...] la tasa de interés de corte de la subasta fue de 7,556 %, un nivel que es también ligeramente inferior al de las transacciones del TES convencional con vencimiento en 2031 (7,630 %), con una diferencia de siete puntos básicos, que es conocida como *Greenium* (*La República*, 29 de septiembre del 2021).

En cuanto al coeficiente de correlación estimado (σ), se puede advertir que es relativamente alto y tiene signo positivo. De acuerdo con la especificación del modelo, una correlación negativa representa situaciones en donde la firma gana un beneficio directo por la adopción de una tecnología verde, mientras que valores positivos de correlación apuntan a casos donde los proyectos verdes no tienen un impacto positivo inmediato sobre los ingresos de la compañía. La correlación negativa se asocia a firmas cuya productividad incrementa mediante la adopción de tecnologías verdes, mientras que la correlación positiva se asocia a firmas cuya actividad no está alineada con sistemas productivos medioambientalmente sostenibles.

Si bien en este caso se realizó la modelación para un bono soberano y no corporativo, el valor estimado de este parámetro llega a ser consistente con las condiciones productivas actuales del país, cuyas exportaciones se derivan sobre todo de productos minero-energéticos.

Respecto al resto de parámetros, se pueden hacer consideraciones similares, en tanto que sus valores reflejan aspectos de la economía colombiana. De esta manera, el parámetro δ tiene un valor relativamente pequeño, lo cual puede dar cuenta de las inversiones que se han hecho en la actualidad en aspectos ambientales que, si bien no son nulas, están lejos de ser suficientes. El parámetro S es particularmente pequeño, esto se atribuye al hecho de emplear deuda soberana cuyas inversiones verdes están adscritas a lineamientos de política pública vigentes. Por último, el parámetro p , que denota un egreso de la firma (proporcional a su nivel de ingreso) debido a la omisión de regulación ambiental, es particularmente alto para Colombia, lo cual podría estar relacionado con una “medida” de pérdida en su capacidad productiva por efecto de los daños medioambientales causados por el progresivo deterioro de los recursos naturales.

En el mercado primario, Doronzo *et al.* (2021) identificaron *Greenium* positivo en 9 de 38 observaciones para una muestra de diez países (principalmente europeos), entre los cuales se destacan Alemania (0,4 puntos básicos), Chile (1,2 puntos básicos) e Indonesia (1 punto básico).

En lo que se refiere a estudios comparativos de bonos verdes soberanos entre economías avanzadas y emergentes la investigación de Ando *et al.* (2022) estima *Greenium* de 49,3 puntos básicos (emisiones en USD) y 12,5 puntos básicos (emisiones en euros) para países con economías emergentes, mientras que para economías avanzadas varió entre 5 y 6 puntos básicos. Para el caso de Alemania calculan un *Greenium* entre 2 y 5 puntos básicos, lo que resulta muy interesante dado que entre los países europeos es el único que realizó emisión de bonos gemelos, así como ocurrió en Colombia.

De acuerdo con las referencias en cita, se puede deducir que las diferencias de *Greenium* no responden directamente al nivel de desarrollo de la economía para la cual se esté calculando. A diferencia de dichas investigaciones, esta aborda el *Greenium* desde un referente teórico que explica su comportamiento a partir de variables macroeconómicas y parámetros no observables.

En mercado secundario se han identificado niveles de *Greenium* entre - 22 puntos básicos (España o Francia) y 10 puntos básicos (Países Bajos) (Grzegorzcyk y Wolff, 2022). Si bien esta investigación se enfoca en el mercado primario, constituye una base para diseñar modelos teóricos que expliquen el comportamiento del *Greenium* en el mercado secundario.

Simulación del *Greenium*

En esta sección se hará un análisis comparativo del *Greenium* para posibles valores de algunos parámetros. El propósito es examinar el comportamiento del

Greenium frente a parámetros que potencialmente estarían sujetos a cambios mediante el uso de política fiscal o monetaria. Entre mayores sean los niveles de *Greenium* mejores serán las posibilidades de financiamiento para iniciativas de cambio climático y biodiversidad. Metodológicamente se partió de los valores estimados de los parámetros, los cuales se incrementaron o disminuyeron en proporciones que permitieran brindar evidencia de su nivel de impacto sobre el *Greenium*.

Como ya se mencionó, el *Greenium* corresponde a la diferencia entre la tasa de un bono convencional y la correspondiente al bono verde. Como lo sugiere Agliardi y Agliardi (2021) para el cálculo de la tasa del bono convencional se toma $D_g = D_o$ y $s = 0$.

Tabla 6.

Simulación, parámetros s y σ

Valores de <i>Greenium</i> (bps) frente al parámetro de riesgo s y el parámetro de correlación σ (positivo y negativo)			
s	0,0593	0,08	0,1
$\sigma = 0,7141$	7,1303	7,1262	7,08
$\sigma = -0,7141$	7,1042	7,1094	7,185

Fuente: elaboración propia.

La tabla 6 muestra el comportamiento del *Greenium* ante incrementos en el parámetro de incertidumbre inherente a proyectos verdes, en donde se mantienen estáticos el resto de los parámetros estimados, excepto el coeficiente de correlación, σ , que toma el valor estimado y su negativo. Los resultados obtenidos son consistentes con los de Agliardi y Agliardi (2021), ya que ante aumentos del parámetro s , el *Greenium* decrece bajo una correlación positiva y ocurre el efecto inverso con valores de correlación negativos. Los resultados se pueden interpretar como la pérdida de credibilidad crediticia frente a la percepción de riesgo ante el escenario de una correlación positiva, esto es, firmas cuya actividad económica no está directamente relacionada con proyectos verdes. Para el caso que aborda el presente documento se evidencia que en efecto ocurre una reducción relativamente pequeña, lo que se podría atribuir al hecho de que se trata de deuda soberana, que tendría un respaldo institucional que compensa la percepción de riesgo. Respecto a los valores en el escenario de una correlación negativa, resulta interesante observar que incrementar el parámetro de incertidumbre es una potencial oportunidad, esto ocurriría siempre y cuando la estructura productiva del país sea menos dependiente de recursos minero-energéticos.

La tabla 7 revela el comportamiento del *Greenium* ante el decrecimiento del parámetro de correlación con el resto de parámetros constantes. En este caso el comportamiento difiere de los resultados de Agliardi y Agliardi (2021), para quienes el comportamiento del *Greenium* tiene una relación inversa frente a los incrementos

Tabla 7.

Simulación, parámetro de correlación

Sensibilidad del <i>Greenium</i> (bps) frente a incrementos del parámetro de correlación σ				
σ	0,7141	0,5	0,01	-0,5
<i>Greenium</i> (bps)	7,1303	7,1277	7,1121	7,1028

Fuente: elaboración propia.

de correlación. Este efecto resulta llamativo en tanto que sugiere que una política que lleve al país por una senda productiva basada en industrias amigables con el medioambiente requerirá del ajuste de otras variables para lograr un efecto favorable sobre el comportamiento del *Greenium*.

Tabla 8.

Simulación, impuesto corporativo

Sensibilidad del <i>Greenium</i> (bps) frente a incrementos del parámetro tasa de impuesto corporativo τ				
τ	0,355	0,488	0,498	0,5
<i>Greenium</i> (bps)	7,11	13,37	41,95	54,51

Fuente: elaboración propia.

Tabla 9.

Simulación, tasa libre de riesgo

Sensibilidad del <i>Greenium</i> (bps) frente a incrementos del parámetro tasa libre de riesgo r				
r	0,071	0,08	0,09	0,1
<i>Greenium</i> (bps)	7,1303	9,0402	11,42	14,08

Fuente: elaboración propia.

Por último, las tablas 8 y 9 muestran los parámetros para los cuales el *Greenium* tiene cambios más grandes, es decir, serían los parámetros de mayor sensibilidad. Este resultado es pertinente para efectos de la formulación de política monetaria y fiscal, en tanto que son variables cuyo ajuste responde directamente a las decisiones que las entidades correspondientes tomen para modificar su comportamiento. En particular, el Banco de la República tiene la competencia de modificar tasas de interés, así como las tasas impositivas son modificadas mediante leyes y decretos.

PERSPECTIVA FINANCIERA DE LA SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL

Posterior a la identificación de los parámetros del bono verde soberano descrito en la sección anterior, surge la inquietud sobre la graduación de un nivel óptimo de

Greenium, en razón de las necesidades actuales del país para generar la inversión suficiente que permita atender problemas ambientales. Para abordar esta inquietud se partió de los planteamientos del famoso economista de la Universidad de Cambridge, Partha Dasgupta (2021), quien tiene en cuenta los servicios ecosistémicos que brinda la naturaleza para explicar procesos de demanda y oferta observados en la economía mundial.

La importancia de establecer una relación simbiótica entre los mecanismos de producción actuales y los servicios ecosistémicos radica en que el bienestar humano depende de estos últimos, los cuales se materializan en abastecimiento (por ejemplo: agua, alimento, fibras), regulación ecosistémica (como regulación del clima y la erosión, calidad del aire), cultura (recreación, turismo) y soporte de vida (como producción de oxígeno, ciclo de nutrientes y agua) (Sánchez, 2021).

Aquí se buscará hacer uso de la modelación de bonos verdes descrita anteriormente, con el fin de obtener niveles óptimos de *Greenium* bajo el referente teórico planteado por Dasgupta (2021) que lleven a la sostenibilidad ambiental, entendida como la igualdad entre la oferta y la demanda de productos y servicios ecosistémicos. Para conseguir este objetivo se empleará la ecuación de impacto propuesta por dicho autor, como herramienta para la calibración de parámetros.

Ecuación de impacto

De acuerdo con Dasgupta (2021), en el largo plazo la demanda agregada de la economía a nivel global (por unidad de tiempo) debe ser igual a la habilidad de la biósfera para proveer bienes y servicios ecosistémicos. Esto constituye un requisito para alcanzar los ODS (Agenda 2030) ya que, si se contamina a una tasa mayor respecto a la capacidad del planeta para realizar procesos ecológicos de regeneración, no será posible una sostenibilidad efectiva.

La capacidad de la biósfera para proveer bienes y servicios ecosistémicos ha sido considerablemente inferior a la demanda de los mismos por parte de la actividad humana. Bajo la estructura de producción actual no solo se ha superado la capacidad de compensación de servicios ecosistémicos, sino que esta se ha diezmoado como resultado de la degradación ambiental. Ante este contexto la ecuación de impacto toma absoluta relevancia, en tanto que formula teóricamente la relación entre oferta y demanda de servicios ecosistémicos que permiten una sostenibilidad ambiental efectiva.

A continuación, se ilustra la ecuación de impacto:

$$\frac{N_y}{\alpha_X} + \frac{N_y}{\alpha_Z} \equiv \frac{N_y}{\alpha} = G(S) \quad (15)$$

$G(S)$ corresponde a la demanda en donde:

G denota la tasa a la cual la biósfera se regenera

S denota el total de activos actuales de la biósfera

$\frac{Ny}{\alpha}$ corresponde a la oferta en donde:

N denota la población humana

y denota la actividad económica per cápita

a denota la eficiencia a la cual los bienes y servicios de la biósfera son convertidos en activos productivos

Enseguida se replicará el ejercicio planteado en *The Economics of Biodiversity: The Dasgupta Review* (Dasgupta, 2021) para el caso colombiano. Es a partir de este ejercicio que se describirán las posibilidades de unificar el modelo descrito en la sección “Modelo estructural de dos factores” con el referente de sostenibilidad propuesto a partir de la ecuación de impacto. El propósito final es obtener un marco de análisis que facilite determinar niveles de endeudamiento óptimo bajo criterios de sostenibilidad ambiental⁵.

Metas ambientales y *Greenium* óptimo en Colombia

En este segmento se determinará el valor de algunos parámetros empleados en el modelo base (modelo estocástico de dos factores), con el propósito de identificar niveles óptimos de *Greenium* en Colombia. En este sentido, se busca identificar el *spread* de bonos verdes soberanos que permita generar una transición ambiental enfocada en la sostenibilidad. Metodológicamente se replicará el ejercicio propuesto en *The Economics of Biodiversity: The Dasgupta Review* (Dasgupta, 2021).

Para el desarrollo del ejercicio se emplearán las siguientes ecuaciones derivadas de la ecuación de impacto:

$$g\left(\frac{Ny}{G}\right) = g(Ny) - g(\alpha) - g(G) \tag{16}$$

$$g(\alpha) = g(Ny) - g\left(\frac{Ny}{G}\right) - g(G)$$

En donde $g(a)$ representa la tasa de crecimiento de la eficiencia a la cual los bienes y servicios de la biósfera son convertidos en activos productivos.

En la tabla 10 se describen los parámetros estimados que son requeridos para obtener el valor de $g(a)$ que se busca calcular.

⁵ Respecto a los cálculos desarrollados en esta sección se tomó como base el diseño del precio del bono, y posteriormente se reemplazaron los parámetros de interés.

Tabla 10.

Valor de parámetros de la ecuación de impacto para el caso colombiano

Variables de la ecuación de impacto	Tipo de variable	Tasa de crecimiento (%)
$g \left(\frac{Ny}{G} \right)$	Huella ecológica global	1,6
$g(Ny)$	PIB	3,9
$g(G)$	Capital natural	- 0,2

Fuente: elaboración propia.

A continuación, se describe cada una de las variables que indica la tabla 10.

Huella ecológica global

Este cálculo se realizó en concordancia con las mediciones de huella ecológica ($\frac{Ny}{\alpha}$) y biocapacidad (G) para Colombia, entre 1970 y el 2018 (figura 5). De esta manera se tomó la tasa de crecimiento porcentual para el periodo mencionado anteriormente. Los valores empleados son reportados en términos de hectáreas globales (ponderación anual de una hectárea biológicamente productiva).

De acuerdo con los datos obtenidos de la Global Footprint Network (2022) para Colombia la huella ecológica aumentó de 47 173 335,55 en 1970 a 92 202 000,94 en el 2018, mientras que la biocapacidad pasó de 183 591 999,1 a 170 788 487,06 durante el mismo periodo, los valores corresponden a hectáreas globales. A partir de estos datos se obtuvo la tasa requerida, es decir $[Ny/\alpha]/G$, la cual aumentó de 0,257 a 0,54 durante el periodo de referencia, que a su vez corresponde a una tasa de crecimiento promedio anual de 1,6%.

Tasa de crecimiento PIB de Colombia

PIB a precios constantes (base 2015) de Colombia en dólares (World Bank, 2022), tomado del Banco Mundial entre 1970 y el 2018 (figura 4). De esta manera, se tomó la tasa de crecimiento porcentual para el periodo ya citado.

Capital natural

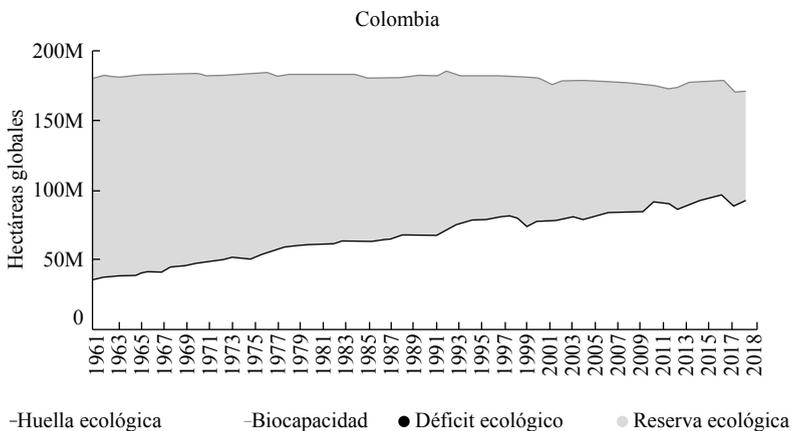
Para el cálculo del capital natural se tomaron las cifras del Inclusive Wealth Report (Managi y Kumar, 2018). Este reporte toma el rango de tiempo entre 1990 y el 2014, y brinda cifras en términos de cambio porcentual, por lo que fue necesario calcular las correspondientes tasas de crecimiento.

Para ponderar el valor de la tasa de crecimiento del capital natural de Colombia se hizo uso de las tasas de crecimiento poblacional y del capital natural.

El parámetro Ny es medido como el PIB a precios constantes entre 1970 y el 2018 (base 2015 en dólares), lo cual constituye una aproximación a dicho parámetro. Por otra parte, a partir de los datos obtenidos del Inclusive Wealth Report (Managi y Kumar, 2018) el incremento porcentual entre los años 1990 y el 2014 del capital natural per cápita fue de 6,1%, mientras que el incremento porcentual de la población durante ese mismo periodo fue de 1,4%. Al tomar ambas medidas en conjunto y medir su tasa anual del incremento se deduce que el valor del capital natural declinó a una tasa anual de $-0,2\%$. Se asumirá que G es proporcional a S , y en este sentido G también declinó a una tasa anual de $0,2\%$.

Figura 4.

Huella ecológica y biocapacidad (hectáreas globales) de Colombia entre 1961 y 2018



Fuente: Global Footprint Network (2022).

Las tasas de cambio anual ya presentadas para los parámetros Ny , G , y $[Ny / \text{Alpha}] / G$ permiten calcular el valor del parámetro $g(\alpha)$, que registra una tasa anual de crecimiento de $2,5\%$ durante el periodo 1992-2014.

$$g(\alpha) = 3,9\% - 1,6\% + 0,2\% = 2,5\%$$

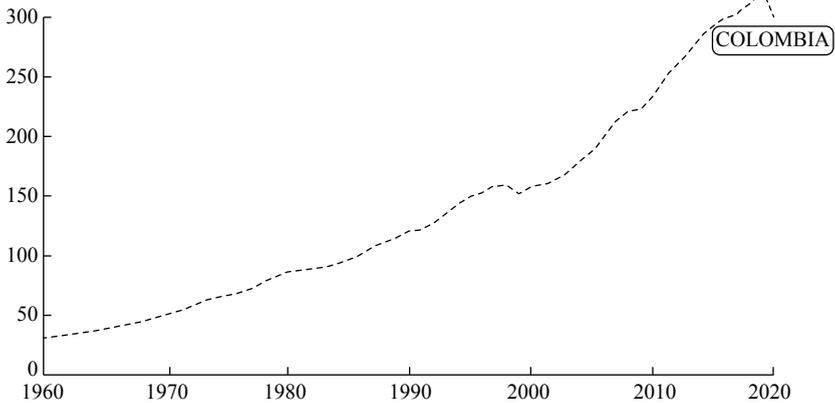
En el caso que se pretenda alcanzar la sostenibilidad ambiental en un término de diez años que corresponde al periodo estimado de la Agenda 2030 de los ODS, el valor de este parámetro se ajustaría de la siguiente forma:

$$g(\alpha) = 3,9\% + 7,2\% + 0,2\% = 11,3\%$$

En línea con los resultados obtenidos, se identifica una gran diferencia entre el comportamiento histórico del parámetro α y el requerido para llegar a la sostenibilidad ambiental, en tanto que implicaría pasar de una tasa anual del 2,5 % al 11,3 %.

Figura 5.

PIB Colombia (precios constantes 2015 en dólares)



Fuente: The World Bank (2022).

De acuerdo con Dasgupta (2021), las finanzas desempeñan un rol estratégico para apoyar el cambio a la sostenibilidad ambiental. Los mecanismos propuestos consisten en: reducir el apalancamiento financiero a inversiones que generan impactos adversos sobre la biósfera (consiste en reducir el parámetro γ de la ecuación de impacto); identificar inversiones en tecnologías que puedan mejorar nuestro uso de la biósfera (implica incrementar el parámetro α de la ecuación de impacto) o dirigir inversiones tal que mejoren directamente activos naturales (aumentar directamente el parámetro S de la ecuación de impacto).

El alcance de este documento no pretende realizar una alineación directa entre los mecanismos propuestos anteriormente y los parámetros del modelo empleado, sin embargo, el ejercicio desarrollado permite dilucidar de forma aproximada los retos en términos de estructuración de deuda para atender las necesidades medioambientales del país. La tasa $g(\alpha)$ a un valor de 11,3 % requeriría elevados niveles de endeudamiento. De esta manera se procedió a transmitir el efecto de este incremento entre los parámetros τ (tasa de impuesto corporativo) y S (parámetro que mediría choques de mercado) para identificar sus efectos sobre el *Greenium*. Se eligieron estas dos variables en tanto que serían aquellas que de manera directa se verían afectadas ante un cambio tan grande. Para estimar un efecto conjunto, se calculó un incremento porcentual de 5,56 % en un rango de tiempo de diez años, a los parámetros ya citados. En la tabla 11 se muestran los valores de los parámetros ajustados y el valor del *Greenium*.

Tabla 11.

Valor de los parámetros del modelo base después de ajuste de requerimientos ambientales calculados

Parámetros de modelo: valores calculados – valores ajustados (se asume un periodo de diez para ejecutar los cambios ambientales requeridos)		
Parámetro	Valor	Valores ajustados
r	7,15 %	7,15 %
μ	0,02261 %	0,02261 %
σ	7,7 %	7,7 %
α	17,5 %	17,5 %
τ	25 %	43,11 %
g	7 %	7 %
Do	55,86 %	55,86 %
δ	0,4787	0,4787
s	0,0593	0,1022
σ	0,7141	0,7141
p	0,7239	0,7239
Valor <i>Greenium</i> ajustado (PB) = 172,18		

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

El modelo que se aplicó aquí mostró una buena bondad de ajuste, cuyas estimaciones resultan coherentes con el contexto de la economía colombiana. Se planteó un marco de análisis para determinar niveles requeridos de *Greenium* que permitiera llegar a la sostenibilidad ambiental, según la ecuación de impacto planteada por Dasgupta (2021). De acuerdo con los resultados, se identificó que el ajuste de parámetros requerido para llegar a la meta de sostenibilidad en un periodo de diez años requeriría niveles de *Greenium* inviables, lo cual implica una descarbonización que no podrá ser inmediata.

Este estudio permite avanzar en la articulación entre la teoría financiera y las ciencias ambientales para optimizar mecanismos de apalancamiento financiero y alcanzar la sostenibilidad ambiental. En particular se parte de un modelo estructural de dos factores cuyas variables estocásticas ayudaron a conectar modelos de sostenibilidad ambiental que emplean ecuaciones diferenciales.

Los resultados obtenidos brindan herramientas pertinentes para la gestión de política fiscal y monetaria en temas de sostenibilidad ambiental. Principalmente aportan un marco de referencia al cual se debe enfocar la política pública al definir la sostenibilidad ambiental como meta principal a la que se podría llegar por medio

de instrumentos financieros, en particular bonos verdes soberanos. Por lo tanto, se recomienda revisar el comportamiento macroeconómico del país para identificar si el estatus actual de las variables analizadas responde a las condiciones óptimas para llegar a la sostenibilidad ambiental, así como evaluar posibilidades de mejores condiciones económicas.

Este estudio ofrece herramientas metodológicas y procedimientos prácticos para realizar análisis comparativos de bonos verdes soberanos, desde un enfoque teórico que permite cotejar variables de carácter financiero, económico y ambiental.

REFERENCIAS

1. Acevedo, M., Jiménez, L. M., & Castaño, N. E. (2017). Relación de causalidad de variables macroeconómicas locales y globales sobre el índice COLCAP. *Revista Espacios*, (38), 38-50.
2. Adkins, R., & Paxson, D. (2011). Renewing assets with uncertain revenues and operating costs. *The Journal of Financial and Quantitative Analysis*, (46), 785-813.
3. Agliardi, E., & Agliardi, R. (2021). Corporate green bonds: understanding the greenium in a two-factor structural model. *Environmental and Resource Economics*, (80), 257-278.
4. Altman, E. I., & Hotchkiss, E. (2006). *Corporate Financial Distress and Bankruptcy. Predict and Avoid Bankruptcy, Analyze and Invest in Distressed Debt*. John Wiley & Sons, Inc.
5. Ando, S., Fu, C., Roch, F., & Wiriadinata, U. (2022). *Sovereign Climate Debt Instruments: An Overview of the Green and Catastrophe Bond Markets*. International Monetary Fund.
6. Banco de la República. (2022a, 22 de abril). TES. <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/tes>
7. Banco de la República. (2022b, 22 de abril). Mercado accionario. <https://bit.ly/3vFXvaX>
8. Barclays. (2015). *The Cost of Being Green*. Barclays.
9. Björk, T. (2009). *Arbitrage Theory in Continuous Time*. Oxford University Press.
10. Blomberg. (2022). Títulos de tesorería ISIN COL17CT03797. [Imagen].
11. Bollerslev, T. (1986). Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity. *Journal of Econometrics*, (31), 307-327.
12. Comité de Gestión Financiera del Sisclima. (2017). *Estrategia nacional de financiamiento climático*. Sisclima.
13. Dasgupta, P. (2021). *The Economics of Biodiversity: The Dasgupta Review*. HM Treasury.

14. Doronzo, R., Siracusa, V., & Antonelli, S. (2021). Green bonds: the sovereign issuers' perspective. *Markets, Infrastructures, Payment Systems*, (3), 1-42.
15. Fabozzi, F. J. (2013). *Bond Markets, Analysis and Strategies*. 8ª ed. Pearson.
16. Fundación EU-LAC. (2020). *El potencial de los mercados de bonos verdes en América Latina y el Caribe*. Fundación EU-LAC.
17. Gianfrate, G., & Peri, M. (2019). The green advantage: exploring the convenience of issuing green bonds. *Journal of Cleaner Production*, (219), 127-135.
18. Global Footprint Network. (2022, 15 de marzo). *Global Footprint Network*. <https://shorturl.at/hAEMO>
19. Gobierno de Colombia. (2022). *Taxonomía verde de Colombia*. Gobierno de Colombia.
20. Grzegorzczak, M., & Wolff, G. (2022). *Greeniums in Sovereign Bond Markets*. Bruegel.
21. Guarín, A. (2021). *Métodos numéricos en finanzas*. Universidad Nacional de Colombia.
22. Hull, J. (2015). *Options, Futures, and other Derivatives*. Pearson Education.
23. Instituto Nacional de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). (2020). *Informe nacional de registro único ambiental manufacturero de Colombia*. Ideam.
24. Instituto Nacional de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). (2021). *Resultados del monitoreo deforestación: 1. año 2020; 2. Primer trimestre del año 2021*. Ideam.
25. Inter-American Development Bank. (2019). *Transforming Green Bond Markets*. Inter-American Development Bank.
26. Karpoff, J., Lott, J., & Wehrly, E. (2005). The reputational penalties for environmental violations: empirical evidence. *The Journal of Law & Economics*, (68), 653-675.
27. Kellison, S. G. (1991). *The Theory of Interest*. R. R. Donnelley & Sons Company.
28. La República. (2021, 30 de septiembre). Colombia, el primer país latino en emitir bonos verdes soberanos en moneda local. <https://bit.ly/3F6ZSbj>
29. La República. (2021, 29 de septiembre). Por primera vez, el Ministerio de Hacienda subastó TES verdes por \$750.000 millones. <https://shorturl.at/juIXZ>.
30. Managi, S., & Kumar, P. (2018). *Inclusive Wealth Report 2018 Measuring Progress Towards Sustainability*. Routledge.
31. McKinsey & Company. (2022). *The Net-Zero Transition. What it Would Cost, what it Could Bring*. McKinsey & Company.

32. Ministerio de Hacienda y Crédito Público. (2021). Boletín 65. Colombia culmina con éxito emisión de TES verdes en 2021. Ministerio de Hacienda y Crédito Público.
33. Ministerio de Hacienda y Crédito Público. (2021). *Marco de referencia de bonos verdes soberanos de Colombia*. Ministerio de Hacienda y Crédito Público.
34. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2022, 25 de abril). Los ODS en acción. <https://bit.ly/3MGDjwy>
35. Sánchez, J. A. (2021). *¿Por qué dependemos de la biodiversidad?* Universidad de los Andes.
36. Superintendencia Financiera de Colombia. (2020a). *Guía de bonos verdes*. SIC.
37. Superintendencia Financiera de Colombia. (2022b). Trámite: consultas específicas. Radicación 2022081423-003-000. SFC.
38. TMT Group. (2022, 30 de marzo). Servicios administrativos de impuestos en Colombia. <https://bit.ly/3OM3unv>
39. Tsay, R. (2022). *Analysis of Financial Time Series*. John Wiley & Sons, Inc.
40. Wasserman, M. (2021, 18 de noviembre). Costos del ‘costo cero’. *El Tiempo*, 1-4.
41. World Bank. (2018). *Green Bond Impact Report 2018*. World Bank.
42. World Bank. (2022, 30 de mayo). GDP (constant 2015 US\$) - Colombia. <https://bit.ly/3NHnw11>
43. World Wide Fund for Nature. (2022, 25 de abril). Actividades que amenazan la salud de los ríos. <https://bit.ly/3OLSQNY>
44. World Wide Fund for Nature. (2022, 25 de abril). The newest climate report looks grim. Here’s why we still have hope. <https://wwf.to/37U1LM5>
45. Yu, F. (2005). Accounting transparency and the term structure of credit spreads. *Journal of Financial Economics*, (75), 53-84.
46. Zerbib, O. D. (2019). The effect of pro-environmental preferences on bond prices: evidence from green bonds. *Journal of Banking & Finance*, (98), 39-60.

ANEXO

Tabla A1.

Referencia bono soberano - Colombia

Issuer Information				Identifiers	
Name	TITULOS DE TESORERIA			FIGI	BBG012R5QQJ7
Industry	Treasury (BCLASS)			ISIN	COL17CT03797
Security Information				ID Number	BR7105587
Mkt Iss	DOMESTIC			Bond Ratings	
Ctry/Reg	CO	Currency	COP	DBRS	BBBL
Rank	Unsecured	Series	G		
Coupon	7.000000	Type	Fixed		
Cpn Freq	Annual			Issuance & Trading	
Day Cnt	NL/365	Iss Price	99.85100	Amt Issued/Outstanding	
Maturity	03/26/2031			COP	1,497,329,100.00 (M) /
BULLET				COP	1,497,329,100.00 (M)
Iss Yield	7.556			Min Piece/Increment	
Calc Type	(999)STREET CONVENTION			500,000.00 / 100,000.00	
Pricing Date	09/29/2021			Par Amount	100,000.00
Interest Accrual Date	03/26/2021			Book Runner	
1st Settle Date	09/29/2021			Exchange	COLOMBIA
1st Coupon Date	03/26/2022				

Fuente: Bloomberg (2022).

CRECIMIENTO MULTISECTORIAL COLOMBIANO, 1975-2016

Germán Sánchez-Pérez
Jorge E. Sáenz-Castro
Luz Aydée Higuera-Cárdenas

Sánchez-Pérez, G., Sáenz-Castro, J. E., & Higuera-Cárdenas, L. A. (2023). Crecimiento multisectorial colombiano, 1975-2016. *Cuadernos de Economía*, 42(90), 549-571.

Esta investigación aborda el crecimiento económico colombiano desde un enfoque de crecimiento multisectorial restringido por balanza de pagos, entre 1975-2016. Se concluye que la ley de Thirlwall multisectorial y la ley de Thirlwall son buenos predictores del crecimiento colombiano. Los sectores minero y agrícola aportan

G. Sánchez-Pérez
Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia. ORCID: 0000-0002-7027-538X. Correo electrónico: german.sanchez@unimilitar.edu.co

J. E. Sáenz-Castro
Universidad de Cracovia, Cracovia, Polonia. ORCID: 0000-0003-1180-3338. Correo electrónico: josaenza8@gmail.com

L. A. Higuera-Cárdenas
Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia. ORCID: 0000-0003-1601-2375. Correo electrónico: aydeehiguera@gmail.com

Sugerencia de citación: Sánchez-Pérez, G., Sáenz-Castro, J. E., & Higuera-Cárdenas, L. A. (2023). Crecimiento multisectorial colombiano, 1975-2016. *Cuadernos de Economía*, 42(90), 549-571. <https://doi.org/10.15446/cuadernos.v42n90.98429>

Este artículo fue recibido el 14 de septiembre de 2021, ajustado el 25 de febrero de 2023 y su publicación aprobada el 14 de marzo de 2023.

al crecimiento multisectorial del país, mientras la contribución del sector industrial es menor. Se muestra que en Colombia no ha habido un cambio estructural que impulse las exportaciones de los bienes con las mayores elasticidades ingreso y disminuya las importaciones con las más altas elasticidades ingreso, lo que ha limitado el crecimiento.

Palabras clave: crecimiento multisectorial; balanza comercial; ley de Thirlwall; sectores económicos.

JEL: F14, F43, F60, O41, O47.

Sánchez-Pérez, G., Sáenz-Castro, J. E., & Higuera-Cárdenas, L. A. (2023). Colombian multisectoral growth, 1975-2016. *Cuadernos de Economía*, 42(90), 549-571.

This research addresses with Colombian economic growth, from a multisectorial growth approach restricted by balance of payments, between 1975 and 2015. It is concluded that the “multisectorial Thirlwall’s law” and the “Thirlwall’s law” are good predictors of Colombian growth. The mining and agricultural sectors contribute to the multisectorial growth of the country, while the contribution of the industrialist is lower. It is shown that in Colombia there has not been a structural change that boosts exports of goods with the highest income elasticities and decreases imports with the highest income elasticities, which has restricted growth.

Keywords: Multisectorial growth; trade balance; Thirlwall’s Law; economic sectors.

JEL: F14, F43, F60, O41, O47.

INTRODUCCIÓN

Una de las discusiones más importantes a lo largo de la historia económica gira en torno al papel que desempeña el sector externo en el crecimiento de los países. En un mundo globalizado como el actual, esta discusión es vigente y trascendental. Las políticas económicas que implementan los países están determinadas, en buena medida, por la relación que se cree que exista entre el sector externo y el crecimiento económico. Todas las medidas de política económica que buscan impulsar el comercio entre los países parten del supuesto que existe una relación positiva entre apertura y crecimiento. La literatura y la evidencia sustentan estas medidas; no obstante, hay discrepancias y diferentes puntos de vista entre las escuelas de pensamiento económico que las soportan.

La ortodoxia económica supone que existe una relación positiva y directa entre apertura comercial y crecimiento. Desde la heterodoxia, esta relación no es tan clara. Para Thirlwall (2001), por ejemplo, los efectos del sector externo sobre el crecimiento están condicionados, entre otras cosas, por las elasticidades de los bienes y servicios de los sectores que los países exportan e importan.

Desde la política económica este aspecto es relevante, ya que implica que los Estados pueden impulsar el crecimiento económico. En este marco, surgen preguntas importantes como cuáles son los sectores que más aportan al crecimiento del país, cuáles son los que más exportan e importan, cuáles son sus elasticidades, cómo se asocian estas con el crecimiento, y, la pregunta fundamental, qué hacer para impulsar el crecimiento.

En Colombia, desde la década de 1990, se pasó de un modelo de desarrollo proteccionista –sustitución de importaciones– a un modelo de apertura –comercial y financiera–. Sin embargo, los resultados observados tanto en el comercio –total y sectorial– como en el crecimiento económico, no han sido los esperados por los hacedores de la política y por la ortodoxia económica. El crecimiento económico promedio, desde que se implementó el nuevo modelo de desarrollo, es inferior al promedio que se obtuvo en el modelo proteccionista: según datos del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (Dane) (2019), de un crecimiento promedio de 4,5% entre 1961 y 1989, se pasó a un crecimiento promedio de 3,4% entre 1990 y 2016.

Por otro lado, mientras el déficit de la balanza comercial nunca alcanzó los 3000 millones de dólares hasta el 2010, para el 2015 la cifra superó los 15 500 millones de dólares (alrededor del 7% del producto interno bruto [PIB]). Y a nivel sectorial, en el sector industrial, por ejemplo, el déficit pasó de cerca de 10 000 millones de pesos entre 1975 y 1984, a cerca de los 35 000 millones de pesos entre el 2005 y el 2015.

En este contexto, aquí se estima empíricamente para Colombia, desde un enfoque de Thirlwall para el periodo 1975-2016: (i) las elasticidades ingreso de la demanda y precio de los tres sectores más tradicionales del país: industrial, agrí-

cola y minero; (ii) el crecimiento restringido por la balanza de pagos, y el crecimiento multisectorial restringido por balanza de pagos; (iii) la participación de cada sector –multisectorial– en el crecimiento; y (iv) se evalúa si en Colombia se ha dado un cambio estructural, que impulse las exportaciones de los bienes con las mayores elasticidades ponderadas del ingreso y disminuya las importaciones con las más altas elasticidades ponderadas del ingreso, de tal forma que se promueva el crecimiento económico.

Se concluye que la ley de Thirlwall multisectorial y la ley de Thirlwall son buenos predictores del crecimiento colombiano. Que los sectores minero y agrícola aportan al crecimiento multisectorial del país más que el sector industrial. Se muestra que, en Colombia no ha habido un cambio estructural que impulse las exportaciones de los bienes con las mayores elasticidades ingreso y disminuya las importaciones con las más altas elasticidades ingreso, lo que ha restringido el crecimiento.

Además de esta introducción, en el documento se presenta el modelo de crecimiento restringido por balanza de pagos (MCRBP). Se expone luego el enfoque denominado ley de Thirlwall multisectorial. Posteriormente se hace la aplicación empírica del modelo multisectorial de crecimiento restringido por balanza de pagos. Se presenta el análisis de los resultados. Y, por último, las principales conclusiones.

CRECIMIENTO RESTRINGIDO POR BALANZA DE PAGOS

La relación entre el sector externo y el crecimiento económico es un tema central de análisis dentro de la teoría económica. Desde la teoría neoclásica moderna, el surgimiento de las teorías del crecimiento económico de la década de 1990 (Grossman y Helpman, 1989) permitió vincular al sector externo y el crecimiento gracias, por ejemplo, a la inclusión de la productividad marginal de los insumos importados. La economía poskeynesiana, por su parte, ha otorgado un papel preponderante al vínculo que tiene la evolución del sector externo con el crecimiento. Como resalta Davidson (1997), los poskeynesianos han generalizado a Keynes al tratar con el crecimiento económico de una nación, cuando el comercio externo es un componente significativo de la demanda agregada¹. Uno de los esfuerzos más interesantes por configurar la visión keynesiana, son los llamados MCRBP.

El MCRBP de Thirlwall (1979) parte del multiplicador dinámico externo de Harrod (1939), y determina el crecimiento de largo plazo basado en la demanda externa, una vez se agota la demanda interna. Dicho modelo se puede expresar en las ecuaciones (1-3).

¹ El enfoque de demanda fue destacado por los mercantilistas, pasando luego por autores como Malthus (1978), Keynes (1978), Harrod (1939) y Prebisch (1950).

$$x_t = \eta(p_{dt} - p_{ft} - e_t) + \varepsilon z_t \quad (1)$$

$$m_t = \psi(p_{ft} - p_{dt} + e_t) + \pi y_t \quad (2)$$

$$p_{dt} + x_t = p_{ft} + e_t + m_t \quad (3)$$

La ecuación (1) es la demanda de exportaciones; la (2) es la de demanda de importaciones y la (3) es la condición de equilibrio de la balanza de pagos. Donde x , z , pd , pf , e , m y y son la tasa de crecimiento de las exportaciones, del ingreso mundial, de los precios internos, de los precios externos, de la tasa de cambio, de las importaciones y del ingreso interno. η y ψ son las elasticidades precio de las exportaciones y de las importaciones y ε y π son las elasticidades ingreso de la demanda de las exportaciones y de las importaciones.

Sustituyendo las ecuaciones (1) y (2) en la ecuación (3), se llega a la tasa de crecimiento doméstico en el largo plazo compatible con una balanza de pagos de equilibrio:

$$y = \frac{(1 + \eta + \psi)(p_{dt} - p_{ft} - e_t) + \varepsilon z_t}{\pi} \quad (4)$$

Por último, suponiendo que los términos de intercambio son fijos en el largo plazo, que significa que $p_{dt} - p_{ft} - e_t = 0$, o $\eta + \psi = 1$, entonces la ecuación (4) puede reducirse a lo que se conoce como la ley de Thirlwall.

$$y = \frac{\varepsilon}{\pi} z_t \quad (5)$$

Esta ecuación establece que un incremento de la elasticidad ingreso de la demanda de importaciones (π) baja la tasa de crecimiento del producto de equilibrio respecto a la balanza de pagos, y un aumento real de las exportaciones amplía el crecimiento. Nótese que la causalidad en este modelo va de exportaciones al producto, por lo cual, a diferencia de los modelos de crecimiento tradicionales, se considera que un aumento de la demanda externa es una fuente importante en el crecimiento de una economía (McCombie y Thirlwall, 1994).

Del modelo original de Thirlwall de 1979, existen varias versiones, dependiendo de las variables que se introduzcan como explicativas (Elliot y Rhodd, 1999; Ferreira y Canuto, 2001; López y Cruz, 2000; Moreno-Brid, 2003; Moreno-Brid y Pérez, 2000). Si se incluye solo los componentes de la cuenta corriente de la balanza de pagos, se conoce como “regla simple”². Y, si se introduce otras varia-

² Debido a que se parte del supuesto de que hay equilibrio en la cuenta corriente y los términos de intercambio son constantes.

bles, como el flujo de la cuenta de capitales o los precios, son conocidos como “modelos extendidos”.

La comprobación empírica del modelo de Thirlwall es abundante. Y en la literatura se encuentran trabajos que emplean diversas técnicas para la comprobación empírica, aplicados a grupos de países y a países de manera individual. Las investigaciones empíricas tanto a nivel de grupos de países como para países individuales, concluyen, de manera general, que se cumple la ley de Thirlwall (Thirlwall, 2011).

Respecto a Colombia, existen trabajos que evalúan si se cumple o no la ley de Thirlwall, de manera individual y como parte de una muestra de países (García y Quevedo, 2005; López y Cruz, 2000; Márquez, 2006; Velasco, 2006). Estos trabajos concluyen que en Colombia se cumple la ley de Thirlwall, lo que es coincidente con la literatura internacional.

En resumen, la literatura internacional, como la referente a Colombia, afirma que, de manera general, el modelo de Thirlwall se ajusta para explicar el crecimiento de los países. Aunque los “modelos extendidos” parecen explicar mejor el crecimiento de los países desarrollados, y la “regla simple” parece ajustarse mejor para explicar el crecimiento de los países en desarrollo.

CRECIMIENTO MULTISECTORIAL CON RESTRICCIÓN DE BALANZA DE PAGOS

La literatura que valora el crecimiento con base en el modelo de Thirlwall suponiendo un único sector estima las elasticidades de las exportaciones e importaciones de forma agregada, de tal modo que supone que todos los sectores de la economía poseen elasticidades iguales y constantes. Sin embargo, la evidencia muestra que no todos los sectores que componen la economía son igualmente productivos, no todos afectan de igual manera a la economía (Cepal, 2007), y las elasticidades de las importaciones y exportaciones de los sectores cambian en el tiempo. Es decir, las elasticidades sectoriales y la estructura económica de los países cambian y esto importa para el crecimiento.

Araujo y Lima (2007) proponen, con base en Pasinetti³ (1981, 1993), un MCRBP multisectorial que captura los efectos de los sectores y de la estructura económica sobre el crecimiento. La mayor implicación del modelo de estos autores es que los cambios en la composición de la demanda o en la estructura de producción –que no son reflejados en los cambios de las elasticidades del ingreso pero se dan en los cambios de la participación de cada sector en las exportaciones e importaciones– afectan al crecimiento de los países. Es decir, un país podría aumentar su crecimiento si incrementa la producción de los sectores que posean las mayores

³ El modelo que desarrolló Pasinetti captura los efectos del cambio estructural de la demanda sobre el crecimiento, pero no es un MCRBP explícito.

elasticidades ingreso de la demanda de exportaciones y disminuye la producción de los sectores que posean las elasticidades ingreso de la demanda más altas, así permanezcan constantes las elasticidades de los sectores y no se den cambios en el ingreso global.

En el 2015, Romero y McCombie señalaron que el modelo de Araujo y Lima (2007), al partir del marco de análisis de Pasinetti (1993), involucra más restricciones que el MCRBP y, en consecuencia, obtiene resultados en términos per cápita. Estos autores proponen una solución alternativa, teniendo en cuenta la estructura estándar del modelo de Thirlwall. Parten de una economía compuesta por i sectores, cada uno sujeto a diferentes precios y elasticidades de ingreso de la demanda. Así, las exportaciones e importaciones de las ecuaciones (1) y (2) son:

$$x_i = \sum_{i=1}^k [\phi_{it}\eta_i(p_{dit} - p_{dit} - e_t) + \phi_{it}\varepsilon_i z_t] \quad (6)$$

$$m_t = \sum_{i=1}^k [\theta_{it}\psi_i(p_{fit} - p_{dit} + e_t) + \theta_{it}\pi_i y_t] \quad (7)$$

Donde ϕ_i y θ_i son la participación de cada sector en el total de exportaciones e importaciones, respetivamente (con $\sum_{i=1}^k \phi_{it} = 1$, $\sum_{i=1}^k \theta_{it} = 1$). De las ecuaciones (6) y (7) se sigue que las elasticidades globales son alteradas por los cambios en la composición sectorial de la economía o por los cambios en las elasticidades sectoriales. Sustituyendo (6) y (7) en la ecuación de equilibrio de balanza de pagos (3) se obtiene la ecuación (8).

$$y_{MSBOP} = \frac{\left(\sum_{i=1}^K [(\phi_{it}\eta_i + \theta_{it}\psi_i + 1)(p_{dit} - p_{fit} - e_t) + \phi_{it}\varepsilon_i z_t] \right)}{\sum_{i=1}^k \theta_{it}\pi_i} \quad (8)$$

Si se asume que los términos de intercambio son neutrales en el largo plazo, entonces,

$$y_{MSBOP} = \frac{\left(\sum_{i=1}^k \phi_{it}\varepsilon_i \right)}{\left(\sum_{i=1}^k \theta_{it}\pi_i \right)} z_t \quad (9)$$

Esta ecuación (9) llega a conclusiones similares a las de Araujo y Lima (2007), pero en términos de crecimiento del país. La ecuación muestra que los cambios en la composición del comercio –la participación sectorial, por ejemplo– afectan la tasa de crecimiento de largo plazo de un país compatible con una balanza de pagos de equilibrio. Por ende, la tasa de crecimiento de un país puede aumentar si

la composición de las exportaciones e importaciones cambia favorablemente, así la tasa de crecimiento del resto del mundo permanezca constante.

Los modelos de la ley de Thirlwall multisectorial son recientes y, por ello, la evidencia empírica de los efectos sectoriales sobre el crecimiento no es abundante. Romero y McCombie (2015) aplican su modelo para catorce países desarrollados, y encuentran que las elasticidades ingreso de la demanda más altas son las de los bienes con un alto contenido tecnológico y los productos primarios, que poseen un bajo contenido tecnológico, presentan las elasticidades ingreso de la demanda de las exportaciones más baja. En consecuencia, es importante que las economías se muevan de la producción de bienes simples a bienes con un contenido tecnológico superior. En síntesis, la tasa de crecimiento de un país depende de la estructura sectorial de la economía.

Gouvea y Lima (2010) hacen la aplicación empírica del modelo multisectorial de Araujo y Lima (2007), para una muestra de ocho países, cuatro de Suramérica y cuatro de Asia, para el periodo 1962-2006. Estos autores constatan que, en general, los sectores intensivos en tecnología poseen la mayor elasticidad ingreso de la demanda de exportaciones y que no existe mayor diferencia entre las elasticidades de las demandas de las importaciones. Es de resaltar que en la muestra se incluye a Colombia.

Cimoli *et al.* (2009) también emplean el modelo de Araujo y Lima (2007) para una muestra de veintinueve países desarrollados y en desarrollo. Concluyen que los países en desarrollo que han tenido éxito en reducir la brecha de ingresos con los países desarrollados y en desarrollo, son los que han transformado su estructura productiva hacia sectores con las mayores elasticidades ingreso de las exportaciones.

EVIDENCIA PARA COLOMBIA

En un marco de crecimiento multisectorial restringido por balanza de pagos resulta relevante identificar cuáles son los determinantes y cuál es el comportamiento en el tiempo del sector externo. Las exportaciones e importaciones dependen, básicamente, de los ingresos y de los precios relativos. Las *elasticidades* ingreso de la demanda y del precio del comercio externo miden el porcentaje de variación de las cantidades exportadas e importadas ante un cambio porcentual del ingreso externo o interno, respectivamente, o de los precios relativos (tipo de cambio real). Así, el *concepto de elasticidades* permite comprender el comportamiento del comercio exterior de un país, o de un sector de este, y sus posibilidades de crecimiento. Para este trabajo en particular, permite entender el comportamiento del comercio externo de cada sector de la economía colombiana y sus posibilidades de crecimiento, y los efectos agregados sobre el comportamiento de la economía.

Para la estimación empírica de las elasticidades de las exportaciones e importaciones se puede partir de las ecuaciones (10-11).

$$\ln X_{it} = \beta + \beta_i \ln Y_e + \delta_i \ln(TCR) + \mu_t \quad (10)$$

$$\ln M_{it} = \alpha + \alpha_i \ln Y_i + \phi_i \ln(TCR) + \mu_t \quad (11)$$

Con X_{it} , exportaciones del sector i ; M_{it} , importaciones del sector i ; TCR , tipo de cambio real $\left(\frac{P_i}{P_i^*}\right)$; Y_e , ingreso externo; Y_i , ingreso interno; \ln es el logaritmo natural; los β_i , δ_i , α_i y ϕ_i son los parámetros (elasticidades) a estimar para cada sector y μ_{it} es el término aleatorio de error.

Datos, fuentes de información y sectores

Las fuentes de información empleadas en esta investigación son del Dane (2019), el Departamento Nacional de Planeación (2019) y el Banco de la República (2019) de Colombia, a precios constantes de 2010. Con base en la información confiable y disponible que existe de comercio exterior, y para obtener resultados empíricos robustos, los sectores que se evalúan son el industrial, el agrícola y el minero, que son los más tradicionales de la economía colombiana⁴. Según datos del Dane, entre 1975 y 2016 estos tres sectores aportaron el 36,5 % del total del PIB, siendo el sector industrial el de mayor participación (16,9 %), seguido por el agrícola (14,1 %) y el minero (5,5 %); sin embargo, la participación de los sectores agrícola e industrial muestran una tendencia decreciente, mientras la del sector minero es creciente (tabla 1).

Tabla 1.

Participación (porcentual) promedio sectores en el PIB de Colombia

Sector	1975-1985	1986-1995	1996-2005	2006-2016	1975-2016
Agropecuario	21,5	17,0	10,3	7,0	14,1
Minero	2,2	5,5	5,5	8,8	5,5
Industria	20,6	17,3	15,2	13,9	16,9
Energía	1,6	2,8	3,8	3,9	3,0
Construcción	4,8	6,7	5,3	8,6	6,3
Comercio	9,9	10,0	9,5	8,2	9,4
Transporte	8,0	7,6	7,1	7,0	7,4
Financiero	15,0	15,5	19,4	20,7	17,6
Servicios	16,4	17,7	23,9	22,0	19,9

Fuente: elaboración propia con datos del Dane.

⁴ Industrial, agrícola, minero, energético, construcción, transporte, comercio, financiero y servicios.

En cuanto al crecimiento sectorial, entre 1975 y 2016, es el sector minero el de mejor comportamiento (8,6%), seguido por el industrial (2,4%) y, por último, el agrícola (0,9%). El sector industrial ha desempeñado históricamente un papel central en el crecimiento de la economía colombiana, pero su participación muestra una disminución en el ingreso nacional. El sector minero es el que menos aporta al PIB, pero es el de mayor crecimiento de los tres sectores. El sector agrícola presenta una caída constante en la participación de la economía, situación preocupante para la seguridad alimentaria del país (tabla 2).

Tabla 2.

Tasa de crecimiento (porcentual) promedio sectores economía colombiana, 1975-2016

Sector	1975-2016	1975-1985	1986-1995	1996-2005	2006-2016
Agropecuario	0,9	0,8	1,9	-2,4	2,9
Minero	8,6	13,9	7,7	9,6	3,8
Industria	2,4	2,2	3,0	2,0	2,4
Energía	7,6	13,4	8,7	5,7	3,3
Construcción	7,4	12,6	6,2	0,9	9,6
Comercio	3,2	3,5	3,0	2,4	4,0
Transporte	3,4	2,2	5,0	2,5	3,7
Financiero	4,9	4,8	6,6	4,0	4,4
Servicios	5,0	5,4	7,3	2,4	5,1

Fuente: elaboración propia con datos del Dane.

Es de resaltar que, según datos del Dane, estos tres sectores representan casi el total del comercio exterior colombiano en el periodo de análisis. En efecto, entre 1975 y 2016 las exportaciones industriales representaron el 41,6% de las exportaciones totales del país, las mineras el 28,6% y las agrícolas el 29,10%, para un acumulado del 99,3% del total nacional. De las importaciones totales del país, 88,5% corresponden al sector industrial, el 5,9% al agrícola y al minero el 5,0%, para un 99,4% del total nacional.

Formulación del modelo teórico

El análisis de las series de los datos empleados en esta investigación hace posible concluir que son de orden I (1) y que existe una ecuación (vector) de cointegración. Con lo anterior se infiere que existe una relación de largo plazo entre las variables de cada sector, tanto en los modelos de exportaciones como de importaciones. En consecuencia, es posible formular y estimar un modelo de corrección de errores (VEC, por sus siglas en inglés). Los VEC permiten captar las relaciones de largo y corto plazo entre las variables y calcular las elasticidades ingreso

y precio de las exportaciones e importaciones de cada sector. En su forma general, el VEC puede expresarse de la manera en que se muestra en la ecuación (12).

$$\Delta Y_t = \alpha\beta^3 Y_{t-1} + \sum_{i=1}^{\rho-1} \tau_i \Delta Y_{t-i} + \mu_t \quad (12)$$

Donde Y_t es un vector de k variables integradas de orden I (1), Y_{t-1} es el mismo vector de variables integradas Y_t rezagadas un periodo, $\alpha\beta^3$ son los coeficientes, Δ indica las primeras diferencias, μ_t son las innovaciones y τ_i es una matriz de coeficientes.

Con base en las ecuaciones (10) y (11) se estiman dos modelos para cada sector: uno para exportaciones y el otro para importaciones. La representación particular de los modelos de exportaciones e importaciones para cada sector i es como sigue:

1. Modelo de exportaciones:

$$[\Delta X_{it} \Delta Y_{e_{it}} \Delta TCR_{it}] = [\alpha_{i1} \alpha_{i2} \alpha_{i3}] (\beta_{i1} \beta_{i2} \beta_{i3}) [\Delta X_{i,t-1} \Delta Y_{e_{i,t-1}} \Delta TCR_{i,t-1}] + \tau [\Delta X_{i,t-1} \Delta Y_{e_{i,t-1}} \Delta TCR_{i,t-1}] \quad (13)$$

2. Modelo de importaciones:

$$[\Delta M_{it} \Delta Y_{i_{it}} \Delta TCR_{it}] = [\alpha_{i1} \alpha_{i2} \alpha_{i3}] (\beta_{i1} \beta_{i2} \beta_{i3}) [\Delta M_{i,t-1} \Delta Y_{i_{i,t-1}} \Delta TCR_{i,t-1}] + \tau [\Delta M_{i,t-1} \Delta Y_{i_{i,t-1}} \Delta TCR_{i,t-1}] \quad (14)$$

Estimación y resultados

En la tabla 3 se presenta el resumen de los resultados obtenidos⁵ de las elasticidades de largo plazo para las exportaciones e importaciones de cada sector. Las variables que se tomaron en cuenta para estimar los modelos de exportaciones fueron: exportaciones de cada sector (X_{it}), PIB de los veintidós principales socios comerciales con que Colombia tiene comercio⁶ (Ye) y tipo de cambio real (TCR). Y las variables que se consideraron para estimar los modelos de importaciones fueron: importaciones de cada sector (M_{it}), PIB de Colombia (Y_i) y TCR . Todas las variables se toman en logaritmos.

⁵ Estimados en EViews, versión 10.

⁶ Los países son los siguientes: Alemania, Argentina, Bélgica, Brasil, Canadá, Chile, Corea del Sur, Ecuador, España, Estados Unidos, Francia, Italia, Japón, México, Países Bajos, Perú, Panamá, Reino Unido, Suecia, Suiza y Venezuela.

Tabla 3.

Elasticidades de largo plazo para sectores económicos y a nivel nacional, 1975-2016

	Variable	Industria	Agricultura	Minero	Nacional
		1	2	3	4
Exportaciones	Y_e	0,32	1,14	1,85	0,77
		(-0,9846)	(-4,90958)	(-3,0448)	(-5,571)
	TCR	4,79	-3,83	4,8	0,8
		(-7,3099)	(1,99)	-4,1816	(-0,6969)
Importaciones	Y_i	1,5	0,76	1,42	1,42
		(-23,80)	(-13,3959)	(-20,5227)	(-21,568)
	TRC	-0,21	0,78	-0,27	-0,26
		(-1,3567)	(-1,893)	(-1,604)	(-1,68148)

Nota: entre paréntesis se presentan los (t) estadísticos. Esta tabla muestra las elasticidades ingreso de la demanda y del precio de los sectores industria, agricultura, minero y a nivel nacional. Y_e es el ingreso (PIB) de los 22 principales socios comerciales de Colombia; TCR es la tasa de cambio real (precio) de Colombia; y Y_i es el ingreso (PIB) de Colombia. Todas las series son estacionarias I(1) y están cointegradas; es decir, están relacionadas en el largo plazo. En las columnas 1, 2 y 3 se presentan las elasticidades ingreso y precios de cada sector y del país en la 4. Se estimaron modelos de corrección de errores (VEC). Los cálculos se hicieron en EViews versión 10.

Fuente: elaboración propia con datos del Dane y el Banco Mundial.

Análisis de resultados

1. *Modelos de exportaciones.* Con base en los resultados del VEC y con el ordenamiento del vector de variables cointegradas dado en (13), se tiene que el equilibrio de largo plazo del sistema para las exportaciones a nivel nacional y sectorial puede representarse como:

$$\text{Nivel nacional: } X_{yi} = 0,77 (Y_e) + 0,8 (TCR)$$

$$\text{Sector industrial: } X_i = 0,32 (Y_e) + 4,79 (ITCR)$$

$$\text{Sector minero: } X_m = 1,85 (Y_e) + 4,8 (ITCR)$$

$$\text{Sector agropecuario: } X_a = 1,14 (Y_e) - 3,83 (ITCR)$$

Los resultados muestran que la elasticidad ingreso de las exportaciones totales colombianas es inelástica (0,77) y significativa. Respecto a las elasticidades sectoriales, las del sector industrial son inelásticas (0,32) y no significativas ($t = -0,98$); mientras las de los sectores minero (1,85) y agropecuario (1,14) son elásticas y significativas. Esto significa que, ante un aumento del ingreso de los países con los que Colombia tiene tratados comerciales, las exportaciones que más responden son las del sector minero, seguidas por las del sector agropecuario; mientras, la respuesta de las exportaciones del sector industrial es muy baja.

No obstante, los resultados encontrados del sector industrial podrían deberse al abandono del sector con el cambio de política adoptado en el país desde la década de 1980, el escaso desarrollo tecnológico en el periodo de análisis y la depreciación del peso frente al dólar entre el 2003 y el 2014.

En cuanto al comportamiento de las exportaciones colombianas ante cambios en los precios (*TCR*), los resultados muestran un aumento muy importante tanto de las exportaciones industriales (4,79) como las del sector minero (4,8), y una disminución de las exportaciones agropecuarias (-3,8); aunque las exportaciones totales nacionales son inelásticas (0,8) y no significativas respecto al precio.

2. *Modelos de importaciones.* Con base en los resultados de los VEC y con el ordenamiento del vector de variables cointegradas dado en (14), se tiene que el equilibrio de largo plazo del sistema para las importaciones a nivel agregado y sectorial puede representarse como:

Nivel nacional: $M_{yi} = 1,42 (Y_i) - 0,26 (TCR)$

Sector industrial: $M_i = 1,5 (Y_i) - 0,21 (ITCR)$

Sector minero: $M_m = 1,42 (Y_i) - 0,27 (ITCR)$

Sector agropecuario: $M_a = 0,76 (Y_i) + 0,78 (ITCR)$

Los resultados indican que, ante un incremento en el ingreso interno, aumentan las importaciones totales del país (elásticas: 1,42), al igual que las del sector industrial (elásticas: 1,5) y minero (1,42); mientras las importaciones del sector agropecuario tienen una respuesta menor (inelásticas: 0,76). Respecto a los precios (*TCR*), los resultados muestran, tanto a nivel nacional como sectorial, que las importaciones son inelásticas y no significativas; es decir, las importaciones colombianas han disminuido o no responden ante cambios en los precios.

La conclusión general es que, tanto el ingreso externo como la tasa de cambio real (precio) determinan las exportaciones sectoriales colombianas, y el ingreso interno es la variable más relevante que determina las importaciones. Estos resultados son de esperarse si se tiene en cuenta que en el periodo de análisis la moneda colombiana se devaluó.

CRECIMIENTO MULTISECTORIAL, REAL Y DE THIRLWALL

La ley de Thirlwall se puede calcular mediante la ecuación (5), y la ley de Thirlwall multisectorial se puede calcular a través de la ecuación (9). Los valores estimados de cada una de las variables se presentan en la tabla 4, donde ε_i es la elasticidad ingreso de la demanda de las exportaciones del sector i , π_i es la elasticidad ingreso de la demanda por importaciones del sector i , ϕ_{it} es la participación del sector i en las exportaciones totales, θ_{it} es la participación del sector i en las importaciones

totales y z es la tasa de crecimiento de los veintidós principales socios comerciales de Colombia.

Tabla 4.

Valores variables crecimiento multisectorial colombiano, 1975-2016

Sector	ϕ_i	θ_i	ε_i	π_i	z	$\phi_i^* \varepsilon_i$	$\theta_i^* \pi_i$
Agrícola	0.291	0.059	1.14	0.76	0.031	0.332	0.045
Minero	0.286	0.050	1.85	1.42	0.031	0.529	0.071
Industrial	0.416	0.885	0.32	1.5	0.031	0.133	1.328

Nota: esta tabla presenta los valores estimados de cada una de las variables, para estimar la ecuación (5) y (9). ε_i es la elasticidad ingreso de la demanda de las exportaciones del sector i , π_i es la elasticidad ingreso de la demanda por importaciones del sector i , ϕ_i es la participación del sector i en las exportaciones totales, θ_i es la participación del sector i en las importaciones totales y z es la tasa de crecimiento de los 22 principales socios comerciales de Colombia.

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con los datos de las tablas 3 y 4, en la tabla 5 se presenta la tasa de crecimiento multisectorial (Yms), el crecimiento bajo la ley de Thirlwall (Yt), el crecimiento real (Yr) y las diferencias entre el crecimiento real y multisectorial, y real y de Thirlwall.

Tabla 5.

Tasa de crecimiento (porcentual) multisectorial de Thirlwall y real, 1975-2016

	Yms	Yr	$Yr - Yms$	YT	$Yr - Yt$
Crecimiento %	2,12	3,80	1,68	3,38	0,42

Nota: los cálculos se basan en las ecuaciones (5) y (9), los valores se toman de las tablas 6 y 7. Yms es la tasa de crecimiento multisectorial, Yr es el crecimiento real, Yt es el crecimiento bajo la ley de Thirlwall, $Yr - Yms$ es la diferencia entre el crecimiento real y multisectorial, $Yr - Yt$ es la diferencia entre el crecimiento real y de Thirlwall.

Fuente: elaboración propia.

Los resultados permiten concluir que: (i) el método utilizado predice de manera adecuada la tasa de crecimiento de la economía; (ii) tanto la ley de Thirlwall multisectorial como la ley de Thirlwall calculadas, son buenos predictores de la tasa de crecimiento real de la economía colombiana; y (iii) el modelo usado es robusto.

Si se observan las diferencias entre el crecimiento real de la economía y la ley de Thirlwall multisectorial (1,68), y la diferencia entre el crecimiento real de la economía y la ley de Thirlwall (0,42), la última es menor, lo que quiere decir que esta última se ajusta mejor para predecir el comportamiento de la economía. Sin

embargo, no debe olvidarse que estamos incluyendo solo tres sectores del total de los nueve sectores que componen la economía.

PARTICIPACIÓN MULTISECTORIAL EN EL CRECIMIENTO

Un interrogante importante es, qué tanto aporta al crecimiento cada uno de los sectores desde el enfoque de crecimiento multisectorial y del convencional o crecimiento real de la economía⁷. La contribución de cada uno de los sectores al crecimiento desde el enfoque multisectorial se puede obtener estimando la ecuación (9) para cada uno de los sectores, de la manera que muestra la ecuación (15).

$$y_{MSBOP} = \frac{\phi_I \varepsilon_I}{\theta_I \pi_I} z_I + \frac{\phi_A \varepsilon_A}{\theta_A \pi_A} z_A + \frac{\phi_M \varepsilon_M}{\theta_M \pi_M} z_M \quad (15)$$

Donde los numeradores son la participación de cada sector dentro del total de las exportaciones, multiplicada por la elasticidad ingreso de las exportaciones de cada sector y por la tasa de crecimiento de los principales veintidós socios comerciales del país; y los denominadores son la participación de cada sector dentro del total de importaciones, multiplicada por la elasticidad ingreso de las importaciones de cada sector.

Los cálculos revelan que el sector minero aporta el 22,9% del total de crecimiento multisectorial, el agrícola el 22,7% y el industrial solo el 0,3%, para un total de 45,9%. Ahora, desde el crecimiento convencional, el sector industrial participa con el 16,9%, el agrícola con el 14,1% y el minero con el 5,5%, para un total de 36,5% (tabla 6).

Como se observa, los resultados obtenidos desde el enfoque multisectorial son muy diferentes a los que arroja el cálculo convencional de la macroeconomía. En particular, mientras desde el enfoque tradicional el sector industrial es el más importante para el crecimiento, seguido por el agrícola y el minero –con una participación muy pequeña–; desde el enfoque multisectorial de Thirlwall los resultados evidencian todo lo contrario: los sectores minero y agrícola contribuyen de manera importante al crecimiento, mientras el sector industrial tiene un aporte muy pequeño.

No obstante, estos resultados son comprensibles si tenemos en cuenta: (i) desde el enfoque de la ley de Thirlwall multisectorial la demanda externa es fundamental para explicar el crecimiento; y (ii) los resultados obtenidos para los sectores se logran con base en las elasticidades ingreso de las exportaciones y de las importa-

⁷ El crecimiento convencional o real de la economía se hace de acuerdo con la denominada ecuación macroeconómica básica: PIB = C + I + GN + XN. Donde PIB es el producto interno bruto, C es el consumo, I es la inversión, GN es el gasto neto del gobierno y XN son las exportaciones netas.

ciones, y la participación de cada uno de los sectores en el total de exportaciones e importaciones. Es decir, los valores se obtienen a partir de métodos y variables muy distintas al enfoque tradicional.

Tabla 6.

Participación (porcentual) promedio sectores en el PIB de Colombia

Sector	1975-1985	1986-1995	1996-2005	2006-2016	1975-2016
Agropecuario	21,5	17,0	10,3	7,0	14,1
Mínero	2,2	5,5	5,5	8,8	5,5
Industria	20,6	17,3	15,2	13,9	16,9
Energía	1,6	2,8	3,8	3,9	3,0
Construcción	4,8	6,7	5,3	8,6	6,3
Comercio	9,9	10,0	9,5	8,2	9,4
Transporte	8,0	7,6	7,1	7,0	7,4
Financiero	15,0	15,5	19,4	20,7	17,6
Servicios	16,4	17,7	23,9	22,0	19,9

Fuente: elaboración propia con datos del Dane.

Nótese que desde el MCRBP el aporte de cada sector al crecimiento depende tanto de la participación en el total de las exportaciones e importaciones como de las elasticidades ingreso de la demanda, más que del volumen total externo –exportaciones más importaciones– de cada uno de los sectores. Esto explica el efecto insignificante del sector industrial sobre el crecimiento colombiano, a pesar de ser el sector con la mayor participación en el total de las importaciones y de las exportaciones.

Adicionalmente, el sector industrial ha sido afectado, sin duda, por el cambio de política implementada en el país desde la década de 1980, el pobre avance en ciencia, tecnología e innovación (CTeI) de Colombia y la depreciación de nuestra moneda frente al dólar entre el 2003 y el 2014.

Ahora, la ley de Thirlwall multisectorial establece que la economía puede crecer aun permaneciendo constante tanto el ingreso externo como el interno, si el país aumenta las exportaciones del sector que tienen la elasticidad ingreso de la demanda más altas o disminuyendo las importaciones del sector que posean la elasticidad ingreso de la demanda de las importaciones mayores.

En las tablas 7 y 8 se presentan dos ejemplos de qué pasaría si, manteniendo el mismo nivel actual de exportaciones e importaciones, (i) las exportaciones del sector minero amplían su participación en el total de las exportaciones en un 10 % y las del sector industrial disminuyen en igual porcentaje, y (ii) las importaciones del sector industrial disminuyen en 38,5 % del total de las importaciones y las del sector agrícola aumentan en igual porcentaje. Como se esperaba de nues-

tros modelos, en ambos casos el crecimiento colombiano aumenta: de un 2,12 % a 2,25 %, en el primer caso, y de un 2,12 % a 2,63 %, en el segundo caso.

Tabla 7.

Efectos sobre el crecimiento de un aumento de las exportaciones de la minería y una baja de las exportaciones de la industria

Sector	ϕ_u	θ_u	ε_i	π_i	z	$\phi_u^* \varepsilon_i$	$\theta_u^* \pi_i$	Yms
Agrícola	0.291	0.059	1.14	0.76	0.028	0.332	0.045	
Minero	0.386	0.050	1.85	1.42	0.028	0.714	0.071	
Industrial	0.316	0.885	0.32	1.5	0.028	0.101	1.328	
Total	0.993	0.994	0.77	1.42	0.028	1.147	1.443	2.25

Nota: esta tabla muestra los efectos sobre el crecimiento de la economía colombiana si las exportaciones del sector minero aumentan su participación en el total de las exportaciones en un 10 % y las del sector industrial disminuyen en igual porcentaje.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 8.

Efectos sobre el crecimiento de una disminución en las importaciones del sector industrial y un aumento de las del sector agrícola

Sector	ϕ_u	θ_u	ε_i	π_i	z	$\phi_u^* \varepsilon_i$	$\theta_u^* \pi_i$	Yms
Agrícola	0.291	0.444	1.14	0.76	0.031	0.332	0.337	
Minero	0.286	0.050	1.85	1.42	0.031	0.529	0.071	
Industrial	0.416	0.500	0.32	1.5	0.031	0.133	0.750	
Total	0.993	0.994	0.77	1.42	0.031	0.994	1.158	2.63

Nota: esta tabla muestra los efectos sobre el crecimiento de la economía colombiana si las importaciones del sector industrial disminuyen en 38,5% del total de las importaciones y las del sector agrícola aumentan en igual porcentaje.

Fuente: elaboración propia.

Estos resultados deben ser analizados, de nuevo, con cuidado. En efecto, estos se explican por las elasticidades que se han estimado y la participación de las exportaciones de cada sector dentro del total. Un aspecto fundamental que no tiene en cuenta el MCRBP es la CTeI que requiere cada sector. El pobre desempeño en CTeI en Colombia, podría explicar, en parte, los resultados obtenidos del sector industrial que es, regularmente, más intensivo en CTeI que los demás sectores.

ANÁLISIS ESTRUCTURAL

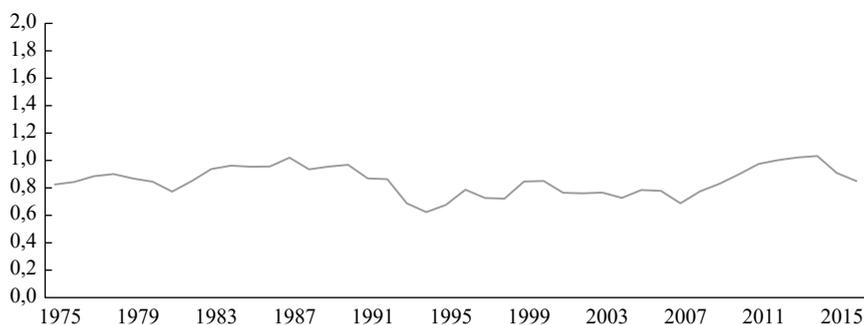
El método de análisis que hemos utilizado consiste en emplear las elasticidades de ingresos sectoriales estimadas y ponderarlas por la participación anual de cada

sector en el total de importaciones y exportaciones. En consecuencia, este método permite captar el impacto del cambio estructural (Gouvea y Lima, 2010), identificado aquí con el cambio en la composición sectorial de exportaciones e importaciones, sobre el cambio en las elasticidades agregadas.

La figura 1 muestra la evolución de la relación entre la elasticidad ingreso ponderada de las exportaciones y la elasticidad ponderada de los ingresos de las importaciones, que generan las tasas de crecimiento correspondiente a la ley de Thirlwall multisectorial, según el modelo multisectorial y para la tasa de crecimiento dada de los veintidós principales socios comerciales de Colombia.

Figura 1.

Evolución de la relación entre la elasticidad ingreso ponderada de las exportaciones y la elasticidad ingreso ponderada de las importaciones, 1975-2016



Nota. Se muestra la relación entre la elasticidad ingreso ponderada de las exportaciones y la elasticidad ingreso ponderada de las importaciones.

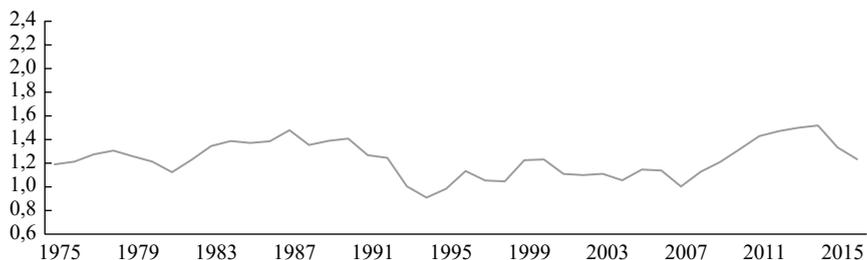
Fuente: elaboración propia.

Los resultados indican que en Colombia no ha cambiado la composición de las exportaciones e importaciones, de tal manera que aumente la tasa de crecimiento restringida por balanza de pagos. Este resultado es consistente con los hallazgos de Gouvea y Lima (2010).

De igual manera, este resultado es consistente con la evolución de las elasticidades ingreso ponderadas de las exportaciones e importaciones presentadas en las figuras 2 y 3, respectivamente. Como se observa, la evolución de la elasticidad ingreso ponderada de las exportaciones es más volátil que la de las importaciones; siendo menor en algunos casos y mayor en otros. Los resultados de Gouvea y Lima (2010), que coinciden con los de este trabajo, muestran que los países asiáticos, y México, han crecido debido a una evolución progresiva de las elasticidades ingreso ponderadas de las exportaciones frente a las elasticidades ingreso ponderadas de las importaciones.

Figura 2.

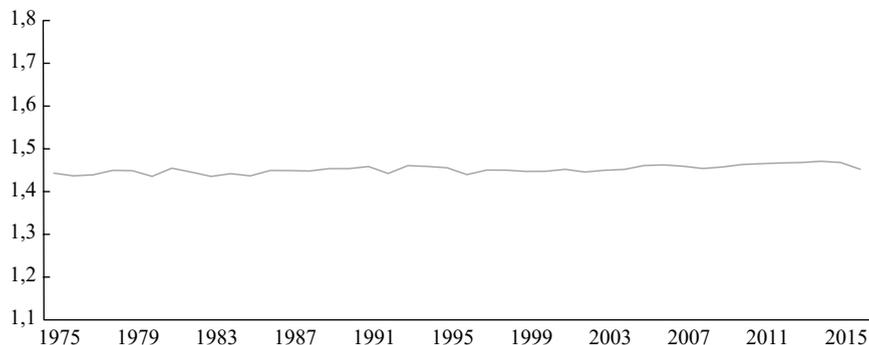
Evolución de las elasticidades ingreso ponderadas de las exportaciones, 1975-2016



Fuente: elaboración propia.

Figura 3.

Evolución de las elasticidades ingreso ponderadas de las importaciones, 1975-2016



Fuente: elaboración propia.

Los hallazgos permiten concluir que, en el periodo de análisis, las exportaciones colombianas no han evolucionado hacia las exportaciones de los bienes con elasticidad ingreso ponderada de la demanda más altas ni hacia las importaciones de bienes con elasticidad ingreso ponderada de las importaciones más bajas. Es decir, en Colombia no se ha presentado un cambio estructural que conduzca a la mayor producción y exportación de bienes de alto contenido tecnológico y a la disminución de importación de bienes de alto contenido tecnológico. Esta conclusión es consistente con los hallazgos de autores como Cimoli *et al.* (2009) y Gouvea y Lima (2010).

CONCLUSIONES

Este documento aborda los efectos del sector externo sobre el crecimiento de la economía en Colombia desde un enfoque de crecimiento restringido de balanza de

pagos formulado por Thirlwall. De los nueve sectores que componen la estructura productiva de Colombia, las exportaciones e importaciones son explicadas, en un alto porcentaje, por los sectores industrial, agrícola y minero.

El sector de mayor participación en el sector externo es el industrial; sin embargo, su tendencia desde mediados de la década de 1970 es decreciente, en especial en el total de las exportaciones; mientras la participación del sector minero es creciente. Los sectores agrícola e industrial tienen una tendencia decreciente en la participación del ingreso nacional; mientras que el sector minero muestra una tendencia creciente, y es el de mayor crecimiento de los tres sectores, pero es el de menor participación en el PIB.

Desde el enfoque de Thirlwall, el ingreso es la principal variable que explica el comportamiento de las elasticidades del sector externo colombiano. Las exportaciones totales del país son inelásticas y las importaciones son elásticas, hecho que explica el déficit recurrente de la balanza comercial.

Situación similar se presenta en el sector industrial, aunque el déficit comercial observado en este sector es permanente y creciente, en especial a partir del cambio de modelo de desarrollo en la década de 1990. El comportamiento de la balanza comercial del sector industrial explica en gran parte el déficit observado en la balanza comercial del país, si tenemos en cuenta que este sector es el de mayor participación tanto en el total de las importaciones como en el de las exportaciones colombianas.

En términos de crecimiento multisectorial, el sector industrial presenta las condiciones menos favorables de los tres en términos del sector externo: sus exportaciones son las más inelásticas y las importaciones son las más elásticas respecto al ingreso. El sector minero posee unas exportaciones e importaciones elásticas respecto al ingreso, aunque la de las exportaciones es mayor. El sector agrícola evidencia unas exportaciones elásticas y unas importaciones inelásticas respecto al ingreso.

En referencia a la elasticidad precio, las exportaciones de los tres sectores son elásticas, aunque las del sector agrícola son negativas. Las elasticidades precio de las importaciones de los tres sectores no son significativas.

Los resultados encontrados en esta investigación permiten entender por qué, en el periodo de análisis, los sectores que más aportan al crecimiento colombiano son el minero y el agrícola; mientras el industrial hace un aporte menor, en contraste con lo observado de la participación de cada uno de los sectores en el ingreso nacional.

Se debe resaltar, con todo, que los resultados obtenidos del sector industrial podrían deberse al abandono del sector por el cambio de política adoptado en el país desde la década de 1980, el escaso desarrollo tecnológico en el periodo de análisis y la depreciación del peso frente al dólar entre el 2003 y el 2014.

La evidencia muestra que, en los países que más han crecido desde finales del siglo pasado el sector industrial ha ejercido un papel central. Este hecho, junto a nues-

tros hallazgos, lleva a recomendar un replanteamiento de las políticas industriales actuales. Es necesario que el sector industrial recupere el rol cardinal que desempeñó en el crecimiento colombiano desde comienzos del siglo XX hasta finales de la década de 1970, si se quiere alcanzar tasas altas y sostenidas de crecimiento.

Los resultados coinciden en gran medida con los hallazgos de la literatura existente, aunque la división sectorial de este trabajo no coincide exactamente con la de otros estudios. Los resultados que no coinciden son los del sector industrial. La respuesta, a esto último, podría deberse, como lo hemos resaltado, a que la economía colombiana no ha sido impulsada por la innovación tecnológica (Sánchez, 2011, 2013; Sánchez-Ruiz y Sánchez-Pérez, 2021), a los bajos niveles de productividad del sector y al abandono estatal del sector industrial desde finales de la década de 1980, debido al cambio de modelo de desarrollo.

Los resultados muestran que en Colombia no se ha presentado un cambio en su estructura productiva que impulse un mayor crecimiento económico. Nuestra recomendación para impulsar el crecimiento del país es que se aumente la inversión y desarrollo en CT&I en los sectores industrial y agroindustrial donde Colombia cuenta con ventajas comparativas y se impulse dichas exportaciones. El resultado será seguridad alimentaria, avance tecnológico y mayor crecimiento y desarrollo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad Militar Nueva Granada por la financiación del proyecto “Sector externo, crecimiento y productividad sectorial: el caso colombiano (código IMP EES-2292)”, del cual se deriva este artículo y otros documentos de trabajo.

REFERENCIAS

1. Araujo, R., & Lima, G. (2007). A structural economic dynamics approach to balance-of-payments-constrained growth. *Cambridge Journal of Economics*, 31(5), 755-774. <https://doi.org/10.1093/cje/bem006>
2. Banco de la República. (2019). <https://www.banrep.gov.co/es>
3. Cimoli, M., Porcile, G., & Rovira, S. (2009). Structural change and the BOP-constraint: why did Latin America fail to converge? *Cambridge Journal of Economics*, 34(2), 389-411. <https://doi.org/10.1093/cje/ben060>
4. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2007). *Progreso técnico y cambio estructural en América Latina*. Cepal.
5. Davidson, P. (1997). A post keynesian positive contribution to “theory”. *Journal of Post Keynesian Economics*, 13(2), 298-303. 10.1080/01603477.1990.11489849

6. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2019). Encuesta anual manufacturera (EAM). <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/industria/encuesta-anual-manufacturera-enam>
7. Departamento Nacional de Planeación. (2019). <https://www.dnp.gov.co/>
8. Elliot, D. R., & Rhodd, R. (1999). Explaining growth rate differences in highly indebted countries: an extension to Thirlwall and Hussain. *Applied Economics*, 31(9), 1145-1148. 10.1080/000368499323634
9. Ferreira, A., & Canuto, O. (2001). Thirlwall's law and foreign capital service: the case of Brazil. *Journal of Post Keynesian Economics*, 32(1), 115-136. 10.2753/PKE0160-3477320108
10. García, M. M., & Quevedo, C. A. (2005). Crecimiento económico y balanza de pagos: evidencia empírica para Colombia. *Cuadernos de Economía*, 24(43).
11. Gouvea, R. R., & Lima, G. (2010). Structural change, balance of payments constraint and economic growth: evidence from the multi-sectoral Thirlwall's law. *Journal of Post Keynesian Economics*, 33(1), 169-204. 10.2753/PKE0160-3477330109
12. Grossman, G. M., & Helpman, E. (1989). Comparative advantage and long-run growth. *American Economic Review*, 80(4), 796-815. 10.3386/w2809
13. Harrod, R. F. (1939). An essay in dynamic theory, wiley on behalf of the Royal Economic Society. *Economic Journal*, 49(193), 14-33. 10.2307/2225181.
14. Keynes, J. M. (1978). *The General Theory of Employment, Interest and Money*. Cambridge University Press.
15. Lopez, J., & Cruz, A. (2000). Thirlwall's law and beyond: the Latin American Experience. *Journal of Post Keynesian Economics*, 22(3), 477-495.
16. Malthus, T. (1978). *An Essay On The Principle Of Population*. Penguin Classics.
17. Márquez, Y. (2006). Estimaciones econométricas del crecimiento en Colombia mediante la ley de Thirlwall. *Cuadernos de Economía*, XXV(44), 119-142.
18. McCombie, J. S. L., & Thirlwall, A. P. (1994). *Economic Growth and the Balance of Payments Constraint*. Palgrave Macmillan.
19. Moreno-Brid, J., & Pérez, E. (2000). Balance of payments constrained growth in Central America: 1950-96. *Journal of Post Keynesian Economics*, 22(1), 131-147. 10.1080/01603477.1999.11490231
20. Moreno-Brid, J. C. (2003). Capital Flows, Interest Payments and the Balance of Payments Constrained Growth Model: A theoretical and empirical analysis. *Metroeconomica*, 54(2), pp. 346-365.

21. Pasinetti, L. (1981). *Structural Change and Economic Growth: a Theoretical Essay on the Dynamics of the Wealth of the Nations*. Cambridge University Press.
22. Pasinetti, L. (1993). *Structural Economic Dynamics. A Theory of the Economic Consequences of Human Learning*. Cambridge University Press.
23. Prebisch, R. (1950). *The Economic Development of Latin America and Its Principal Problems*. United Nations Department of Economic Affairs, Economic Commission for Latin America.
24. Romero, J., & McCombie, J. (2015). The multi-sectoral Thirlwall's law: evidence from 14 developed European countries using product-level data. *International Review of Applied Economics*, 30(3), 301-325. 10.1080/02692171.2015.1102207
25. Sánchez, G. (2011). Conocimiento y crecimiento colombiano: una aproximación a través del progreso tecnológico y el cambio técnico. *Revista de la Facultad de Ciencias Económicas: Investigación y Reflexión*, 19(2).
26. Sánchez, G. (2013). El conocimiento en la economía global y colombiana. *Revista de la Facultad de Ciencias Económicas: Investigación y Reflexión*, XXI(2).
27. Sánchez-Ruiz, H., & Sánchez-Pérez, G. (2021). Productividad en Colombia: un desafío pendiente. *Ensayos de Economía*, 31(58), 36-67. <https://doi.org/10.15446/ede.v31n58.88625>
28. Thirlwall, A. P. (1979). The balance of payments constraints as an explanation of international growth rate differences. *PSL Quarterly Review*, 64(259), 429-438.
29. Thirlwall, A. P. (2011). Balance of payments constrained growth models: history and overview. En E. Soukiazis & P. A. Cerqueira (Eds.), *Models of Balance of Payments Constrained Growth*. Palgrave Macmillan.
30. Velasco, R. (2006). ¿Hay restricción externa del crecimiento en Colombia de 1925 a 2000? *Cuadernos de Economía*, 25(44), 99-118.

**EL COMERCIO INTERINDUSTRIAL E
INTRAINDUSTRIAL DE UN PRODUCTO
AGRÍCOLA: UNA EVALUACIÓN DE LA PAPA EN
COLOMBIA, 1992-2019**

José Mauricio Gil León
Jhancarlos Gutiérrez Ayala

Gil León, J. M., & Gutiérrez Ayala, J. (2023). El comercio interindustrial e intraindustrial de un producto agrícola: una evaluación de la papa en Colombia, 1992-2019. *Cuadernos de Economía*, 42(90), 573-602.

En este artículo se realiza la clasificación de las relaciones comerciales inter e intraindustriales de la papa de Colombia respecto de 56 socios para el periodo 1992-2019. Esto se analiza mediante el índice de Grubel y Lloyd y tres modelos

J. M. Gil León

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Boyacá, Colombia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5653-5245>. Correo electrónico: josemauricio.gil@uptc.edu.co

J. Gutiérrez Ayala

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Grupo de investigación CREPIB, Tunja, Boyacá, Colombia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4756-7683>. Correo electrónico: jhancarlos.gutierrez@uptc.edu.co

Sugerencia de citación: Gil León, J. M., & Gutiérrez Ayala, J. (2023). El comercio interindustrial e intraindustrial de un producto agrícola: una evaluación de la papa en Colombia, 1992-2019. *Cuadernos de Economía*, 42(90), 573-602. <https://doi.org/10.15446/cuadernos.v42n90.97124>

Este artículo fue recibido el 6 de julio de 2021, ajustado el 25 de enero de 2023 y su publicación aprobada el 3 de marzo de 2023.

gravitacionales, que evalúan la incidencia del PIB, población, distancia, firma de acuerdos comerciales e idioma sobre las dinámicas comerciales. Los resultados evidencian que las dinámicas comerciales de la papa son de carácter intraindustrial; aunque al diferenciar entre la comercialización de papa fresca y papa transformada, se reporta una dependencia de Colombia en la exportación de la primera y la importación de la segunda. Se encuentra un efecto negativo de la firma de TLC sobre las exportaciones y positivo sobre las importaciones, lo que lleva a validar la condición interindustrial asociada a la importación de papa transformada y el efecto negativo del comercio internacional en el sector.

Palabras clave: comercio interindustrial; comercio intraindustrial; sector agrícola; papa; modelo gravitacional.

JEL: C51, F13, F14, F53.

Gil León, J. M., & Gutiérrez Ayala, J. (2023). Inter-industrial and intra-industrial trade of an agricultural product: An evaluation of potatoes in Colombia, 1992-2019. *Cuadernos de Economía*, 42(90), 573-602.

This article classifies the inter- and intra-industry trade relations of Colombian potatoes with respect to 56 partners for the period 1992-2019. This is analyzed using the Grubel and Lloyd index and three gravity models, which evaluate the incidence of GDP, population, distance, signing of trade agreements and language on trade dynamics. The results show that potato trade dynamics are of an intra-industry nature; although when differentiating between the commercialization of fresh and processed potatoes, Colombia's dependence on the export of the former and the import of the latter is found. A negative effect of the signing of FTAs on exports and a positive effect on imports is found, which leads to validate the inter-industrial condition associated with the import of processed potatoes and the negative effect of international trade on the sector.

Keywords: Inter-industry trade; Intra-industry trade; agricultural sector; potatoes; gravity model.

JEL: C51, F13, F14, F53.

INTRODUCCIÓN

Las teorías de comercio internacional desarrolladas desde el mercantilismo, pasando por la ventaja absoluta de Adam Smith, la ventaja comparativa de David Ricardo, el modelo de Heckscher-Ohlin y el enfoque de geografía económica de Krugman, solo por mencionar algunos autores, han pretendido responder al porqué una nación realiza intercambios comerciales de bienes y servicios y cuáles son los determinantes que llevan a que dos naciones establezcan algún tipo de relacionamiento comercial.

En el enfoque tradicional del comercio internacional un país exporta cierto producto a otro de acuerdo con la dotación relativa de factores, esto es, que los países tienden a especializarse en la producción y exportación de aquellos bienes que son intensivos en el factor más abundante de la economía. Estos postulados han sido punto de análisis de autores como Tinbergen (1962), Anderson (1979) y Bergstrand (1989), quienes proponen que las dinámicas internacionales no solo dependen de la dotación de factores y la especialización productiva, sino que condiciones como el tamaño de la economía, la distancia entre naciones e incluso condiciones como compartir idioma o frontera actúan como determinantes del comercio internacional¹.

Partiendo de estas ideas se concibe la existencia del comercio intra e interindustrial, conceptos que reflejan la condición de un país para ser importador o exportador de un bien o servicio; es decir, si bien es cierto que puede presentarse una especialización como exportador o importador, también se pueden presentar las dos cosas a la vez, esto es, países importadores y exportadores de este bien o bienes de una misma industria. La inclusión de variables adicionales forma el conocido modelo gravitacional. Este modelo fue desarrollado por Tinbergen (1962) adaptado de la teoría física propuesta, en la que se pretende observar la forma en que el tamaño de una economía y la distancia que separa a dos naciones inciden en el comportamiento de sus relaciones comerciales.

Adicionalmente, el modelo gravitacional permite estimar el efecto que tienen condiciones como los tratados de libre comercio (TLC), frontera, idioma, relacionamiento cultural y otras variables que se escapaban de los planteamientos más tradicionales. Según Aragón y Awakon (2015) el modelo desde su formulación ha sido ampliamente usado para evaluar el impacto de acuerdos comerciales y verificar el carácter intra e interindustrial del comercio internacional. En el caso de Colombia, el modelo gravitacional ha sido usado principalmente para evaluar los efectos de la firma de TLC, donde los estudios realizados por Cárdenas y García

¹ Al respecto, para la economía colombiana destacan los trabajos de Pombo (1994) y Caicedo-Marulanda y Mora-Rodríguez (2011), quienes estudian las dinámicas de comercio internacional en la economía colombiana. Los autores encuentran que en el país existe una tendencia a aprovechar las ventajas comparativas “adquiridas a través de los esfuerzos de reconversión y modernización de los agentes productivos, que generan aprendizajes y complementariedades entre los factores” (Pombo, 1994, p. 18). El país cuenta con una especialización en cuanto a las exportaciones de materias minerales y vegetales y la importación de bienes manufacturados.

(2004) y Bolívar *et al.* (2015) emplean el total del volumen comercial del país. Sin embargo, al buscar estudios específicos para algunas industrias o productos, no se encuentran resultados muy significativos, lo que evidencia un posible vacío en el estudio del comercio internacional del país.

En Colombia durante 2019-2021 se presentó una reducción del precio de la papa explicada por la disminución del consumo de este bien, el aumento de los costos de producción y especialmente por el incremento de las importaciones de papa transformada provenientes de la Unión Europea y de los Estados Unidos. Montiel (2013) y Escobar (2005) plantean que los TLC son un problema para los productores de papa, pues cuentan con bajos niveles de productividad y falta de apoyo estatal. En el contexto de la comercialización internacional, se espera que las importaciones de papa impliquen la existencia de un competidor directo sobre los productores nacionales, y las exportaciones incentiven la producción nacional².

En este escenario, este artículo evalúa el carácter intraindustrial e interindustrial del comercio de papa en Colombia, con datos de exportaciones (X) e importaciones (M) del producto³ obtenidos de los microdatos del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (Dane) para el periodo 1992-2019. El análisis se efectúa mediante el cálculo del índice de comercio intraindustrial de Grubel y Lloyd (1971) y la estimación de tres modelos gravitacionales que consideran el efecto del tamaño de los países, la distancia que los separa y un conjunto de variables dicotómicas⁴ sobre el volumen comercial (exportaciones e importaciones de papa). Esto con el objetivo de identificar factores relacionados con el desempeño de los productores en el escenario internacional y el efecto causado por la firma de acuerdos comerciales.

Este artículo se divide en seis secciones incluyendo esta introducción. La segunda presenta una revisión teórica y de antecedentes referente al comercio intraindustrial y el modelo gravitacional. En la tercera sección se detallan los modelos gravitacionales y la metodología de explicación que se considera más apropiada. La cuarta expone el análisis de las principales variables asociadas a la producción y el comercio internacional de papa en Colombia. En la quinta se muestran y discuten los resultados más importantes del estudio. Finalmente, se entregan algunas conclusiones generales.

² Sobre la firma de un TLC con Estados Unidos Escobar (2005) plantea que “La percepción de los agricultores dedicados al cultivo de la papa [...] apunta a mejorar su producción, industrializarse, asociarse o cambiar de tipo de siembra”.

³ El análisis se realiza para tres categorías: (i) X y M totales de papa, (ii) X y M de papa en fresco y (iii) X y M de papa transformada.

⁴ Como: si comparten idioma, frontera o se tiene algún acuerdo comercial.

REVISIÓN TEÓRICA Y ANTECEDENTES

De acuerdo con Martín y Orts (1996) son pocos los temas que han preocupado tanto a los economistas como explicar el patrón de comercio internacional, por ello, varias teorías han pretendido su dinámica, tales como: la ventaja absoluta, la ventaja comparativa, la especialización en el uso de factores y las economías de escala. El enfoque que se ha establecido como la teoría general del comercio internacional es el modelo de Heckscher-Ohlin, que involucra las ventajas comparativas, las economías de escala y la diversificación de productos (Rossler, 2009). El modelo plantea que el patrón de comercio se basa en la dotación relativa de los factores de producción, por lo que los países que cuentan con abundancia relativa de un factor se especializan en la exportación de bienes de industrias intensivas en dicho factor (Bolívar *et al.*, 2015).

El enfoque fue aceptado hasta el trabajo empírico de Leontief (1953), quien observó resultados contradictorios (Bolívar *et al.*, 2015), porque evidenció que Estados Unidos exportaba bienes intensivos en mano de obra, a pesar de ser uno de los países con mayor dotación de capital del mundo, siendo esto un punto para la explicación del papel del capital humano en el patrón de comercio, no la mano de obra tradicional (Martín y Orts, 1996). Dentro de las razones se encuentran: la diferenciación en las dotaciones relativas de factores productivos entre los distintos países y el papel de los países con características muy similares (Martín y Orts, 1996; Rossler, 2009; Yaselga y Aguirre, 2018). Esto implica que un país puede ser importador y exportador de un mismo tipo de producto a la vez, por lo que el único factor diferenciador es la capacidad de generar economías de escala⁵. Esta concepción es el comercio intraindustrial.

Dentro de las condiciones que influyen en las dinámicas del comercio intraindustrial entre dos naciones se pueden mencionar al tamaño relativo del mercado y a la estructura tarifaria existente (Lucángeli, 2007; Rossler, 2009). En este orden de ideas, es posible identificar la existencia de comercio intraindustrial a partir de la relación de las exportaciones e importaciones de bienes que se identifican como de una misma industria. Grubel y Lloyd (1975) desarrollaron un índice que permite identificar el grado de relación inter e intraindustrial entre una pareja de países. El índice se puede expresar como lo muestra la ecuación (1).

$$ICI = \frac{\left[(X_i + M_i) - |X_i - M_i| \right]}{(X_i + M_i)} \quad (1)$$

Donde X_i representa el flujo de exportaciones entre dos países y M_i el flujo de importaciones. El índice puede fluctuar entre 0 y 1: 0 representa la existencia de una especialización plena, esto es, comercio interindustrial con presencia de

⁵ Piénsese por ejemplo en la papa en sí misma, países como Perú y Colombia cuentan con una dotación de factores muy parecida y ambos son reconocidos por su alto nivel de producción en América Latina, esto implica que, aunque a nivel agrícola general pueda haber diferencias, la producción de un bien en específico sea similar y por ende, se generen flujos bidireccionales.

especialización plena como exportador o importador, y un resultado mayor que 0 denota la existencia de comercio intraindustrial. Entre más cercano a 1 se sugiere la existencia de una dinámica de comercio de las mismas proporciones. El valor de 1 denota igualdad perfecta de exportaciones e importaciones.

Es de aclarar que la existencia de comercio intraindustrial no se desliga de los determinantes tradicionales del comercio internacional, en términos técnicos este tipo de comercio es más una consecuencia que una causa. En este orden de ideas, se hace necesario evaluar los patrones comerciales y los factores que determinan la relación entre naciones (Alexander *et al.*, 2011).

Los trabajos empíricos al respecto dan relevancia a los determinantes del comercio internacional, y de forma específica, a los asociados con las similitudes entre países que pueden explicar la existencia de comercio intraindustrial. Gripsrud y Benito (2005) proponen que se deben considerar condiciones propias del territorio y de la demanda del país socio para entender los patrones de comercio internacional⁶.

Al evaluar los distintos factores que determinan la dinámica del comercio internacional, Tinbergen (1962) adoptó los principios de la ley de la gravitación universal formulada por Newton en 1687 y aplicó su fundamento al análisis de las relaciones comerciales. La ley física afirma que la fuerza de atracción entre dos cuerpos es directamente proporcional al tamaño de estos, e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre sus centros. Al extrapolar esta ley al comercio internacional se tiene que “los flujos comerciales entre dos países son directamente proporcionales al tamaño de su economía (masa), e inversamente proporcional[es] a la distancia entre ellos” (Bialynicka-Birula, 2015, p. 92).

El modelo en su versión más sencilla puede plantearse de la forma en que se muestra en la ecuación (2).

$$X_{ijt} = \beta_0 (Y_{it})^{\beta_1} (Y_{jt})^{\beta_2} (D_{ij})^{\beta_3} \exp(\beta_4 \Gamma_{ijt}) \exp(\varepsilon_{ijt}) \quad (2)$$

Donde X_{ijt} representa el flujo comercial entre los países i (nacional) y j (extranjero) para un periodo t ; Y_{it} y Y_{jt} son el PIB o PIB per cápita de los países nacionales y extranjeros respectivamente en el periodo t ⁷; D_{ij} representa la distancia circular entre las ciudades capitales de los países i y j ; Γ_{ijt} es un vector de variables dicotómicas explicativas del tipo: los países i y j comparten idioma, frontera o cuentan con algún acuerdo comercial, sobre este vector se ampliará la explicación poste-

⁶ De aquí que se presente la metodología del modelo gravitacional como complementaria al cálculo del índice de comercio intraindustrial. Esto, ya que al evaluar las relaciones de causalidad entre los flujos comerciales y las distintas variables que pueden incidir en su comportamiento es posible establecer una relación entre variables explicativas y el resultado del índice en cuanto a carácter intraindustrial o interindustrial.

⁷ Estas variables representan la “masa” en el símil con la teoría física.

riormente; y representa los errores normalmente distribuidos y ε_{ijt} con media cero (Cárdenas y García, 2004).

El modelo gravitacional lo desarrolló Tinbergen (1962), pero Anderson (1979), Helpman y Krugman (1985) y Bergstrand (1989) lo definieron como herramienta de análisis de los determinantes del comercio. El modelo gravitacional considera la comparación de países con niveles similares de ingreso, los cuales suelen tener mayores relaciones comerciales entre sí; es en este punto donde el modelo funciona como herramienta de análisis de los flujos de comercio intraindustrial entre un conjunto determinado de países (Vasco *et al.*, 2014).

Respecto de la relación entre los factores explicativos considerados por el modelo gravitacional y los patrones de comercio intraindustrial, la importancia de incluir el tamaño del mercado de los países socios comerciales radica en su representación de la *masa* en el modelo original, es una de las condiciones que determinan la capacidad económica y el tamaño del mercado objetivo. Algunos estudios han reemplazado esta medida por el tamaño de la población o la superficie de los países; sin embargo, los resultados no han sido los mismos que con el uso del producto total o el per cápita.

Respecto de la distancia geográfica, Gripsrud y Benito (2005) evidencian que en cuanto al comercio internacional se refiere esta tiene mayor influencia que la distancia cultural. En esta perspectiva los países suelen relacionarse principalmente con vecinos y atienden a una dinámica de internacionalización. En el modelo Uppsala de Johanson y Vahlne (2009) se señala que las empresas inician sus relaciones comerciales con socios cercanos y estructura económica similar a la propia, lo que les permite adquirir experiencia y enfrentar dinámicas de competitividad relativamente bajas. Bacaria-Colom *et al.* (2013) y Alexander *et al.* (2011) proponen que la variable de distancia geográfica sirve de *proxy* a los costos de transporte y de comunicación derivados del intercambio comercial, los cuales aumentan en relación con la distancia que separe dos puntos.

Respecto del vector Γ_{ijt} se hace referencia a un conjunto de variables comúnmente dicotómicas que pretenden recoger relaciones comunes a un par de naciones objeto de estudio, como es el caso de compartir una frontera. Igualmente, la existencia de acuerdos comerciales permite mejorar las dinámicas de la relación, por lo que es frecuente encontrar una variable de evaluación de TLC. En Cárdenas y García (2004), Bacaria-Colom *et al.* (2013) y Bolívar *et al.* (2015) se incluyen variables de distancia social, como compartir un idioma por los mismos países, si un país es colonia de otro o si tienen alguna conexión cultural fuerte.

En términos de evidencia empírica, Frankel y Rose (2002) emplean un modelo gravitacional para evaluar el efecto de las fluctuaciones de las principales monedas (dólar, euro, yen, entre otras) sobre el comercio y el ingreso de un conjunto de 200 países. Encuentran que el compartir una unión monetaria puede triplicar los flujos comerciales entre los países miembros, y el aumento en el volumen comercial entre dos naciones incrementa el PIB per cápita.

Albulescu y Goyeau (2019) evalúan la intraintegración de los países del bloque oriental de la Unión Europea⁸ para el periodo 2000-2013 con las tres principales economías de la Unión Europea, enfocándose en las relaciones comerciales de la República Checa, Hungría, Polonia y Eslovaquia. Los autores estiman un modelo gravitacional para cada país con las relaciones comerciales y las dinámicas de inversión extranjera directa (IED) de cada uno con los demás. Sus resultados revelan un alto grado de complementariedad entre el comercio y la IED entre los países que conforman el bloque oriental, y la variable de mayor efecto en los modelos es el ingreso per cápita del país exportador o inversionista.

Cafiero (2005) se sirve de datos de comercio bilateral de 74 países compradores y 147 países proveedores para el periodo 1998-2002 para evaluar mediante un modelo gravitacional el efecto del tamaño de la economía y del tipo de cambio bilateral en sus dinámicas comerciales. Los resultados permiten realizar una “clasificación” del nivel de comercio de los 74 países compradores⁹ frente a sus socios comerciales y a partir de esto se identifican mercados con potencial exportador. También usando un modelo gravitacional Cechella *et al.* (2009), con datos de exportaciones e IED para el año 2005 para 65 países, encuentran que las dinámicas de comercio e inversión actuales son complementarias y no sustitutivas como se proponía en la teoría de Heckscher-Ohlin.

En América Latina, Nagao (2016) estima un modelo gravitacional para Ecuador con datos de comercio bilateral para el periodo 1997-2014. Los resultados confirman el modelo gravitacional, siendo el PIB del país socio comercial el que cuenta con la mayor elasticidad (4,73 %); la elasticidad del comercio frente a la distancia es de -1,6 %; y respecto de las variables dicotómicas es el idioma la variable que tiene mayor importancia.

En Colombia, la aplicación más conocida del modelo gravitacional fue la de Cárdenas y García (2004), quienes con datos de 178 países para el periodo 1948-1999 estiman la ecuación de Frankel y Rose (2002) para evaluar el impacto de la firma de un TLC entre Colombia y Estados Unidos. El principal resultado es que, en caso de firmarse el tratado (en ese momento), el comercio bilateral entre los países aumentaría en un 40 %, y en caso de no firmarse, el mismo caería un 58 %. El efecto estimado por la firma de TLC sobre las importaciones es de -0,5 %, lo que significa un beneficio para los exportadores nacionales.

Finalmente, Bolívar *et al.* (2015) estiman un modelo gravitacional con datos de los flujos comerciales de Colombia con 173 países socios para el periodo 1991-2012, y evidencian que tiende a existir más relaciones comerciales con países fronterizos y con los que se comparte idioma, por lo que Colombia es proclive a relacionarse más con países cercanos. Los autores afirman que el país cuenta con

⁸ Bulgaria, República Checa, Estonia, Hungría, Lituania, Letonia, Polonia, Rumania, Eslovenia y Eslovaquia.

⁹ Usan a Argentina como el ejemplo de análisis.

un mal aprovechamiento de los acuerdos comerciales al compararlo con estudios hechos para economías más grandes¹⁰.

METODOLOGÍA Y MODELOS ECONOMÉTRICOS

Se toma como base la ecuación (1) linealizada (se transforma en logaritmos naturales) para construir las tres ecuaciones a estimar con diferentes variables dependientes, la primera de ellas (ecuación 3) el volumen comercial (la suma de exportaciones e importaciones totales de papa); la segunda (ecuación 4) las exportaciones de papa; y la tercera (ecuación 5) las importaciones de papa. Esto porque se pretende identificar diferencias en las magnitudes de los estimadores y los posibles efectos contrarios para exportadores e importadores causados por variables como la firma de acuerdos comerciales. Las ecuaciones en cuestión se muestran en forma matemática:

$$\ln(Vol_{ijt}) = \beta_0 + \beta_1 \ln(PIB_{jt}) + \beta_2 \ln(PIB_{jt}) + \beta_3 \ln(Pob_{jt}) + \beta_4 \ln(Pob_{it}) + \beta_5 \ln(C_{ijt}) + \beta_6 \ln(D_{ij}) + \beta_7(TLC) + \beta_8(Idiom) + \beta_9(Front) + \varepsilon_{ijt} \quad (3)$$

$$\ln(X_{ijt}) = \alpha_0 + \alpha_1 \ln(PIB_{jt}) + \alpha_2 \ln(PIB_{jt}) + \alpha_3 \ln(Pob_{jt}) + \alpha_4 \ln(Pob_{it}) + \alpha_5 \ln(C_{ijt}) + \alpha_6 \ln(D_{ij}) + \alpha_7(TLC) + \alpha_8(Idiom) + \alpha_9(Front) + \mu_{ijt} \quad (4)$$

$$\ln(M_{jt}) = \theta_0 + \theta_1 \ln(PIB_{jt}) + \theta_2 \ln(PIB_{jt}) + \theta_3 \ln(Pob_{jt}) + \theta_4 \ln(Pob_{it}) + \theta_5 \ln(C_{ijt}) + \theta_6 \ln(D_{ij}) + \theta_7(TLC) + \theta_8(Idiom) + \theta_9(Front) + v_{ijt} \quad (5)$$

Donde $\ln(Vol_{ijt})$ = logaritmo natural del volumen comercial representado por la sumatoria de exportaciones e importaciones de papa entre Colombia (*i*) y sus socios comerciales (*j*) en el periodo *t*

$\ln(X_{ijt})$ = logaritmo natural del total de exportaciones anuales de papa en Colombia

$\ln(M_{ijt})$ = logaritmo natural del total de importaciones anuales de papa en Colombia

$\ln(PIB_{jt})$ = logaritmo natural del producto interno bruto del país socio comercial en el año *t*

$\ln(PIB_{it})$ = logaritmo natural del producto interno bruto de Colombia en el año *t*

$\ln(Pob_{jt})$ = logaritmo natural de la población del país socio comercial en el año *t*

$\ln(Pob_{it})$ = logaritmo natural de la población de Colombia en el año *t*

¹⁰ Los autores estiman una elasticidad del comercio bilateral frente a los acuerdos comerciales de 133 %, mientras que la elasticidad media en el mundo es de 300 %.

$\ln(C_{ijt})$ = logaritmo natural del costo de aduana e impuestos asociados al comercio bilateral entre Colombia y sus socios comerciales

$\ln(D_{ijt})$ = logaritmo natural de la distancia geográfica calculada desde la capital de Colombia (Bogotá) hasta la capital del país socio comercial

TLC = variable dicotómica que toma el valor de 1 para los años en que Colombia contaba con un acuerdo comercial vigente con el país socio

Idiom = variable dicotómica que toma el valor de 1 para los países que comparten el mismo idioma oficial que Colombia

Front = variable dicotómica que toma el valor de 1 para los países que comparten frontera terrestre con Colombia

Las variables explicativas consideradas en este estudio responden a las tradicionalmente empleadas en modelos gravitacionales: el PIB tanto de Colombia como de sus socios comerciales representa el tamaño de la economía del país, lo cual responde a la concepción de “masa”. La población refuerza la idea del tamaño de mercado, y la teoría plantea una relación positiva entre el número de habitantes y el consumo de una nación. Se incluye la variable de costos aduaneros como una *proxy* aplicada a los costos de transporte, esperando una elasticidad negativa de la distancia al volumen comercial, también al incluir el valor de los impuestos y asociados la relación será positiva, debido a que en el proceso de comercialización se deben pagar obligaciones fiscales. Respecto de la distancia geográfica se espera una relación negativa.

En el vector de variables dicotómicas se incluyen: los *TLC*, el idioma y frontera comunes. La firma de *TLC* responde a la reducción de barreras comerciales entre dos países, por lo que se espera una elasticidad positiva del comercio a los acuerdos; de no ser así, y encontrar relaciones negativas significaría que la firma de acuerdos actuó como un limitante de las capacidades comerciales nacionales. Respecto del idioma y las fronteras comunes se pretende evaluar si los países tienden a relacionarse con países similares o cercanos.

Acerca de las variables dicotómicas al no ser valores en logaritmo natural, se hace necesario realizar una modificación al estimador para calcular las elasticidades con la fórmula propuesta por Bolívar *et al.* (2015):

$$(e^{\gamma} - 1) \times 100 \quad (6)$$

Donde γ es el estimador obtenido para cada variable dicotómica.

Los modelos gravitacionales se suelen estimar con métodos de datos panel, donde los métodos más comunes de estimación son: (i) mínimos cuadrados ordinarios (MCO) agrupados, que consiste en omitir las dimensiones espacio-temporales y tratar los datos como una regresión de MCO común; (ii) efectos aleatorios, este supone que cada unidad transversal tiene un intercepto diferente, por lo que

existen diferencias aleatorias en el comportamiento para cada unidad transversal¹¹ (Aparicio y Márquez, 2005); y (iii) efectos fijos, que supone que la diferencia en el intercepto de cada unidad transversal es fija, y que las diferencias entre estados son constantes, por lo que se debe estimar cada intercepto (Aparicio y Márquez, 2005). Para poder seleccionar el método de estimación óptimo se requiere de una serie de pruebas de validación estadística, entre otras, destacan la prueba del multiplicador de Lagrange para efectos aleatorios¹², la prueba F de significancia de efectos fijos y la prueba de Hausman¹³. Esto es relevante porque los modelos pueden presentar autocorrelación de residuos¹⁴ (lo que ocurre en la dimensión temporal del panel), heterocedasticidad¹⁵ y correlación contemporánea¹⁶ (Aparicio y Márquez, 2005).

Beck y Katz (1995) proponen dos métodos de estimación que permiten corregir conjuntamente los problemas detectados en las estimaciones. Por un lado, el modelo de mínimos cuadrados generalizados factibles (MCGF), método que a diferencia de los más tradicionales se caracteriza porque sus estimadores cuentan con las propiedades de consistencia, normalidad, insesgadez y eficiencia (estas últimas tres de forma asintótica) (Universidad de Vigo, 2017). Por otro lado, los errores estándar corregidos para panel son una metodología más precisa que la de MCGF, dado que estos últimos abusan de la condición de estimación de la varianza de los errores al corregir la heterocedasticidad (Beck y Katz, 1995).

Una vez presentados los modelos y planteada la metodología que se juzga más pertinente para su estimación, es oportuno señalar que el método de “clasificación” del comercio internacional de papa en Colombia más apropiado es el índice de comercio intraindustrial de Grubel y Lloyd (1975), que ayuda a identificar el carácter intraindustrial del comercio, esto es, si Colombia es simultáneamente exportador e importador de papa. Este ejercicio se concibe para tres categorías de producto: la comercialización total de papa, la comercialización de papa en fresco (papa sin ningún tipo de transformación aparte del lavado) y la comercialización de papa transformada (cortada y congelada). Los datos obtenidos de los microdatos de exportaciones e importaciones nacionales presentan diferentes posiciones arancelarias para los tipos de papa, y de esta forma sea posible evidenciar si Colombia cuenta con algún tipo de especialización comercial, ya sea de producto en fresco o de producto transformado.

¹¹ En este caso, para cada país.

¹² Evalúa la pertinencia de usar efectos aleatorios sobre mínimos cuadrados agrupados.

¹³ Compara los estimadores de efectos aleatorios y efectos fijos para seleccionar los más eficientes.

¹⁴“La autocorrelación serial causa que los errores estándar de los coeficientes sean más que pequeños de lo que realmente son y se genera un R-cuadrado bastante alto. Para diagnosticar si los errores dentro de la función de regresión considerada son aleatorios o si hay evidencia de autocorrelación, se recurre al uso de una prueba muy flexible denominada test de Wooldridge” (Yaselga y Aguirre, 2018, p. 152).

¹⁵“Para identificar si la varianza de los errores de cada unidad transversal no es constante, esto es, si presenta heterocedasticidad, se lleva a cabo la prueba modificada de Wald” (Yaselga y Aguirre, 2018, p. 152).

¹⁶“Para conocer si los errores entre unidades son independientes entre sí, es decir, que exista correlación contemporánea o dependencia de corte transversal se aplica la prueba de independencia de Pesaran” (Yaselga y Aguirre, 2018, p. 152).

DATOS Y VARIABLES

Los datos empleados en este documento se tomaron de las exportaciones e importaciones reportadas a nivel microdato del Dane. Estos datos proporcionan información desde el año 1992 referente a la posición arancelaria¹⁷, país de procedencia para el caso de importaciones y país de destino para las exportaciones, peso de la carga, precio FOB, precio en moneda nacional, método de transporte, aduanas e impuestos asociados, razón social y NIT de empresas importadoras y exportadoras, entre otros. El volumen y la calidad de la información permite una correcta estimación de los modelos propuestos.

La tabla 1 presenta la producción total de papa por departamentos para el periodo 2007-2018¹⁸, y se considera de importancia reconocer los principales departamentos productores porque son los que ganan o pierden en las dinámicas del comercio internacional. Como se observa, según datos reportados por Agronet (unidad encargada de estadísticas del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural) desde el año 2007 tres departamentos representaron cerca del 90 % de la producción de papa en Colombia. El nivel de producción en estos tres departamentos puede explicarse por la condición cultural asociada a los campesinos del altiplano, en donde tradicionalmente la papa es el producto de mayor cultivo (Fals-Borda, 1975), y segundo por las condiciones geográficas de altura y alta presencia de páramos. Estos terrenos son donde la producción de papa representa los mayores rendimientos frente a otros productos como el maíz o la zanahoria¹⁹.

En cuanto a la producción anual, la figura 1 presenta el nivel de producción total de Colombia para el mismo periodo, en negro se muestra la variación anual. Como se muestra en la figura el año 2017 fue el de mayor nivel de producción en el país con más de 3,5 millones de toneladas producidas, un 10 % mayor a la producción del año inmediatamente anterior. Es de destacar que la papa al ser un bien de consumo primario cuenta con mayor resistencia a las crisis en los productores, siendo esta posiblemente la razón por la que entre 2008 y 2010 la producción del tubérculo no tuvo grandes variaciones, incluso la tasa de variación interanual fue creciente.

¹⁷ Es precisamente esta variable la que permite identificar los flujos comerciales de papa, a partir de cinco posiciones arancelarias:

0710.10.00.00: papas congeladas

0701.90.00.00: papas frescas o refrigeradas

0701.10.00.00: papas para siembra

2004.10.00.00: papas preparadas o conservadas, congeladas

2005.20.00.00: papas preparadas o conservadas, sin congelar

¹⁸ Se toma como referencia este periodo ya que representa los datos disponibles en las estadísticas nacionales, es a partir del 2007 cuando se realiza reporte de producción ante Agronet.

¹⁹ La discusión del uso de suelos para producción agrícola se deja para futuras investigaciones, por ahora se parte de la condición de que los campesinos producen en estas áreas.

Tabla 1.

Producción de papa 2007-2018 por departamentos

Departamento	Producción (t)	Área (ha)	Rendimiento (ha/t)	Participación nacional (%)
Cundinamarca	14 728 583	672 597	263,0	41,86
Boyacá	8 866 919	501 093	213,0	25,33
Nariño	6 445 885	342 898	226,4	18,41
Antioquia	1 885 912	105 516	219,2	5,42
Santander	1 168 488	58 639	238,4	3,32
Norte de Santander	752 481	31 592	287,5	2,16
Cauca	625 599	34 228	220,0	1,82
Tolima	411 687	29 310	174,2	1,18
Caldas	108 000	7712	169,3	0,31
Valle del Cauca	60 726	2939	276,1	0,17
Huila	3992	524	90,8	0,01

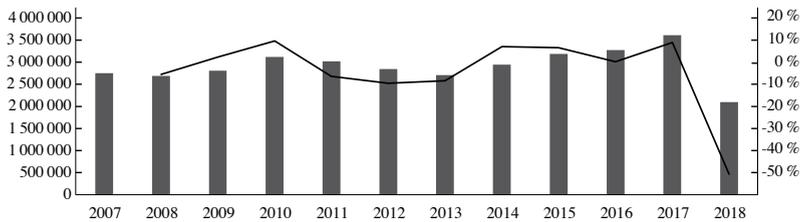
Fuente: elaboración propia con base en Agronet (2019).

De manera preliminar se supondría que a partir del 2012, cuando entran en rigor tratados como el de Estados Unidos o la Unión Europea, la producción del tubérculo nacional descendería, pues la capacidad para competir en mercados internacionales se veía en su momento como muy complicada, esto debido al alto nivel técnico empleado por los productores norteamericanos y el limitado nivel de productividad nacional (Montiel, 2013). Sin embargo, como muestra la figura 1, el nivel de producción nacional reportó variaciones interanuales positivas con tasas de crecimiento promedio del 5%.

Se acaba de condicionar que para 2012 o 2013 se esperaba una reducción de la producción de papa en Colombia, esto atendiendo a la incapacidad de los productores nacionales para competir en el mercado internacional.

El comercio intra e interindustrial define la condición del comercio internacional en el que un país puede clasificarse como solamente exportador, importador o si existe un relacionamiento bidireccional entre un par de naciones. El índice de Grubel y Lloyd propone como foco de análisis el comportamiento de la balanza comercial del producto en cuestión, en este caso, y teniendo en cuenta que los datos utilizados permiten identificar las relaciones comerciales totales de papa, las de papa en fresco y el producto con algún grado de transformación. La figura 2 muestra el comportamiento de la balanza comercial en los tres niveles propuestos.

Figura 1.
Producción anual de papa Colombia 2007-2018



Fuente: elaboración propia con base en Agronet (2019).

En general, se observa un comportamiento deficitario de la balanza comercial. Desde el año 2007 las importaciones de papa transformada muestran un alto nivel de crecimiento, pasando de representar menos de 10 millones de dólares a ser cercanas a 50 millones de dólares para el 2019, esto unido a la reducción de las exportaciones del mismo producto (pasó de 22 millones de dólares en el 2008 a menos de 3 millones en el 2019), y la disminución de la exportación de papa en fresco desde el 2009 puede ser la causa del comportamiento negativo de la balanza, representando para el 2019 un déficit cercano a 50 millones de dólares.

La evaluación de los paneles permite probar que el comportamiento del comercio internacional de papa se ha caracterizado por dos condiciones principales: (i) el país es exportador neto de papa en fresco, y la balanza comercial en esta categoría es positiva y hasta el 2008 tuvo un desempeño superior a los 15 millones de dólares; y (ii) se evidencia una dependencia a la importación de papa con alguna categoría de transformación (cortada y congelada principalmente).

En este escenario se plantean dos hipótesis a verificar:

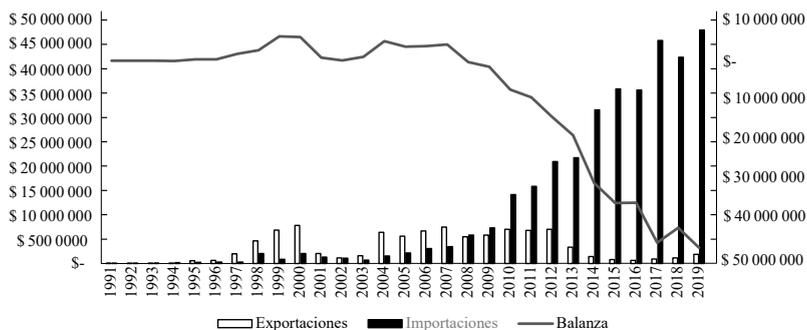
H1: El comercio de papa en fresco puede clasificarse como de carácter interindustrial, siendo Colombia un país especializado en la exportación

H2: El comercio de papa transformada puede ser de carácter intraindustrial, pero a partir del 2008 se presenta una especialización por parte de los países socios comerciales

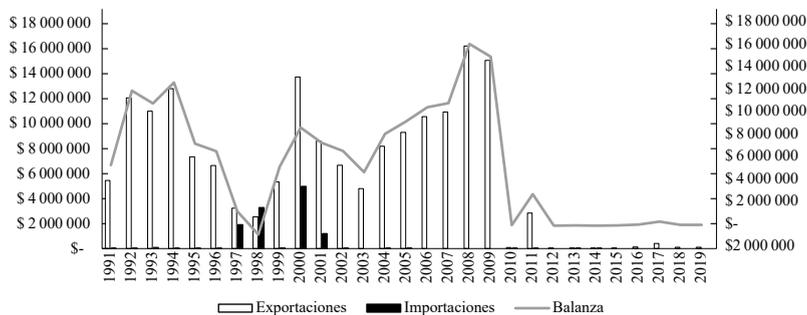
La validación de estas hipótesis y la estimación del modelo gravitacional que permitirá encontrar los determinantes del relacionamiento comercial de la papa se presentan en el análisis de resultados y los hechos estilizados.

Figura 2.
Balanza comercial papa 1991-2019

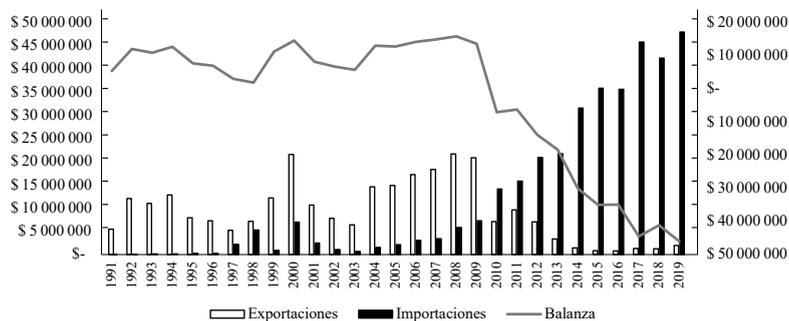
a) Total papa



b) Papa en fresco



c) Papa transformada



Fuente: elaboración propia con base en Dane (2019a, 2019b).

ANÁLISIS DE RESULTADOS Y HECHOS ESTILIZADOS

Se efectúa el cálculo anual del índice de comercio intraindustrial de Grubel y Lloyd para la comercialización de papa total y realizando la distinción entre el producto en fresco y transformado, de esta forma se pretende evaluar las hipótesis planteadas en el acápite anterior. Los resultados se muestran en la tabla 2.

Tabla 2.

Índice de comercio intraindustrial de Grubel y Lloyd

Año	Total comercialización de papa	Papa en fresco	Papa transformada
1991	0,0069	0,0063	0,2546
1992	0,0098	0,0052	0,7069
1993	0,0277	0,0160	0,8395
1994	0,0247	0,0025	0,5277
1995	0,0587	0,0092	0,5310
1996	0,0758	0,0039	0,6080
1997	0,5949	0,7419	0,2640
1998	0,8515	0,8736	0,6127
1999	0,1393	0,0170	0,2249
2000	0,4906	0,5324	0,4114
2001	0,3803	0,2445	0,7759
2002	0,2416	0,0002	0,9740
2003	0,1941	0,0000	0,6011
2004	0,1934	0,0020	0,3911
2005	0,2498	0,0000	0,5498
2006	0,3037	0,0000	0,6330
2007	0,3145	0,0000	0,6299
2008	0,4241	0,0000	0,9692
2009	0,5184	0,0000	0,8859
2010	0,6690	0,0421	0,6644
2011	0,7563	0,0001	0,6004
2012	0,5052	0,0000	0,5037
2013	0,2659	0,1429	0,2657
2014	0,0872	0,0044	0,0850
2015	0,0431	0,0000	0,0423
2016	0,0411	0,0000	0,0349
2017	0,0330	0,0000	0,0390
2018	0,0516	0,0000	0,0513
2019	0,0667	0,0000	0,0745
Total	0,8632	0,1250	0,4351

Fuente: elaboración propia con base en Dane (2019).

La clasificación del comercio inter e intraindustrial sigue la definición dada por Carrera (1999) y Rossler (2009), y se acepta que:

Índice de Grubel y Lloyd igual a 0: comercio interindustrial perfecto, existe una especialización absoluta por parte de Colombia como importador o exportador del producto.

Índice de Grubel y Lloyd entre 0 y 0,5: comercio interindustrial, existe una tendencia a la especialización en cuanto a que los flujos de importación y exportación presentan altas brechas entre sí.

Índice de Grubel y Lloyd entre 0,5 y 1: comercio intraindustrial, los flujos entre exportaciones e importaciones tienden a la igualdad, esto es, un relacionamiento similar entre los dos países.

Índice de Grubel y Lloyd igual a 1: comercio intraindustrial, esto es una igualdad absoluta entre los flujos de exportación e importación de un producto.

Los resultados que se exponen en la tabla 2 muestran que de manera general el comercio internacional de papa en Colombia es de carácter interindustrial, el índice agregado para el periodo 1991-2019 es de 0,86, lo que significa que los flujos comerciales agregados de entrada y salida medidos en millones de dólares tienden a ser iguales. Sin embargo, al realizar la estimación por años y por tipos de producto es posible identificar que este resultado general puede ser engañoso.

La dinámica anual del índice para el total de exportaciones e importaciones de papa es cambiante, donde en un primer periodo (1991-1996) el comercio de papa entre Colombia y el resto del mundo se clasifica como intraindustrial, con valores estimados cercanos a 0. Desde 1997 hasta el 2012 el índice cambió su comportamiento, siendo que en varios años superó el valor crítico de comparación (0,5), por lo que es un periodo de transición en el que las importaciones de papa presentan un alto nivel de crecimiento. Desde 2013 se constata una reducción dramática de los flujos de exportación de papa, el aumento de las importaciones causó que Colombia fuera un país que depende de la importación de este bien para suplir las necesidades del mercado nacional, por lo que esto supone un alto impacto sobre los productores nacionales, quienes pierden la capacidad de competir en el escenario internacional y se observa un proceso de exceso de oferta de papa principalmente transformada, donde estos flujos provienen primordialmente de Bélgica, Holanda y Estados Unidos.

Al observar el desempeño del índice para las subclasificaciones del producto, se validan las hipótesis propuestas. Por un lado, Colombia se clasifica como un exportador casi total de papa en fresco, y por ende, se evidencia la existencia de ventajas competitivas y es posible señalar que el país tiene una especialización en la producción de este bien. Por otro, y como punto de inflexión de la balanza comercial, se encuentra que la relación de importaciones y exportaciones de papa transformada a partir del 2012 reporta una especialización en cuanto a la importación del producto, como se muestra en el panel (c) de la figura 3, las importaciones

de este producto crecieron en forma exponencial, en especial las provenientes de la Unión Europea y Estados Unidos, por lo que plantea una tendencia hacia la aparición de comercio interindustrial hasta el 2012 y comercio intraindustrial desde entonces hasta 2019.

El análisis del índice de Grubel y Lloyd permite identificar debilidades del país respecto de la capacidad para competir con la importación de papa transformada, dada la cada vez mayor tendencia de la importación de este producto y la exportación de papa fresca, donde esta última tiene en términos relativos menor valor agregado. Se plantea así un escenario en el que el comercio internacional está favoreciendo a las firmas importadoras y generando mayores niveles de competencia en el escenario local para los productores de papa colombianos, quienes no cuentan con los niveles de productividad, registros sanitarios, procesos de transformación y precios para competir con grandes transformadores de papa²⁰. La evidencia de esta condición y la observación de la relación con los socios comerciales se presentan en la figura 3, la cual indica un mapa de dispersión entre el logaritmo natural de importaciones y el logaritmo natural de las exportaciones.

La figura 3 para cada uno de sus paneles presenta una *clasificación* del nivel de importaciones y exportaciones, estas clasificaciones recogen los cuartiles de distribución para cada variable, de forma que los países ubicados en el cuadrante alto-alto, por ejemplo, son aquellos que tienen una relación interindustrial más fuerte, esto aplica para todos los países de la diagonal principal²¹. Por otro lado, los países del cuadrante alto-muy bajo definen los países altamente importadores, pero casi nulos exportadores, esto es comercio intraindustrial con especialización en la importación; igualmente el cuadrante muy bajo-alto define los países a los cuales Colombia solo exporta.

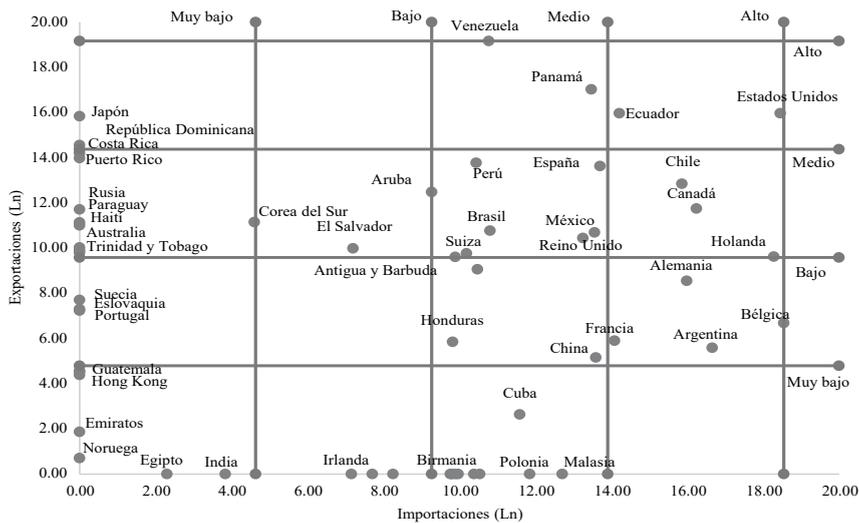
Analizar país por país sería una tarea ardua e incluso monótona, para este caso concreto se toman casos específicos que por su importancia en el comercio de papa se aborda su dinámica, tales como: Estados Unidos, Bélgica, Holanda, Perú y Japón.

²⁰ Al respecto se realiza la inclusión de una variable dicótoma extra sobre los modelos gravitacionales de exportaciones e importaciones, esta dicótoma toma el valor de 1 para los años 2008-2019 y de 0 para el periodo previo 1992-2007. Los resultados estadísticos muestran un impacto negativo y significativo sobre las exportaciones de papa y un impacto positivo y significativo sobre las importaciones, lo que revela una diferencia entre los dos periodos evaluados, condición que valida la H2 propuesta y permite afirmar que efectivamente hay una especialización en cuanto a la importación del producto transformado.

²¹ La diagonal principal se define por los cuadrantes: alto-alto, medio-medio, bajo-bajo, muy bajo-muy bajo, la diferencia entre estos cuadrantes es la magnitud de flujos.

Figura 3.
Dispersión por socio comercial

a. Distribución exportaciones e importaciones de papa por país



b. Distribución exportaciones e importaciones de papa en fresco por país

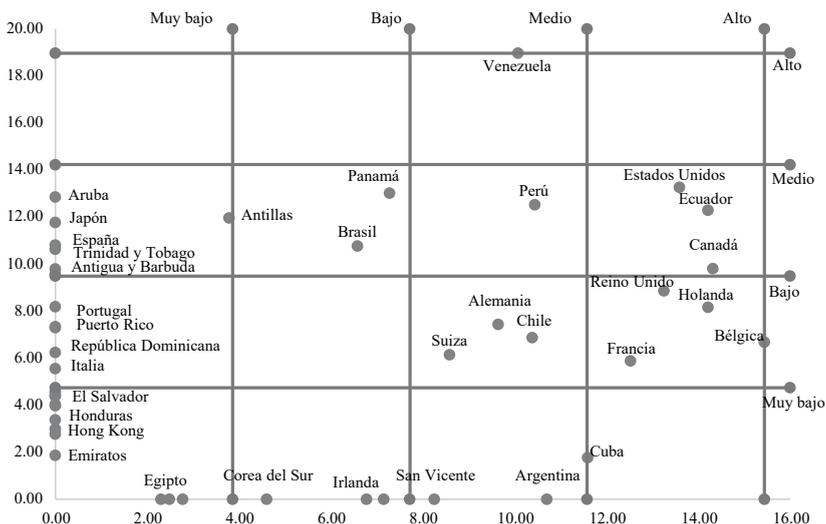
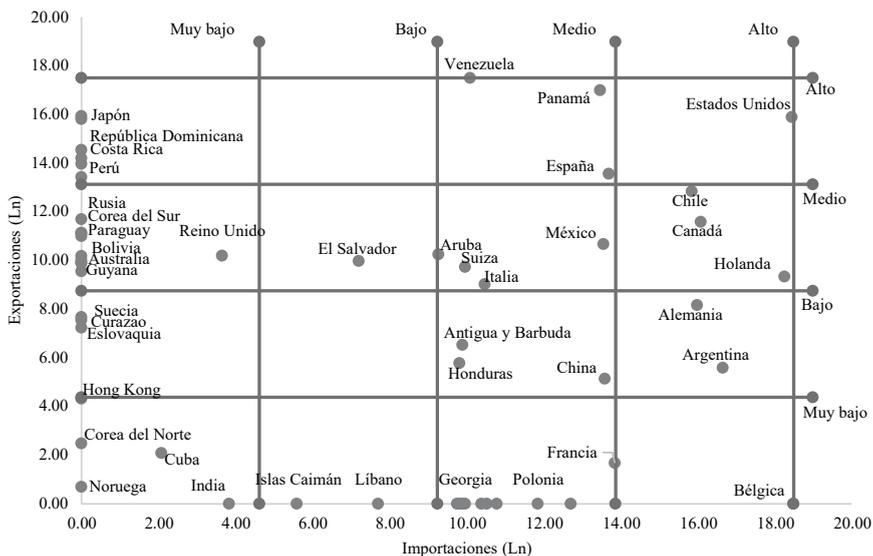


Figura 3.

Dispersión por socio comercial (continuación)

c. Distribución exportaciones e importaciones de papa por país



Fuente: elaboración propia.

Estados Unidos: el análisis general de las relaciones comerciales de papa con Estados Unidos se ubica en el cuadrante alto-alto, esto implica que los flujos de exportaciones e importaciones además de ser significativos tienden a ser relativamente iguales²²; cuando se analiza la diferencia entre papa en fresco y papa transformada se encuentra que para ambos casos las importaciones de producto tienden a ser un tanto superiores a las exportaciones; sin embargo, esto puede plantearse como un mercado simbiótico en el que históricamente los beneficios son mutuos. Claro es que, en los últimos diez años, esta relación tiende a desplazarse a favor de Estados Unidos.

Bélgica: las relaciones de papa en general con este país se posicionan en el cuadrante alto-bajo, esto es, altos niveles de importación y bajos niveles de exportación, y es un caso que puede categorizarse como ganador absoluto en la relación comercial de un producto en el que aparentemente Colombia cuenta con ventaja comparativa y en el uso de factores. La razón de esta relación desigual para Colombia radica en que Bélgica es el principal importador de papa transformada del mundo, adicionalmente, en los últimos veinte años Colombia no ha exportado

²² En este caso las importaciones de producto superan a las exportaciones.

papa transformada a este país. En cuanto a la papa fresca el escenario es similar, a pesar de existir algunos registros de exportación, las importaciones representan cerca del triple, lo que genera una especialización casi absoluta en la que Colombia es perdedor.

Holanda: caso muy similar al de Bélgica, la diferencia radica en que las exportaciones de papa transformada a este país son más altas que las realizadas a Bélgica, lo que posiciona a Holanda en el cuadrante alto-medio, uno de los países con los que hay relación bidireccional, pero se mantiene como claro ganador al tener importaciones mayores a las exportaciones.

Perú: representa al conjunto de naciones que podrían clasificarse con mejores relaciones comerciales en lo que al comercio de papa se refiere. Una relación intraindustrial de cuadrante medio-medio que simboliza un gana-gana, donde los flujos históricos²³ representan una generación de beneficios mutuos entre los dos países. Al momento de analizar la relación por categorías de producto, se evidencia que, en el caso de la papa en fresco, aunque se tiende a una mayor exportación que importación, la relación es muy cercana a 1, por lo que es una relación casi igual de las dos variables. En cuanto a la papa transformada se constata que Colombia es exportador neto, y no se encuentran registros de importación de este producto desde Perú. Este es uno de los casos en donde la tendencia muestra beneficios mutuos, aunque mayores para Colombia.

Japón: este es uno de los casos que comprueba la aplicabilidad de las teorías tradicionales de ventajas competitivas y uso de factores en el comercio internacional, donde la relación se ubica en el cuadrante muy bajo-alto, lo que significa muy bajos o casi nulos registros de importación y altos registros de exportación. En el caso de Colombia los productores nacionales son unos ganadores absolutos: encuentran un mercado sin competencia local²⁴, donde Colombia es un exportador absoluto tanto para la papa en fresco como para la papa transformada.

Los datos en general muestran que hay naciones con las cuales aplican las teorías de ventajas competitivas y uso de factores, Japón, República Dominicana y Costa Rica son algunos ejemplos. Por otro lado, hay naciones con las que se mantienen relaciones bilaterales muy similares, por ejemplo: Brasil, Perú y España. Finalmente, países que solamente importan de Colombia (principalmente papa transformada) son Bélgica, Holanda y Francia.

²³ Se recuerda que se está trabajando para el periodo 1991-2019.

²⁴ Es importante aclarar que la no existencia de competencia local no implica ausencia absoluta de competencia; en el mercado internacional se compete con otros exportadores de papa a Japón.

Una vez presentado el cálculo del índice de Grubel y Lloyd, se procede a evaluar los factores que determinan las dinámicas de comercio internacional en el caso de la papa en Colombia, y para esto se realiza la estimación de las ecuaciones (3, 4 y 5) mediante MCGF. Esto debido al incumplimiento del supuesto de heterocedasticidad²⁵ de los modelos.

La tabla 3 presenta las estimaciones por efectos aleatorios, efectos fijos y errores estándar corregidos de las ecuaciones (3, 4 y 5); la estimación mediante tres metodologías responde a la evaluación del cumplimiento de los supuestos de autocorrelación, heterocedasticidad y correlación contemporánea, como lo muestran los tres test realizados, específicamente el test de Wald; los modelos presentan incumplimiento del segundo y tercer supuesto mencionados. Esto implica que los estimadores obtenidos mediante efectos aleatorios y fijos no cuentan con eficiencia, por lo que se procede a analizar las estimaciones por errores estándar corregidos.

El número de países con los cuales se efectúa la estimación del panel cambia según la variable de análisis. Para el caso del volumen total de papa, el panel lo conforman 56 países con los cuales Colombia mantiene relaciones comerciales del producto. La estimación para las exportaciones y las importaciones se considera solamente para los países con flujos positivos en cada variable, esto es que para el caso de las exportaciones se eliminan los importadores absolutos y viceversa. Los modelos muestran significancia estadística en forma general²⁶.

En cuanto a los determinantes de las relaciones comerciales bilaterales (volumen comercial) se encuentra significancia estadística en siete variables, de las cuales destaca la validación del supuesto general del modelo gravitacional, en cuanto que la elasticidad renta del país socio es positiva, un aumento de 1 % del PIB del país socio genera durante el periodo de análisis²⁷ un aumento del flujo comercial de papa de 0,37 % en promedio. Y a su vez, el aumento de 1 % de la distancia entre Bogotá y la capital del socio comercial reduce en promedio en 0,56 % el comercio de papa. Esto nos lleva a inferir que si bien es cierto el tamaño de una economía es un atrayente para la oferta nacional, la condición de distancia propicia el mantenimiento de relaciones más fuertes con países vecinos, esta hipótesis se evidencia al observar que la variable dicotómica *Frontera* es estadísticamente significativa; y aplicando la transformación propuesta por la ecuación (6)²⁸ se encuentra que las relaciones de comercio de papa con países fronterizos es mayor en un 78,9 % frente a la comercialización con países que no comparten frontera con Colombia.

²⁵Se realizan las pruebas pertinentes para los supuestos de autocorrelación, correlación contemporánea y heterocedasticidad para las tres ecuaciones.

²⁶Se evalúa el Chi², se encuentran probabilidades menores al 5 %.

²⁷Para ampliar ver Tonon-Ordóñez *et al.* (2019).

²⁸Se recuerda que al ser esta una variable dicotómica, el cálculo del efecto de la variable debe hacerse de forma especial.

Tabla 3.
Resultados de la estimación, modelos gravitacionales

	Volumen comercial				Exportaciones				Importaciones					
	Efectos aleatorios	Efectos fijos	Errores estándar corregidos	Efectos aleatorios	Efectos fijos	Errores estándar corregidos	Efectos aleatorios	Efectos fijos	Efectos aleatorios	Efectos fijos	Errores estándar corregidos	Efectos aleatorios	Efectos fijos	Errores estándar corregidos
Ln(PIB _{ij})	0,372*** (0,071)	0,005 (0,223)	0,375*** (0,039)	0,878*** (0,134)	0,205 (0,305)	0,863*** (0,091)	-0,012 (0,025)	0,0906 (0,100)	-0,012 (0,025)	0,0906 (0,100)	0,863*** (0,091)	-0,012 (0,025)	0,0906 (0,100)	0,001 (0,016)
	0,1612 (0,236)	0,333 (0,256)	0,189 (0,242)	-0,273 (0,333)	-0,041 (0,350)	-0,149 (0,345)	0,094 (0,105)	0,034 (0,115)	0,094 (0,105)	0,034 (0,115)	-0,149 (0,345)	0,094 (0,105)	0,034 (0,115)	0,095 (0,106)
Ln(Pob _{ij})	-0,198** (0,086)	-0,679 (0,555)	-0,213*** (0,0429)	-0,486*** (0,1414)	-0,366 (0,775)	-0,505*** (0,087)	-0,007 (0,032)	-0,294 (0,334)	-0,007 (0,032)	-0,294 (0,334)	-0,505*** (0,087)	-0,007 (0,032)	-0,294 (0,334)	-0,0104 (0,018)
	1,130 (1,311)	2,349* (1,424)	1,111 (1,351)	2,560 (1,842)	4,345** (1,941)	1,869 (1,914)	0,269 (0,589)	0,094 (0,658)	0,269 (0,589)	0,094 (0,658)	1,869 (1,914)	0,269 (0,589)	0,094 (0,658)	0,347 (0,595)
Ln(Ci _{ij})	1,000*** (0,015)	0,969*** (0,017)	1,032*** (0,015)	0,847*** (0,026)	0,779*** (0,027)	0,941*** (0,031)	1,168*** (0,006)	1,192*** (0,008)	1,168*** (0,006)	1,192*** (0,008)	0,941*** (0,031)	1,168*** (0,006)	1,192*** (0,008)	1,155*** (0,006)
	-0,580*** (0,183)	Omitido	-0,563*** (0,113)	-1,486*** (0,261)	Omitido	-1,373*** (0,175)	0,045 (0,0701)	Omitido	-1,373*** (0,175)	Omitido	-1,373*** (0,175)	0,045 (0,0701)	Omitido	0,023 (0,044)
TLC	-0,581*** (0,167)	-0,498** (0,193)	-0,821*** (0,156)	-1,055*** (0,219)	-1,028*** (0,249)	-1,206*** (0,196)	0,047 (0,072)	0,092 (0,087)	0,047 (0,072)	0,092 (0,087)	-1,206*** (0,196)	0,047 (0,072)	0,092 (0,087)	0,023 (0,0704)
	0,320 (0,290)	Omitido	0,387** (0,195)	0,358 (0,367)	Omitido	0,413 (0,262)	-0,002 (0,105)	Omitido	0,413 (0,262)	Omitido	0,413 (0,262)	-0,002 (0,105)	Omitido	0,001 (0,088)
Front	0,626 (0,393)	Omitido	0,582** (0,293)	0,562 (0,488)	Omitido	0,344 (0,355)	0,4102*** (0,133)	Omitido	0,344 (0,355)	0,344 (0,355)	0,344 (0,355)	0,4102*** (0,133)	Omitido	0,380*** (0,123)

(Continúa)

	Volumen comercial			Exportaciones			Importaciones		
	Efectos aleatorios	Efectos fijos	Errores estándar corregidos	Efectos aleatorios	Efectos fijos	Errores estándar corregidos	Efectos aleatorios	Efectos fijos	Errores estándar corregidos
N.º países	56	56	56	43	43	43	38	38	38
Wald Chi²	5232,55		9940,47	1578,38		1748,96	36611,08		48193,65
F		585,58			159,06			4161,26	

Donde j denota variable para país extranjero e i denota variable para Colombia.

Los valores entre paréntesis representan los errores estándar de los estimadores.

***, ** y * denotan nivel de significancia al 1 %, 5 % y 10 % respectivamente.

Las variables omitidas en la estimación de efectos fijos responden a colinealidad perfecta.

Test	Volumen comercial			Exportaciones			Importaciones		
	Chi² Prob	F Prob	Chi² Prob	F Prob	Chi² Prob	F Prob	Chi² Prob	F Prob	Chi² Prob
Test de Hausman H0: diferencia en los coeficientes no es sistemática	20,82 (0,002)		83,91 (0,0000)						34,99 (0,0000)
Test de Wooldridge para autocorrelación en panel H0: no existencia de autocorrelación de primer orden		2,203 (0,143)				2,678 (0,109)			2,41 (0,129)
Test modificado de Wald para heterocedasticidad H0: comportamiento homocedástico									6,8 E+5 (0,0000)

Fuente: elaboración propia. Estimación hecha en Stata 16.

Es importante evaluar el efecto diferencial que tienen variables como la firma de TLC sobre importadores y exportadores. Como se manifestó a lo largo del documento, una de las hipótesis base del estudio se fundamenta en verificar el efecto que tiene la firma de TLC sobre la comercialización y producción de papa nacional, donde los productores nacionales esperan que la firma de TLC fuese una invitación a la entrada de productos importados y un declive para la producción interna, por lo que los signos esperados son negativos para las exportaciones y positivo para las importaciones. La estimación permite validar esta hipótesis, ya que se constata que para el caso de los exportadores de papa la firma de TLC o acuerdos comerciales ha causado una reducción del 70,06% para el periodo de estudio, mientras que las importaciones del producto crecieron en un 2,32%. Esto implica una tendencia por parte del consumo a reemplazar la producción nacional de la papa por la importación del producto transformado.

CONCLUSIONES

El objetivo del documento es determinar el carácter inter o intraindustrial del mercado internacional de la papa en Colombia, y mediante un modelo gravitacional evaluar el efecto del tamaño de la economía, la distancia, los costos y algunas variables dicotómicas como el idioma o la firma de TLC sobre el desempeño de los exportadores e importadores del producto. Se estima el índice de comercio intraindustrial de Grubel y Lloyd, el cual permite clasificar en el tiempo o el espacio las características comerciales entre dos o más países; para el modelo gravitacional se estiman tres ecuaciones, una para el volumen comercial, una para las exportaciones y una última para las importaciones; de esta forma es posible identificar diferencias entre las tres dimensiones de medida del comercio.

Contrarios a las teorías tradicionales del comercio internacional –que consideran la especialización en la comercialización de productos en función de la dotación relativa de factores–, los estudios empíricos, tales como el realizado por Leontief (1953) muestran que existe otro tipo de dinámica comercial, que considera la existencia de importación y exportación simultánea de un bien. El comercio intraindustrial define el escenario en que dos naciones intercambian el mismo bien al mismo tiempo. Como causas de esta condición se pueden nombrar las similitudes existentes entre dos países e industrias muy fortalecidas individualmente.

El modelo gravitacional es una herramienta muy útil que permite comprender las relaciones comerciales de una nación o de una industria en específico; su practicidad está en la capacidad para incluir múltiples variables explicativas que suelen escaparse de los planteamientos tradicionales. Su uso permite establecer el grado de sensibilidad que presenta un país en cuanto a sus dinámicas comerciales, la evaluación de acuerdos comerciales y la diferenciación en la relación entre países geográfica o culturalmente cercanos.

Los resultados obtenidos en este documento muestran que, para el caso de la papa en Colombia, durante el periodo 1991-2019, se han comercializado dos “clases” de producto: (i) la papa fresca, sin ninguna transformación, solamente lavada y empacada; y (ii) la papa transformada. Para el primer tipo se encuentra una balanza comercial superavitaria con una tendencia a la especialización productiva por parte del país; para el segundo caso se reporta una balanza deficitaria para el 2019 de casi cincuenta millones de dólares, lo que facilita establecer la existencia de una dependencia de la importación de este producto y se valida una de las preocupaciones de los productores agrícolas. Esto explicado por los altos niveles de importación de papa que inunda el mercado interno y reduce su capacidad para competir por parte de los productores nacionales.

El índice de comercio interindustrial de la papa para el periodo de estudio es de 0,86, que clasifica al comercio como de carácter interindustrial, es decir, se presentan flujos de exportaciones e importaciones ligeramente similares. No obstante, al observar el comportamiento del índice año a año y por clasificación de producto, se valida que en el caso de Colombia hay dos tipos de especialización: (i) hacia la exportación de papa en fresco (índice de 0,12), la cual tiene bajos niveles de valor agregado; y (ii) hacia la importación de papa transformada (índice de 0,43). Específicamente se plantea una dependencia de las importaciones de papa transformada desde la Unión Europea a partir del año 2013, fecha que coincide con la firma del TLC con esta comunidad de naciones.

La evaluación de los determinantes del volumen comercial, las exportaciones y las importaciones validan los resultados obtenidos a partir del índice de Grubel y Lloyd, en primera medida se validan las hipótesis base del modelo gravitacional de comercio exterior, de forma que el comercio de papa en Colombia presenta una relación positiva frente al tamaño de la economía y negativa frente a la distancia entre países. La firma de TLC tiene un efecto negativo (- 70,06 %) sobre las exportaciones de papa y positivo (2,32 %) para las importaciones del producto. Así se validan las hipótesis propuestas por los productores nacionales y se entiende que al menos para el sector papero la firma de acuerdos comerciales, especialmente con la Unión Europea, se ha comportado como un factor en contra para su desempeño.

Los resultados contradicen los ejercicios generales realizados por Cárdenas y García (2004) y por Bolívar *et al.* (2015), quienes encontraron efectos positivos por la firma de TLC sobre exportaciones e importaciones; esto se debe a que en este caso particular se evalúa el desempeño de un solo producto, condición que hace muy específico el impacto de la firma de los acuerdos. La papa es un producto de alto nivel nacional pero que se ve condicionado por la importación por parte de la Unión Europea, por lo que se clasifica como uno de los bienes que son afectados por la apertura comercial; es necesario tomar medidas que apunten al fortalecimiento de los productores nacionales que les permita mejorar sus condiciones de competitividad; sin embargo, esta no es una tarea sencilla, por lo que se propone como un tema de continuación para futuros trabajos de investigación.

REFERENCIAS

1. Agronet. (2019). Estadísticas agrícolas. <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=1>
2. Albuлесcu, C. T., & Goyeau, D. (2019). The interaction between trade and FDI: the CEECs experience. *International Economics and Economic Policy*, 16(3), 489-509. <https://doi.org/10.1007/s10368-019-00438-1>
3. Alexander, N., Rhodes, M., & Myers, H. (2011). A gravitational model of international retail market selection. *International Marketing Review*, 28(2), 183-200. <https://doi.org/10.1108/02651331111122669>
4. Anderson, J. (1979). A theoretical foundation for gravity equation. *American Economic Review*, 69(1), 106-116. <https://www.jstor.org/stable/1802501>
5. Aparicio, J., & Márquez, J. (2005). Diagnóstico y especificación de modelos panel en Stata. <http://investigadores.cide.edu/aparicio/data/ModelosPanelenStata.doc>
6. Aragón, T. J., & Awakon, R. K. (2015). Aproximación del modelo gravitacional del comercio: análisis del caso colombiano y la Asociación de Cooperación Económica Asia Pacífico para el período 2005-2014. Trabajo de investigación. Pontificia Universidad Javeriana.
7. Bacaria-Colom, J., Osorio-Caballero, M. I., & Artal-Tur, A. (2013). Evaluación del acuerdo de libre comercio México-Unión Europea mediante un modelo gravitacional. *Economía Mexicana, Nueva Época*, 22(3), 143-163. link.gale.com/apps/doc/A533695445/AONE?u=googlesc_holar&sid=bookmark-AONE&xid=36ae92e7
8. Beck, N., & Katz, J. N. (1995). What to do (and not to do) with time-series cross-section data. *American Political Science Review*, 89(3), 634-647. <https://doi.org/10.2307/2082979>
9. Bergstrand, J. H. (1989). The generalized gravity equation, monopolistic competition, and the factor- proportions theory in international trade. *Review of Economics and Statistics*, 71(1), 143-153. <https://doi.org/10.2307/1928061>
10. Bialynicka-Birula, J. (2015). Modelling international trade in art – modified gravity approach. *Procedia Economics and Finance*, 30(15), 91-99. [https://doi.org/10.1016/s2212-5671\(15\)01258-7](https://doi.org/10.1016/s2212-5671(15)01258-7)
11. Bolívar, L., Cruz, N., & Pinto, A. (2015). Modelo gravitacional del comercio internacional colombiano, 1991-2012. *Revista Economía & Región*, 9(1), 245-270. <http://econpapers.repec.org/article/col000411/013791.htm>
12. Cafiero, J. A. (2005). Modelos gravitacionales para el análisis del comercio exterior. *Revista del CEI, Comercio Exterior e Integración*, (4), 77-89.

- http://cei.mrecic.gov.ar/userfiles/parte4_2.pdf%5Cnhttp://www.cei.gob.ar/userfiles/parte4_4.pdf
13. Caicedo-Marulanda, C., & Mora-Rodríguez, J. J. (2011). Comercio intraindustrial Colombia-Estados Unidos: el caso de los bienes altamente tecnológicos (1995-2005). *Cuadernos de Economía*, 30(54), 83-104. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/ceconomia/article/view/24059>
 14. Cárdenas, M., & García, C. (2004). El modelo gravitacional y el TLC entre Colombia y Estados Unidos. *Fedesarrollo*, (1), 1-37. <http://hdl.handle.net/11445/813>
 15. Carrera, M. (1999). Comercio intraindustrial en Europa: determinantes nacionales. *Revista Asturiana de Economía*, (15), 119-146. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2889807>
 16. Cechella, C., Ramos, J., & Ponce, T. (2009). Explaining trade and FDI relationships in a gravitational mode. *Studies in Regional Science*, 39(1), 41-52. <https://doi.org/10.2457/srs.39.41>
 17. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2019a). Estadísticas de importaciones 2012-2019. http://microdatos.dane.gov.co/index.php/catalog/473/get_microdata
 18. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2019b). Estadísticas de exportaciones. http://microdatos.dane.gov.co/index.php/catalog/472/related_materials
 19. Escobar, P. (2005). La papa, producto sensible ante TLC. *El Universo*. <https://www.eluniverso.com/2005/03/07/0001/9/6BBE762B21C94518BFE427E143A781EE.html#:~:text=La%20papa%2C%20seg%C3%BAAn%20un%20estudio,riesgo%20ante%20una%20apertura%20comercial>
 20. Fals-Borda, O. (1975). *Historia de la cuestión agraria en Colombia*. Publicaciones de la Rosca.
 21. Frankel, J., & Rose, A. (2002). An estimate of the effect of common currencies on trade and income. *Quarterly Journal of Economics*, (7857), 437-466. <http://hdl.handle.net/10.1162/003355302753650292>
 22. Gripsrud, G., & Benito, G. R. G. (2005). Internationalization in retailing: modeling the pattern of foreign market entry. *Journal of Business Research*, 58(12), 1672-1680. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2004.11.003>
 23. Grubel, H. G., & Lloyd, P. J. (1971). The empirical measurement of intra industry trade. *Economic Record*, 47(4), 494-517.
 24. Helpman, E., & Krugman, P. (1985). *Market Structure and Foreign Trade: Increasing Returns, Imperfect Competition, and the International Economy*. MIT Press.
 25. Johanson, J., & Vahlne, J. E. (2009). The Uppsala internationalization process model revisited: from liability of foreignness to liability of

- outsidership. *Journal of International Business Studies*, 40(9), 1411-1431. <https://doi.org/10.1057/jibs.2009.24>
26. Leontief, W. (1953). *The Structure of the American Economy*. Oxford University Press.
 27. Lucángeli, J. (2007). *La especialización intraindustrial en Mercosur*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. <http://repositorio.cepal.org/handle/11362/5431>
 28. Martín, J., & Orts, V. (1996). Naturaleza y causas del comercio intraindustrial. *Ekonomiaz: Revista Vasca de Economía*, (36), 78-101. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=274415>
 29. Montiel, S. (2013). Impacto del TLC con Estados Unidos sobre los sectores económicos colombianos. *Saber, Ciencia y Libertad*, 8(1), 125-130. <https://doi.org/https://doi.org/10.18041/2382-3240/saber.2013v8n1.1885>
 30. Nagao, K. (2016). *Estructura y determinantes principales del comercio internacional para el Ecuador* [Tesis de pregrado, Universidad San Francisco de Quito]. Quito. <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/5385>
 31. Pombo, C. (1994). Comercio intraindustrial: el caso colombiano. *Coyuntura Económica*, 119-138. https://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/2263/Co_Eco_Diciembre_1994_Pombo.pdf?sequence=2&isAllowed=y
 32. Porter, M. E. (2008). Las cinco fuerzas competitivas que le dan forma a la estrategia. *Harvard Business Review. América Latina*, 1-18. https://utecno.files.wordpress.com/2014/05/las_5_fuerzas_competitivas-_michael_porter-libre.pdf
 33. Rossler, N. (2009). El comercio interindustrial e intraindustrial de lácteos entre Argentina y el exterior. XVII Jornadas de Jóvenes Investigadores de la Asociación de Universidades Grupo Montevideo (AUGM). https://www.researchgate.net/profile/Noelia_Rossler/publication/283730738_EL_COMERCIO_INTERINDUSTRIAL_E_INTRAININDUSTRIAL_DE_LACTEOS_ENTRE_ARGENTINA_Y_EL_EXTERIOR/links/5645f85308ae9f9c13e72a49/EL-COMERCIO-INTERINDUSTRIAL-E-INTRAININDUSTRIAL-DE-LACTEOS-ENTRE-
 34. Tinbergen, J. (1962). *Shaping the World Economy*. Twentieth Century Fund.
 35. Tonon-Ordóñez, L. B., Pinos-Luzuriaga, L. G., Albornoz-Flores, A. C., & García-Flores, P. E. (2019). Elasticidad-renta del comercio bilateral mediante el modelo gravitacional. Caso Ecuador. *Revista Economía y Política*, XV(30), 139-156. <https://doi.org/10.25097/rep.n30.2019.06>
 36. Universidad de Vigo. (2017). Estimación por mínimos cuadrados generalizados. <http://cjardon.webs.uvigo.es/Transparencias/Unidad6.pdf>

37. Vasco, M., Cortés, L. M., Gaitán, S., & Durán, I. A. (2014). Fusiones y adquisiciones en Latinoamérica, gobierno corporativo y modelo gravitacional. *Journal of Economics, Finance and Administrative Science*, 19(37), 108-117. <https://doi.org/10.1016/j.jefas.2014.10.003>
38. Yaselga, E., & Aguirre, I. (2018). Modelo gravitacional del comercio internacional para Ecuador 2007-2017. *Cuestiones Económicas*, (28), 133-176. <http://repositorio.bce.ec/handle/32000/2094>

LA RESPUESTA DE LA OFERTA DE YUCA AL PRECIO EN LOS DEPARTAMENTOS DE CÓRDOBA Y SUCRE, COLOMBIA: UNA REGRESIÓN COINTEGRANTE, 1976-2019

Omar Castillo Núñez

Castillo Núñez, O. (2023). La respuesta de la oferta de yuca al precio en los departamentos de Córdoba y Sucre, Colombia: una regresión cointegrante, 1976-2019. *Cuadernos de Economía*, 42(90), 603-628.

Usando los mínimos cuadrados ordinarios modificados se estimó la respuesta de largo plazo de la oferta de yuca a las variaciones del precio en los departamentos de Córdoba y Sucre, Colombia, durante el período 1976-2019 mediante regresiones cointegrantes de la producción, el área y el rendimiento como *proxies* a la oferta. La respuesta es inelástica al precio: una variación de este en 10% aumenta

O. Castillo Núñez

Universidad de Córdoba, Facultad de Ciencias Agrícolas, Montería, Córdoba, Colombia. Correo electrónico: ocastillo@correo.unicordoba.edu.co

Sugerencia de citación: Castillo Núñez, O. (2023). La respuesta de la oferta de yuca al precio en los departamentos de Córdoba y Sucre, Colombia: una regresión cointegrante, 1976-2019. *Cuadernos de Economía*, 42(90), 603-628. <https://doi.org/10.15446/cuadernos.v42n90.97459>

Este artículo fue recibido el 24 de julio de 2021, ajustado el 1 de noviembre de 2022 y su publicación aprobada el 17 de enero de 2023.

la oferta en 8,1 %: 62 % de tal incremento se produce por expansión del área y 30 % por ampliación de la productividad. Esta sensibilidad a factores de precio sugiere que las intervenciones del Estado deben enfatizar en su papel de proveedor de bienes públicos.

Palabras clave: economía agraria; microeconomía; series de tiempo; cointegración.

JEL: C22, D00, D22, Q11.

Castillo Núñez, O. (2023). Cassava supply response to prices in the department of Cordoba and Sucre, Colombia: A cointegrating regression, 1976-2019. *Cuadernos de Economía*, 42(90), 603-628.

Using the Full Modified Ordinary Least Squares estimator, an approximation of the long-term response of the yucca supply to price variations was obtained in the departments of Cordoba-Sucre, Colombia between 1976 and 2019 by cointegrating production, area and performance as proxies of the supply. The response is inelastic to price: a 10 % variation in the price increases the supply in 8,1 %: 62 % of such rise is caused by area expansion and 30 % due to a surge in productivity. This sensibility to price factors helps to define that Government or institutional interventions in this activity should happen in their role as a public good provider.

Keywords: Agricultural economy; microeconomy; time series analysis; cointegration.

JEL: C22, D00, D22, Q11.

INTRODUCCIÓN

Las evidencias arqueológicas sobre el cultivo de la yuca muestran que fue el primero implementado por la cultura cenú entre los años 1000 a. C. y 500 a. C. (Dolmatoff y Dolmatoff, 1956). Por lo tanto, existe una tradición milenaria en la producción y el consumo de este alimento en los departamentos de Córdoba y Sucre, localizados en la zona noroccidental del caribe colombiano.

La producción se desarrolla en unidades relativamente pequeñas; de hecho, el Censo nacional agropecuario del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (Dane) (2014) reportó en los dos departamentos 45 177 hectáreas sembradas de yuca en 19 240 unidades de producción, un tamaño medio es 2,3 hectáreas, inferior a la media nacional, 3,0 hectáreas. Su contribución a la producción física nacional no es nada despreciable: durante el período 1976-2019 estos dos departamentos aportaron, en promedio, el 18 % de ella; el 17 % del área, y el rendimiento físico de la tierra ha estado 8 puntos porcentuales por encima, 108 % (Pérez, 2021). Durante este mismo período, la producción física creció a una tasa geométrica constante de 2,2 %, el área, 1,6 % y el rendimiento 0,6 % (Castillo y Oyola, 2020).

La respuesta de los productores agrarios a los cambios de precio del producto, conocida como la respuesta de la oferta agraria, ha tenido una larga tradición en la economía agraria (Brockhaus *et al.*, 2016; Chavas *et al.*, 2010; Lee y Helmberger, 1985; Nerlove, 1956). Mide la variación de la oferta agraria ante los cambios de precio y de otros factores determinantes de ella, que en conjunto ayudan a extraer la verdadera relación entre el precio y las variaciones de la oferta. La evidencia empírica, reseñada por Mundlak (2001) y Haile *et al.* (2016), muestra que los agricultores prefieren precios más altos, mejoramiento tecnológico e infraestructuras óptimas, todo lo cual acrecienta sus ingresos económicos.

En Colombia, Junguito (1980), García y Montes (1987, 1988), Betancourt (1989) y Ramírez *et al.* (2004) estimaron elasticidades de oferta-precio de productos agropecuarios individuales y a nivel de la oferta agregada; encontraron que la producción agraria sí responde a cambios en los precios y estos cambios se transmiten vía modificaciones del área y de los rendimientos físicos.

En el ámbito regional, la evidencia es inexistente. Pérez (2021) estableció correlaciones significativas entre las primeras diferencias de la oferta de yuca y variables en primeras diferencias del precio real retardado un año, el precio corriente del ñame y el riesgo-precio; y no significativas, aunque con signo correcto, con el riesgo-clima, la rentabilidad de un producto competente y el cambio técnico, medido por una variable de tendencia temporal.

Esta investigación revisita esa vieja relación económica buscando responder, en una subregión geográfica del caribe colombiano, la pregunta: si varía el precio de la yuca en los departamentos de Córdoba y Sucre ¿en qué dirección responde y cuánto varía la oferta de esta en el largo plazo?

Para dar respuesta se plantea como hipótesis de trabajo –con la guía del enfoque teórico convencional de la economía neoclásica– la existencia de una relación causal de largo plazo positiva en dirección precio-oferta en la primera parte de la pregunta. Ello supone función de costo marginal creciente por encima del costo medio de producción, que define la oferta de largo plazo. En estructuras de mercado competitivas el productor racional maximiza la ganancia económica produciendo una cantidad de producto con la que el costo marginal se iguala con el ingreso marginal. Desde el iconoclasta libro del profesor Schultz (1964), se probó que lejos de ser irracionales y fatalistas, los pequeños productores son agentes económicos calculadores, caracterizados por eficiencia asignativa, lo que se conoce como “las hipótesis de pobres, pero eficientes”.

En la segunda parte de la cuestión, se hipotetiza una respuesta inelástica de la oferta al precio, esto es, ante variaciones del precio la oferta responde en una magnitud o proporción inferior. El carácter inelástico de la oferta de productos agrarios está influido por distintas razones, entre otras:

(i) La relativa inflexibilidad de la producción determinada por un proceso biológico de crecimiento de las plantas y animales, secuencial y en gran medida estacional, lo cual limita la respuesta de la oferta en el corto plazo a las variaciones de precio, aunque, en el largo plazo, el incremento del área y prácticas intensivas del cultivo ante precios altos pueden provocar una respuesta superior.

(ii) El almacenamiento no es una alternativa de comercialización de la yuca, pues es un producto perecedero; en consecuencia, las opciones del productor en cuanto a cuándo y en qué condiciones vender el producto son limitadas (Piot-Lepetit y M'Baraek, 2011).

La mayoría de la investigación en el contexto nacional ha utilizado el enfoque del modelo de ajuste parcial nerloviano en el que los cambios del precio esperado del producto provocan variaciones de la oferta, las cuales seguirán una trayectoria de ajustes a través del tiempo hasta llegar a su nivel de largo plazo. Este enfoque econométrico tiene al menos dos limitaciones:

(i) Ni el nivel de producto deseado o futuro, ni el precio esperado son observables. La literatura empírica ha empleado diferentes tipos de *proxies* para estas variables que pueden afectar los resultados obtenidos: en el caso del precio esperado del producto, la literatura no provee evidencias inequívocas con respecto a cuál modelo de formación de las expectativas debe ser utilizado para la estimación empírica de la respuesta de la oferta (Nerlove y Bessler, 2001).

(ii) No toma en cuenta que los datos de series de tiempo de variables económicas tienen tendencias estocásticas (Nelson y Plosser, 1982) que generan estimaciones sesgadas y altos coeficientes de determinación, R^2 , debido a la regresión espuria de variables explicativas con tendencias que conducen a sobrestimar las pruebas de significación de los coeficientes estimados (los valores de la prueba *t-student*) en el caso de autocorrelación (Granger y Newbold, 1974; Phillips, 1986).

A diferencia de la anterior, en esta investigación los resultados que dan respuesta a la pregunta planteada se obtienen de la aplicación de metodologías econométricas de series de tiempo no estacionarias que toman en cuenta las características estocásticas de las variables empleadas, mediante pruebas de raíces unitarias; se identifica la existencia de relaciones de equilibrio de largo plazo estacionarias entre las variables en una ecuación única de regresores, llamada regresión cointegrante estimada utilizando el estimador de mínimos cuadrados ordinarios totalmente modificados; la existencia de cointegración se contrasta con una batería de pruebas, pero no se hace explícito la segunda etapa de la estimación de Engle-Granger (1987). Es decir, no se estima el modelo de corrección de error (MCE), que relaciona las variables en niveles y diferenciadas.

Los resultados aportan evidencia empírica adicional acerca de la respuesta de la oferta al precio de un cultivo individual considerado tradicional en sus técnicas de producción (Aguilera, 2012) y de unidades de producción pequeñas. Además, tienen implicaciones de política sectorial y macroeconómica.

En lo que sigue a esta introducción se esbozan conceptos teóricos y resultados empíricos de la respuesta de la oferta agraria, la metodología econométrica, los resultados obtenidos y las conclusiones y recomendaciones.

ASPECTOS TEÓRICOS Y EMPÍRICOS DE LA RESPUESTA DE LA OFERTA AGRARIA

En la microeconomía convencional neoclásica la definición de la respuesta de la oferta agraria se refiere a cuánto varía esta cuando varía el precio del producto y los otros factores económicos determinantes, como: el precio de los insumos, el precio de los productos competentes por recursos, el precio del coproducto, etcétera¹.

Una variación del precio del producto pagado al agricultor, no obstante, puede desencadenar cambios, de tal manera que el efecto neto en la cantidad ofrecida difiera del obtenido en las condiciones mencionadas de otros factores de oferta constantes. Cochrane (1955) sugirió que la respuesta neta de la oferta a un cambio de precio es el resultado de movimientos a lo largo de la curva de oferta y de desplazamientos en el nivel de la curva. Así, un cambio de precio puede provocar tanto desplazamiento de la curva de oferta como movimientos a lo largo de la misma, dependiendo de si la variación del precio es un aumento o una disminu-

¹ Aparte de esos factores económicos –llamados factores de precio– otros factores –denominados de no-precio– afectan la oferta agraria desplazándola en el tiempo. En el corto plazo, los factores climáticos, asociados a la naturaleza como la disponibilidad de agua y la calidad de los suelos generan riesgo-rendimiento; la variabilidad de los precios ocasiona riesgo-precio. Factores institucionales: la política macroeconómica y la política sectorial relacionadas con el crédito, la provisión de bienes públicos (infraestructuras de riego y drenaje, comunicación y transporte, almacenamiento, investigación agraria y educación rural) y las instituciones de tenencia de la tierra, etcétera.

ción. En particular, cuando aumenta el precio del producto y los ingresos económicos mejoran, los agricultores tienden a ampliar las áreas sembradas o a intensificar el uso de la tierra mediante la incorporación de nuevas tecnologías e insumos que acrecientan los rendimientos físicos a una velocidad superior a cuando los precios son constantes o declinan, pues precios más altos permiten financiar la adopción de esas nuevas tecnologías. Cuando los precios bajan los agricultores no descartan las nuevas tecnologías y se mueven a lo largo de la nueva curva de oferta de manera descendente.

Rao (1989), Mundlak (2001) y Haile *et al.* (2016) dan cuenta de los principales resultados empíricos de la respuesta de la oferta agraria. En particular, Mundlak (2001) destaca:

(i) La elasticidad de la oferta agraria agregada en el corto plazo cae en el rango de 0,1-0,3 cuando se estima directamente, esto es, a través del enfoque de ajuste parcial nerloviano.

(ii) Las elasticidades estimadas decrecen con el nivel de agregación; en general, los valores son más altos cuando se estima para productos individuales que cuando se evalúan en el producto agregado.

(iii) La estimación indirecta de la elasticidad de la oferta, obtenida con la estimación de la demanda del factor y de la oferta del producto dentro de una estructura de maximización de la ganancia económica en la llamada cultura de la dualidad, es mayor que la estimación directa.

(iv) Se ha observado que cuando se introduce el producto retardado en la ecuación empírica de la oferta, mejora el ajuste y generalmente elimina la correlación serial. Sin embargo, cuando se introduce a la ecuación una medida del capital o de los insumos fijos, la relevancia estadística de la variable dependiente retardada se reduce o resulta insignificante. Un resultado similar se logra cuando se agrega una variable de tendencia.

(v) Cuando la muestra se subdivide en períodos de acuerdo con la dirección del cambio de precios se ha encontrado que:

(a) La elasticidad de la oferta es mayor en períodos de incremento de precios.

(b) Cuando el capital se incluye en la función de oferta su coeficiente es positivo en períodos de crecimiento de precios, y es cero en períodos en los que estos caen.

(c) Cuando se utilizan retardos distribuidos, la tasa de ajuste del modelo es mayor en períodos de aumentos de precio.

Tales resultados provienen de una modelación de la oferta agraria bajo el supuesto de estructuras de mercado competitivas. El entorno económico en el que se desarrolla la producción y el consumo de yuca en el mercado nacional es próximo a tales supuestos: (i) el número de unidades de producción es grande: 142560

(Dane, 2014); con un consumo per cápita de 39,4 kg. Rivera *et al.* (2021) calcularon 50 millones de consumidores para un consumo de 2,6 millones de toneladas anuales: 82 % consumo humano, 3 % procesamiento y 15 % otros usos. Entre mayor sea el número de estos agentes económicos, más alta es la probabilidad de que sean tomadores de precio; (ii) en el mismo sentido, el producto es bastante homogéneo, indiferenciado en términos del tipo, variedad, calidad y uso final, los vendedores de productos homogéneos son tomadores de precio; y (iii) a diferencia de la mayoría de cultivos agrícolas, en la estructura de costo de este no existe mayor inversión en insumos *lumpy*: aquellos cuya cantidad no puede ajustarse gradualmente, sino por saltos muy asociados a la mecanización, y los cuales originan economías de escala (Eastwood *et al.*, 2010); así, estas inversiones no representan barreras de salida de la actividad.

METODOLOGÍA

Esta investigación acude a técnicas de modelación econométrica de series de tiempo entre variables no estacionarias integradas de orden 1, $I(1)$. Una serie es $I(1)$ si se vuelve estacionaria en sus primeras diferencias. En general, una ecuación de regresión que involucre los niveles de estas variables producirá resultados equivocados en las pruebas convencionales de significación de los coeficientes, mostrando espuriamente una relación significativa entre series no relacionadas (Phillips, 1986).

Dos o más series $I(1)$ pueden ser estacionarias, $I(0)$, en cuyo caso las variables están cointegradas, esto es, existe una combinación lineal que caracteriza la relación de equilibrio de largo plazo predicha por la teoría económica. Si están cointegradas, es posible estimar relaciones de largo y de corto plazo dentro de un MCE (Engle y Granger, 1987).

La metodología utilizada aquí, sin embargo, no aborda el procedimiento bietápico de Engle-Granger –en el que la segunda etapa es la estimación del MCE–, sino que estima la regresión cointegrante y esta se contrasta con una batería de pruebas que definen la existencia de cointegración. En consecuencia, la relación de equilibrio de largo plazo es estática, en el sentido que el modelo no da cuenta del proceso de ajuste cuando en el corto plazo las variables tienden a alejarse de esa relación de equilibrio, por lo tanto, no se introducen variables dependientes ni explicativas retardadas. Se asume, además, que la variación de la oferta ante las variaciones del precio es simétrica; por ende, la relación entre las variables es lineal.

Considero una ecuación de cointegración con vector de cointegración único, sugerida por Hansen (1992) y Phillips y Hansen (1990) cuyos coeficientes, β , se estiman con métodos de regresión.

$$y_t = x_t' \beta + D_{1t}' \gamma_1 + u_t \quad (1)$$

Donde:

$x'_t = (x'_{1t}, x'_{2t}, \dots, x'_{kt})$ vector de variables explicativas, regresoras o predictoras

$D'_t = (D'_{1t}, D'_{2t})'$ vector de tendencias determinísticas regresoras

Los n regresores estocásticos, x_t , son gobernados por el sistema de ecuaciones:

$$\begin{aligned} x_t &= \Gamma'_{21} D_{1t} + \Gamma'_{22} D_{2t} + \varepsilon_{2t} \\ \Delta \varepsilon_{2t} &= v_t \end{aligned} \quad (2)$$

Donde:

Γ = coeficientes de tendencias determinísticas regresoras del vector D_{1t} , que entran en la ecuación cointegrante y en la ecuación de regresores, mientras los del vector D_{2t} son incluidos en la ecuación de regresores, pero no en la ecuación cointegrante.

$[u_t, v'_t]'$ = vector de perturbaciones $I(0)$. En general, estas perturbaciones pueden estar autocorrelacionadas y correlacionadas entre sí. Los elementos de y_t y los de los regresores x_t son $I(1)$ y cointegrados, pero se excluye tanto la cointegración entre los elementos de x_t y la multicointegración. Bajo estas condiciones el vector de la serie de tiempo $[y_t, x'_t]'$ es cointegrado con vector de cointegración $[1 - \beta]'$.

El estimador mínimo cuadrático ordinario de β en la ecuación (1) fue sugerido y analizado, entre otros, por Engle y Granger (1987), Stock (1986) y Park y Phillips (1988). Este se mostró como un estimador superconsistente de β aun en situaciones donde u_t y v_t están correlacionados entre sí. Empero, como en la regresión estándar, tal correlación entre los residuales del vector de cointegración vuelve inapropiada la inferencia sobre los coeficientes del vector de cointegración, y los regresores no son estrictamente exógenos con el término de error u_t (Enders, 2017; Harris y Sollis, 2003; Martin *et al.*, 2013).

Estimador FMOLS

Para resolver estos efectos de correlación serial y de endogeneidad en los regresores que surgen ante la existencia de una relación de cointegración, Phillips y Hansen (1990) modificaron el estimador de mínimos cuadrados ordinarios e introdujeron el estimador de mínimos cuadrados ordinarios modificados (FMOLS, por su sigla en inglés), el cual emplea una corrección semiparamétrica para eliminar la correlación de largo plazo entre la ecuación cointegrante y las innovaciones de los regresores estocásticos. Implica la siguiente estrategia de estimación (en este punto sigla a Martin *et al.* 2013) de la ecuación (1):

(i) Estimarla mediante mínimos cuadrados ordinarios para obtener β_{OLS} y \hat{u}_t ; \hat{v}_t puede estimarse indirectamente como $v_t = \Delta \varepsilon_{2t}$ desde la regresión en niveles de la ecuación (2), o directamente de la misma regresión diferenciada de Δx_t .

(ii) Formar el vector $z_t = (\hat{u}_t, \hat{v}_t)'$ y obtener la estimación de las matrices de varianza-covarianza de largo plazo:

$$\Omega_{zz} = \sum_{j=-\infty}^{\infty} E[z_t z'_{t-j}], \hat{\Lambda}_{zz} = \sum_{j=0}^{\infty} E[z_t z'_{t-j}]$$

Utilizando estimadores de cualquiera de los enfoques existentes: el *kernel* no paramétrico (Andrews, 1991; Newey y West, 1987) o el *kernel prewhitened* (Andrews y Monahan, 1992). Cada uno de ellos se particiona conforme con u_t :

$$\hat{\Omega}_{zz} = \begin{bmatrix} \hat{\omega}_u^2 & \hat{\omega}'_{vu} \\ \hat{\omega}_{vu} & \hat{\Omega}_{vv} \end{bmatrix}, \hat{\Lambda}_{zz} = \begin{bmatrix} \hat{\delta}_u^2 & \hat{\delta}'_{vu} \\ \hat{\delta}_{vu} & \hat{\Lambda}_{vv} \end{bmatrix}$$

(iii) El estimador *FMOLS* de β es:

$$\begin{bmatrix} \beta \\ \hat{\gamma}_1 \end{bmatrix} = \left[\sum_{t=2}^T h_t h_t' \right]^{-1} \left[\sum_{t=2}^T h_t y_t^* - T \begin{bmatrix} \delta_{vu}^* \\ 0 \end{bmatrix} \right] \quad (3)$$

Donde:

$$\begin{aligned} h_t &= (x_t', D_t')' \\ y_t^* &= y_t - \hat{v} \hat{\Omega}_{vv}^{-1} \hat{\omega}_{vu} y \\ \delta_{vu}^* &= \hat{\delta}_{vu} - \hat{\Lambda}_{vv} \hat{\Omega}_{vv}^{-1} \hat{\omega}_{vu} \end{aligned}$$

La clave de la estimación *FMOLS* es la construcción de los estimadores de la varianza de largo plazo Ω y Λ . Este estimador modificado es asintóticamente insesgado y su distribución asintótica es normal mixta, permitiendo realizar pruebas de Wald utilizando la inferencia estadística chi-cuadrado asintótica.

Estimadores alternativos de la ecuación (1) con los que se obtienen los mismos resultados han sido propuestos por Saiikonon (1991), Phillips (1991), Park (1992), Stock y Watson (1993) y Marinucci y Robinson (2001).

Pruebas de cointegración

Para demostrar la existencia de cointegración entre las variables de la ecuación de regresores cointegrantes (1) se realizaron pruebas de cointegración de Engle y Granger (1987) y Phillips y Ouliaris (1990), que son pruebas de raíces unitarias aplicadas a los residuos de la ecuación cointegrante (1); y la prueba de variables agregadas $H(p,q)$ de Park (1992).

En el supuesto que las series no están cointegradas, toda combinación lineal de (y_t, x_t') incluyendo los residuos de la estimación mínimo cuadrática estática, tienen raíces unitarias no estacionarias. Por lo tanto, la hipótesis nula H_0 : no cointegración, contra la alternativa H_a : cointegración, corresponde a una prueba de raíz unitaria: H_0 : no estacionariedad contra la H_a : estacionariedad.

Prueba de Engle-Granger (E-G)

La prueba E-G estima una regresión Dickey-Fuller aumentada de p -retardos, ADF de la forma:

$$\hat{\Delta}u_t = (\rho - 1)\hat{u}_{t-1} + \sum_{j=1}^p \lambda_j \hat{\Delta}u_{t-j} + v_t$$

Se realizan dos pruebas estadísticas estándar ADF:

(i) Una, basada en el estadístico *t-student* que prueba H_0 : no cointegración, esto es: $\rho = 1$.

$$\hat{t} = \frac{\hat{\rho} - 1}{se(\hat{\rho})} \quad (4)$$

Donde:

$se(\hat{\rho})$ = estimador mínimo cuadrático ordinario del error estándar del $\hat{\rho}$ estimado.

Stock (1986) y Hayashi (2000) lo definen:

$$se(\hat{\rho}) = \hat{s}_v \left(\sum_t \hat{u}_{t-1}^2 \right)^{-1/2}$$

(ii) Dos, basada directamente en el coeficiente de autocorrelación normalizado $\hat{\rho} - 1$.

$$\hat{z} = \frac{T(\hat{\rho} - 1)}{(1 - \sum_j \hat{\lambda}_j)} \quad (5)$$

Prueba Phillips-Ouliaris (P-O)

En contraste con la de E-G, la prueba de P-O obtiene una estimación de ρ ejecutando una regresión no aumentada Dickey-Fuller.

$$\Delta \hat{u}_t = (\rho - 1)\hat{u}_{t-1} + \omega_t$$

Y usa los resultados para calcular la estimación de la varianza de largo plazo ω_w y la varianza de largo plazo de un solo lado $\lambda_{1\omega}$ de los residuos.

El sesgo corregido del coeficiente de autocorrelación está dado por:

$$(\hat{\rho}^* - 1) = (\hat{\rho} - 1) - T\hat{\delta}_{1\omega} \left(\sum_t \hat{u}_t^2 \right)^{-1}$$

Las pruebas correspondientes para contrastar cointegración son:

$$\hat{t} = \frac{\hat{\rho}^* - 1}{se(\hat{\rho}^*)} \tag{6}$$

$$\hat{z} = T(\hat{\rho}^* - 1) \tag{7}$$

Donde:

$$se(\hat{\rho}^*) = \hat{\omega}_w^{1/2} \left(\sum_t \hat{u}_t^2 \right)^{-1/2}$$

Los valores críticos son provistos por Mackinnon (1996) incluidos distintos supuestos sobre la presencia de regresores determinísticos en la ecuación de cointegración.

Prueba de variables agregadas de Park

Park propuso una prueba de variables agregadas $H(p,q)$ en la que se contrasta la significancia de tendencias temporales espurias en una ecuación cointegrante estimada usando métodos distintos a mínimos cuadrados ordinarios (OLS, por sus siglas en inglés). Si en la ecuación cointegrante (1), por ejemplo D_1t consta solo de una tendencia cuadrática hasta el orden p , entonces la prueba Park estima el modelo de la regresión espuria incluyendo desde $p + 1$ hasta q tendencias espurias:

$$y_t = x_t'\beta + \sum_{s=0}^p t^s \gamma_s + \sum_{s=p+1}^q t^s \gamma_s + u_t \tag{8}$$

Se contrasta la hipótesis de significancia conjunta de los coeficientes determinísticos $(\gamma_{p+1}, \dots, \gamma_q)$. Bajo H_0 : cointegración, los coeficientes de tendencia espuria deben ser no significativos, pues los residuos son estacionarios. Asumiendo la hipótesis de que la especificación original de la ecuación de cointegración es la correcta, el estadístico de la prueba se evalúa con la distribución χ^2_{q-p} asintótica, y debería rechazarse.

DATOS

Se utilizó la producción, el área y el rendimiento observado durante el período 1976-2019 como variables *proxy* a las decisiones de oferta (Coyle, 1999; Weersink *et al.*, 2010; Yu *et al.*, 2012).

La tabla 1 da cuenta de la simbología de las variables, las unidades en las que se expresan y la fuente de la que se toman. x_5 es una variable *proxy* a la rentabilidad de un producto competente por recursos. Los precios del ganado cebado vivo son tomados del Observatorio de Precios y Costos Agrarios de la Zona Noroccidental del Caribe Colombiano, de la Universidad de Córdoba. Ambos se expresan en pesos corrientes por kilogramo. Las variables y_1 , y_2 , y_3 , x_1 , x_4 fueron transformadas en logaritmos naturales para ser interpretadas como elasticidades-precio propias y cruzadas de la oferta de yuca.

Dada la característica de muestra pequeña, 44 observaciones, se toma a lo sumo 2 o 3 variables predictoras.

Se utilizó el *software* Econometric-Views versión 11 (2018) para la estimación del modelo (1).

Tabla 1.

Variables utilizadas de la oferta de la yuca, precio y algunos determinantes

Variable	Unidad	Fuente
y_1 = oferta de yuca	toneladas	MADR (1985, 2019)
y_2 = oferta de yuca	hectáreas	MADR (1985, 2019)
y_3 = oferta de yuca	kilogramos por hectárea	MADR (1985, 2019)
x_1 = precio real de la yuca	\$ constantes del año 2014	Construcción a partir de Dane
x_2 = riesgo-precio	porcentaje	OPCA
x_3 = riesgo-rendimiento	porcentaje	Construcción a partir de Ideam
x_4 = precio del ñame	\$ corriente por tonelada	Dane
x_5 = precio relativo	kg de yuca/kg de ganado vivo	OPCA

Fuente: elaboración propia.

RESULTADOS

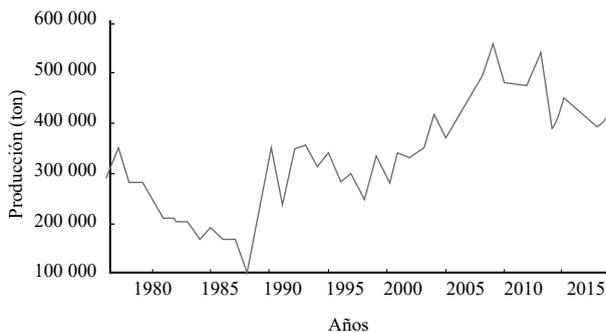
Estadísticas descriptivas

En las figuras 1, 2 y 3 se presenta el comportamiento de la producción, el área y el rendimiento como variables *proxy* de la oferta; en la figura 4 el comportamiento del precio real de la yuca deflactado por el índice de precio al productor agrario del Dane base 2014 = 100; en la figura 5 se muestra la evolución del precio nominal

del ñame como producto competente por recurso y expresión de agricultura conjunta en la técnica de cultivo asociado yuca/ñame.

Figura 1.

Departamentos de Córdoba y Sucre. Evolución de la producción de yuca 1976-2019 (toneladas)



Fuente: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (1985, 2019).

Figura 2.

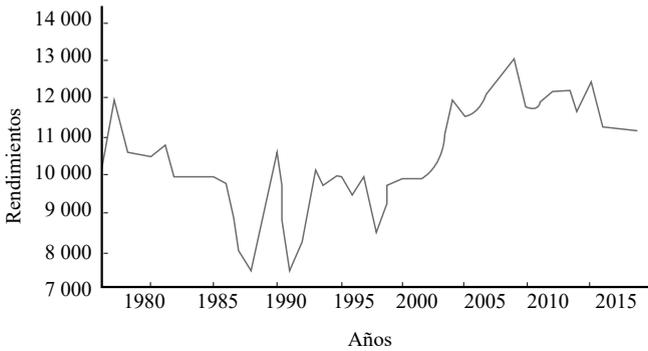
Departamentos de Córdoba y Sucre. Evolución del área cosechada de yuca 1976-2019 (hectáreas)



Fuente: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (1985, 2019).

Figura 3.

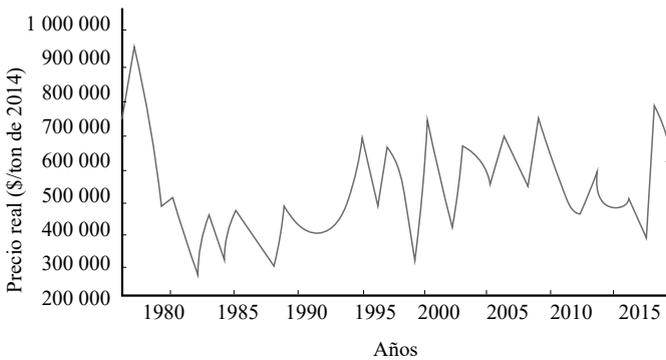
Departamentos de Córdoba y Sucre. Evolución de los rendimientos físicos de la yuca 1976-2019 (kilogramos por hectárea)



Fuente: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (1985, 2019).

Figura 4.

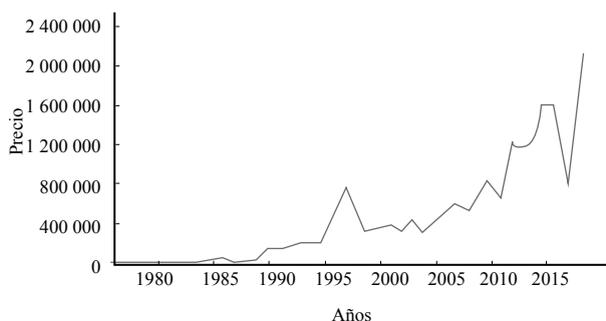
Departamentos de Córdoba y Sucre. Evolución del precio real de la yuca 1976-2019 (pesos constantes/toneladas)



Fuente: elaboración propia con base en Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (1985) y Dane (1999, 2019).

Figura 5.

Departamentos de Córdoba y Sucre. Precio nominal del ñame 1976-2019 (pesos/tonelada)



Fuente: Dane (1985, 1999, 2019).

El comportamiento de las variables de oferta y precio de la yuca fue decreciente desde 1976 hasta mediados y finales de los años ochenta; después siguió una trayectoria creciente; el precio del ñame fue, en general, ascendente. A primera vista, no parecen ser estacionarias en media ni en varianza.

En la tabla 2 se muestran estadísticos descriptivos. La inestabilidad de la oferta, medida por el coeficiente de variación, es relativamente alta cuando se aproxima con el dato de la producción y del área; la variabilidad del precio también es alta. Excepto el precio del ñame, las demás siguen una distribución normal evaluada con el estadístico Jarque-Bera.

Tabla 2.

Departamentos de Córdoba y Sucre. Estadísticas descriptivas de yuca, 1976-2019

Variables/estadístico	y_1 (t)	y_2 (has)	y_3 (kg/ha)	x_1 (\$/kg)	x_4 (\$/t)
Media (miles)	334,7	31,1	10,6	518,5	485,0
Máximo (miles)	561,1	44,4	13,0	944,6	2240
Mínimo (miles)	105,5	14,0	7,5	260,0	3,0
Desviación estándar	109,9	7,7	1,4	146,1	531,7
Coeficiente de variación	0,33	0,26	0,13	0,28	1,1
Jarque-Bera	0,6	0,31	0,62	0,28	0,0
Observaciones	44	44	44	44	44

Fuente: elaboración propia con base en salida de *software*.

Características estocásticas de los datos

Para identificar el orden de integración de las variables se usó la prueba de raíz unitaria propuesta por Elliott *et al.* (1996), conocida por su sigla en inglés como DF-GLS: Dickey-Fuller con mínimos cuadrados generalizados destendencializados. Esta prueba implica la estimación de la ecuación de la prueba *ADF*, después de sustituir los valores originales de las variables y_t y x_t por los valores destendencializados de la regresión mínimo cuadrática generalizada, y_t^d :

$$\Delta y_t^d = \lambda y_{t-1}^d + \beta \Delta y_{t-1}^d + \dots + \beta_{p-1} \Delta y_{t-p+1}^d + \nu_t \quad (9)$$

Donde:

y_t^d es la variable respectiva destendencializada. La H_0 : existencia de una raíz unitaria en las primeras diferencias de la serie. Esta se rechaza si la estimación de λ en la ecuación (9) cae por debajo de los valores críticos propuestos por MacKinnon (1996).

Tabla 3.

Prueba de raíz unitaria de los datos DF-GLS

Variables	En niveles	Primeras diferencias	Orden de integración
	λ calculado	λ calculado	
y_1	- 1,01	- 10,2	I (1)
y_2	- 1,15	- 2,58	I (1)
y_3	- 2,5	- 7,15	I (1)
x_1	2,07	- 2,03	I (1)
x_2	- 4,83		I (0)
x_3	- 4,08		I (0)
x_4	1,53	- 7,33	I (1)
x_5	- 1,91	- 5,36	I (1)

Nota. Valores críticos: - 2,62 % al 1 %; - 1,95 % al 5 %; - 1,61 % al 10 %.

Fuente: elaboración propia con base en salida de *software*.

Los resultados de la aplicación de la prueba de las variables originales se muestran en la tabla 3. Como puede verse, el estadístico λ calculado para las variables y_1 , y_3 , x_1 , x_4 , y x_5 en primeras diferencias es menor que el valor crítico al 1 % (- 2,62), por lo tanto, se rechaza H_0 al 1 % y se concluye que son I(1). Con la variable y_2 en primeras diferencias, se acepta rechazar la hipótesis nula al 5 % (- 1,95). Las variables x_2 y x_3 son estacionarias.

La respuesta de la oferta medida por la producción

Acorde con la ecuación (1) y los resultados de la prueba de raíz unitaria, la ecuación cointegrante general de la oferta de yuca, utilizando como *proxy* la producción de esta, fue:

$$Ly_1 = \beta_1 Lx_1 + \beta_2 Lx_4 + \gamma_1 + u_t$$

Como se ve, se incluyó en la especificación una constante, γ_1 , y dos regresores estocásticos: el precio del producto, Lx_1 , y el precio nominal del ñame, Lx_4 .

Para el cálculo de los estimadores de la varianza-covarianza de largo plazo $\hat{\Omega}$ y $\hat{\Lambda}$ se acudió al enfoque no paramétrico que usa el método *prewhitened* (Andrews y Monahan, 1992) con un retardo fijado en 1; y *kernel* Bartlett con ancho de banda escogido por el procedimiento Newey-West (1994) automático. Este tuvo un valor de 1,9976 con longitud de 3 retardos. El resultado es la ecuación de regresores:

$$Ly_1 = 0,8066Lx_1 + 0,123Lx_4 + 1,44 + u_t$$

(0,000) (0,000) (0,587)

La cifra en paréntesis corresponde a la probabilidad de rechazar $H_0 = \beta_1 = \beta_2 = \gamma_1 = 0$. El valor de la varianza de largo plazo, que es una estimación de la varianza de largo plazo de u_t condicional con v_r , tuvo un valor de 0,1192. Este es el valor de $\hat{\omega}_{vu}$ empleado en la formación de la covarianza de los coeficientes y es obtenido de $\hat{\Omega}$ y $\hat{\Lambda}$ usado en la estimación. No se aplicó en su cálculo ninguna corrección por los grados de libertad.

En la tabla 4 se muestran los resultados de las pruebas de cointegración.

Tabla 4.

Pruebas de cointegración en la oferta de yuca en los departamentos de Córdoba y Sucre, 1976-2019

Estadísticos	Pruebas de cointegración					
	E-G		P-O		Park ¹	
	valor	probab.	valor	probab.	valor	probab.
Estadístico tau, $\hat{\tau}$	- 4,26	0,025	- 4,44	0,016	5,74	0,017
Estadístico zeta, \hat{z}	- 25,8	0,0196	- 28,37	0,009		

Nota. ¹ se prueba la existencia de una tendencia determinista $\gamma_2 t$.

Fuente: elaboración propia con base en salida de *software*.

Como se puede observar, los resultados de los dos estadísticos de la prueba E-G rechazan al 5 % de significancia H_0 : no cointegración de la oferta con las variables regresoras.

Los estadísticos de la prueba P-O la rechazan al 1 %. El estadístico de la prueba Park rechaza al 5 % H_0 : cointegración, si se agrega una tendencia determinística en la ecuación de regresión cointegrante verdadera.

En consecuencia, existe el vector de cointegración:

$$\begin{aligned} y_1 &= f(x_1, x_4) = Ly_1 - 0,8066 Lx_1 - 0,123Lx_4 \\ Ly_1 &= 0,8066Lx_1 + 0,123Lx_4 + \mu_t \\ R^2 &= 52 \% \end{aligned} \quad (10)$$

Esta relación de equilibrio de largo plazo indica que la oferta de yuca es sensible a las variaciones de precio del producto: una variación del 10 % en el precio real causa una variación de la oferta en el mismo sentido del 8 %. Responde también a las variaciones del precio del ñame: una variación del precio nominal del ñame causa una variación en la misma dirección de la oferta de yuca equivalente al 12 %.

Para probar que la variación del precio se transmite toda en el largo plazo a la oferta se realizó la prueba de Wald, que evalúa H_0 : $0,8066 = 1$. El t -estadístico, con 40 grados de libertad, acepta H_0 con probabilidad de 0,33.

En Nigeria (provincia de Osun), con regresión *OLS*, datos de corte transversal y la producción mercadeable, Adesiyani *et al.* (2012) reportaron elasticidad-precio de la oferta de yuca de 1,6. También en Nigeria, con datos de series de tiempo en el período 1966-2010 y utilizando un enfoque MCE con la metodología de Johansen, Obayelu y Ebute (2016) no encontraron evidencia válida estadísticamente de relación de largo plazo, es decir, la elasticidad-precio fue cero. En Filipinas, Soria y Preciados (2018) durante el período 1985-2015 evidencian relación positiva pero el parámetro estimado no es una elasticidad².

Resultados tan disímiles podrían estar vinculados con problemas de especificación: en el primer caso por problemas de heterocedasticidad, en el segundo y tercero por problemas con los grados de libertad al usar 4 y 7 variables predictoras más retardos tanto en estas como en la variable regresada.

La respuesta de la oferta medida por el área

Con la misma especificación y en el mismo escenario de aplicación del estimador *FMOLS*, se obtuvo la ecuación de regresores del área como *proxy* a la oferta de yuca. El ancho de banda fue 2,3518; la varianza de largo plazo = 0,0658.

² Sus resultados indican que por cada \$ 100 de incremento en el precio por kilo del año anterior, la producción de yuca aumenta 4,76 toneladas.

$$Ly_2 = 0,50Lx_2 + 0,1016Lx_4 + 3,23 + u_t$$

$$(0,001) \quad (0,000) \quad (0,094)$$

En la tabla 5 se muestran los resultados de las pruebas de cointegración. Estos indican que se puede rechazar H_0 no cointegración al 5% y al 1% en los estadísticos E-G y P-O, respectivamente. En consonancia, el estadístico de Park rechaza al 5% de significancia H_0 : cointegración, si se agrega una tendencia cuártica en la regresión cointegrante correcta.

Por lo tanto, existe un vector de cointegración:

$$y_2 = f(x_1, x_4) = Ly_2 - 0,50Lx_2 - 0,1016Lx_4$$

$$Ly_2 = 0,50Lx_2 + 0,1016Lx_4 + u_t \tag{11}$$

$$R^2 = 56 \%$$

Tabla 5.

Pruebas de cointegración en la oferta de yuca en los departamentos de Córdoba y Sucre, 1976-2019

Estadísticos	Prueba de cointegración					
	E-G		P-O		Park ¹	
	valor	probab.	valor	probab.	valor	probab.
Estadístico tau, $\hat{\tau}$	- 4,52	0,013	- 4,67	0,009	10,22	0,036
Estadístico zeta, \hat{z}	- 27,54	0,011	- 30,05	0,005		

Nota. ¹ se prueba la existencia de una tendencia determinística cuártica $\gamma_4 t^4$ en la ecuación. Fuente: elaboración propia con base en salida de *software*.

Un aumento (disminución) del 10% en el precio real de la yuca causa un incremento (disminución) del 5% en la oferta, medida por el área sembrada. La elasticidad-precio cruzada de la oferta con respecto al precio del ñame, a la luz de la información existente, señala que cuando el precio nominal del ñame varía en 10% la oferta de yuca responde en la misma dirección variando en 10,2%; en consecuencia, son productos complementarios en el uso de factores de producción.

La respuesta de la oferta medida por el rendimiento físico

El modelo plausible de respuesta de la oferta, medida por el rendimiento, fue:

$$Ly_3 = \beta Lx_1 + \gamma_1 + \gamma_2 t + u_t$$

$$Ly_3 = 0,244Lx_1 + 5,89 + 0,005t + u_t$$

$$(0,014) \quad (0,00) \quad (0,014)$$

Se estimó en el mismo escenario de aplicación del estimador FMOLS incluyendo dos variables determinísticas regresoras. El ancho de banda fue 2,7941; el valor de la covarianza de largo plazo = 0,02999.

En la tabla 6 se presentan resultados de la prueba de cointegración. El estadístico \hat{z} de la prueba E-G y P-O rechaza la hipótesis nula de no cointegración, pero al 10 %; la de Park rechaza al 1,0 % la hipótesis nula de cointegración si se incorpora una tendencia cúbica determinística en la ecuación de regresores.

Tabla 6.

Pruebas de cointegración en la oferta de yuca en los departamentos de Córdoba y Sucre, 1976-2019

Estadísticos	Prueba de cointegración					
	E-G		P-O		Park ¹	
	valor	probab.	valor	probab.	valor	probab.
Estadístico tau, $\hat{\tau}$	-3,65	0,1	-3,67	0,098	28	0,00
Estadístico zeta, \hat{z}	-20,98	0,08	-20,51	0,091		

Nota. ¹ se prueba la existencia de una tendencia determinista lineal $\gamma_3 t^3$ en la ecuación cointegrante.

Fuente: elaboración propia con base en salida de *software*.

Se reporta, por tanto, evidencia de la existencia de un vector de cointegración:

$$\begin{aligned}
 Ly_3 &= f(Lx_1) = Ly_3 - 0,244Lx_1 - 5,89 - 0,005t + u_t \\
 Ly_3 &= 0,244Lx_1 + 5,89 + 0,005t + u_t \\
 R^2 &= 33,0 \%
 \end{aligned}
 \tag{12}$$

Un aumento del 10 % del precio real de la yuca en el largo plazo causa un incremento de la oferta del 2,4 %. Como se señaló, la variación es simétrica.

Las regresiones cointegrantes (10), (11) y (12) tienen características estadísticas deseables: (i) no hay problemas de colinealidad entre las variables a la luz del estadístico factores de inflación de varianza centradas, calculado como: $1 / (1 - R^2)$; (ii) los residuos u_t no tienen problemas de autocorrelación, medidos por el correlograma de residuos al cuadrado; (iii) tienen distribución gaussiana, y (iv) los métodos, como el FMOLS, que usan una estimación consistente de la matriz de covarianza de largo plazo Ω son referidos en la literatura econométrica como estimadores de matriz de covarianza consistentes a heterocedasticidad y autocorrelación, HAC.

CONCLUSIONES

Utilizando el estimador FMOLS, en esta investigación se construyeron regresiones cointegrantes lineales que expresan relaciones de equilibrio de largo plazo entre la oferta de yuca, el precio real de esta y el precio corriente del ñame en los departamentos de Córdoba y Sucre durante el período 1976-2019. Los resultados indican que la respuesta de la oferta a cambios del precio es inelástica, como lo es en la mayoría de los productos agrarios.

Una variación del 1 % en el precio real del producto y en el precio corriente del ñame causa una variación de la oferta del 0,81 % y 0,12 % respectivamente, si la oferta se mide por el producto físico obtenido. Si se mide por el área, una variación del precio del 1 % de estas dos variables causa una variación de la oferta en el mismo sentido equivalente al 0,5 % y 0,10 %. Una variación del 1 % en el precio real de la yuca causa en el largo plazo una variación en el mismo sentido de 0,244 % en la oferta, medida por el rendimiento físico de la tierra. En consecuencia, el incremento del 1 % en el precio real se distribuye: 62 % en la expansión del área sembrada y 30 % en elevar la productividad de la tierra haciendo un uso más intensivo de ella. El restante 8 % proviene de la interacción de estas dos variables: expansión del área e incrementos de la productividad física.

La respuesta positiva inelástica de los productores de yuca a los cambios de precio del producto es una predicción teórica que se confirma de nuevo empíricamente en agentes económicos con unidades de producción pequeñas y técnicas tradicionales de cultivo, pero con vínculos en el mercado de productos y de factores, especialmente como producto de consumo inmediato, y de materias primas para transformación, lo cual los hace sensibles a los estímulos de mercado.

Esta sensibilidad a mecanismos del mercado obliga a ser cuidadosos con las intervenciones de precio. Más bien la acción del Estado debe concentrarse en su papel de proveedor de bienes públicos: inversiones en infraestructura de comercialización como carreteras y caminos para vencer la separación entre las zonas de producción y de consumo; investigación tecnológica y su adopción entre las comunidades de productores para elevar la productividad de los insumos; inversiones en infraestructuras de riego y drenaje para disminuir el riesgo-rendimiento; mayor educación rural e impulso a la asociatividad.

REFERENCIAS

1. Adesiyan, O., Adesiyan, A., & Oluitan, R. (2012). Market supply response of cassava farmers in Ile-Ife, Osun state. *Canadian Social Science*, 8(3), 61-63.
2. Aguilera, M. (2012). La yuca en el caribe colombiano. De cultivo ancestral a agroindustrial. *Banco de la República*, (158), 1-63.

3. Andrews, D. W. (1991). Heteroskedasticity and autocorrelation consistent covariance matrix estimation. *Econometrica*, 59(3), 817-858. <https://doi.org/10.2307/2938229>
4. Andrews, D. W., & Monahan, J. (1992). An improved heteroskedasticity and autocorrelation consistent covariance matrix estimator. *Econometrica*, 60(4), 953-966. doi:10.2307/2951574
5. Brockhaus, J., Huang, J., Hu, J., Kalkuhl, M., Von Braun, J., & Yang, G. (2016). When do prices matter most? Rice, wheat, and corn supply response in China. En M. Kalkuhl, J. Von Braun & M. Torero (Eds.), *Food Prices Volatility and its Implications for Food Security and Policy* (pp. 435-456). Springer Open.
6. Betancourt, F. (1989). *Estimación de las elasticidades-precio de la oferta agrícola*. Misión de Estudios del Sector Agropecuario.
7. Castillo, O., & Oyola, E. (2020). La producción de cultivos agrícolas en la subregión Córdoba-Sucre, Colombia: tendencias, descomposición en efecto-área, efecto rendimiento, y producción per cápita, 1976-2017. *Workpaper OPCA*.
8. Chavas, J., Chambers, R., & Pope, R. D. (2010). Production economics and farm management: a century of contributions. *American Journal of Agricultural Economics*, 92(2), 356-375. <https://www.jstor.org/stable/40647993?seq=1>
9. Cochrane, W. (1955). Conceptualizing the supply relation in agriculture. *Journal of Farm Economics*, (37), 1161-1176.
10. Coyle, B. (1999). Risk aversion and yield uncertainty in duality models of production: a mean-variance approach. *American Journal of Agricultural Economics*, 81(3), 553-567. <https://doi.org/10.2307/1244015>
11. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (1985). *Córdoba estadístico, 1976-1983*. Dane, Cámara de Comercio de Montería.
12. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (1999). *Boletín estadístico de Córdoba, 1994-1997*. Dane, Cámara de Comercio de Montería.
13. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2014). *Censo nacional agropecuario*. Dane. <https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.dane.gov.co%2Ffiles%2FCensoAgropecuario%2Fentrega-definitiva%2FBoletin-9-cultivos%2F9-Anexos.xls&wdOrigin=BROWSELINK>
14. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2019). *Sistema de información de precios del sector agrario*. Dane. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/sistema-de-informacion-de-precios-sipsa/mayoristas-boletin-mensual-1>
15. Dolmatoff, G., & Dolmatoff, A. (1956). Momil. Excavaciones del Sinú. <https://pueblosoriginarios.com/sur/caribe/momil/momil.html>

16. Eastwood, R., Lipton, M., & Newell, A. (2010). Farm size. En P. Pingali & R. Evenson (Eds.), *Handbook Agricultural Economics. Vol. 4* (pp. 3323-3397). Elsevier Science.
17. Elliott, G., Rothenberg, T. J., & Stock, J. H. (1996). Efficient test for an autoregressive unit root. *Econometrica*, (64), 813-836.
18. Enders, W. (2017). *Applied Econometrics Time Series*. 4^a ed. Willey & Sons.
19. Engle, R. F., & Granger, C. W. (1987). Cointegration and error correction: representation, estimation and testing. *Econometrica*, 55(2), 251-276. <https://www.jstor.org/stable/i332753>
20. García, J., & Montes, G. (1987). *The Political Economy of Agricultural Pricing Policies: The Case of Colombia, 1960-1983*. Banco Mundial.
21. García, J., & Montes, G. (1988). *Coffee Boom, Government Expenditure, and Agricultural Prices: The Colombian Experience*. International Food Policy Research Institute. <https://econpapers.repec.org/scripts/redir.pf?u=http%3A%2F%2Fwww.ifpri.org%2Fpublication%2Fcoffee-boom-government-expenditure-and-agricultural-prices;h=repec:fpr:resrep:68>
22. Granger, C. W. J., & Newbold, P. (1974). Spurious regression in econometrics. *Journal of Econometrics*, (2), 111-120.
23. Haile, M., Kalkuhl, M., & Von Braun, J. (2016). Worldwide acreage and yield response to international price change and volatility: a dynamic panel data analysis for wheat, rice, corn, and soybeans. En M. Kalkuhl, J. Von Braun & M. Torero (Eds.), *Food Prices Volatility and its Implications for Security and Policy* (pp. 139-165). Springer Open.
24. Hansen, B. (1992). Test for instability in regressions with I(1) process. *Journal of Business and Economic Statistics*, (10), 321-335.
25. Harris, R., & Sollis, R. (2003). *Applied the Time Series Modeling and Forecasting*. Willey.
26. Hayashi, F. (2000). *Econometrics*. Princeton University Press.
27. Junguito, R. (1980). Precios agrícolas, producción y asignación de recursos: la experiencia colombiana. *Coyuntura Económica*, 10(1), 104-124.
28. Lee, D., & Helmerger, J. P. (1985). Estimating supply response in the presence of farm programs. *American Journal of Agricultural Economics*, 67(2), 193-203.
29. Lilien, D., Hall, R., Engle, R., Wong, J., Yoo, S., Sadri, K., Erwin, R., Alden, M., Trokic, M., Lee, E., & Liang, G. (2019). *Econometric Views. Version 11. User guide II*.
30. MacKinnon, J. (1996). Numerical distribution functions for unit root and cointegration tests. *Journal of Applied Econometrics*, 11(6), 601-618. <http://www.jstor.org/stable/2285154>

31. Marinucci, D., & Robinson, P. (2001). Finite sample improvements in statistical inference with I(1) processes. *Journal of Applied Econometrics*, 16(3), 431-444. <http://www.jstor.org/stable/2678554>
32. Martin, V., Hurn, S., & Harris, D. (2013). *Econometric Modeling with Times Series. Specification, Estimation and Testing*. Cambridge University Press.
33. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (1985). Diagnóstico agropecuario de Sucre. URPA-Sucre.
34. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (1985). Diagnóstico agropecuario de Córdoba. URPA-Córdoba.
35. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2019). Anuarios estadísticos. Varios años. <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=59>
36. Mundlak, Y. (2001). Production and supply. En B. Gardner & G. Rausser (Eds.), *Handbook of Agricultural Economics. Vol. 1A* (pp. 3-85). Elsevier Science.
37. Nelson, C., & Plosser, C. (1982). Trend and random walks in economic time series. *Journal of Monetary Economics*, (10), 139-162. [https://doi.org/10.1016/0304-3932\(82\)90012-5](https://doi.org/10.1016/0304-3932(82)90012-5)
38. Nerlove, M. (1956). Estimates of the elasticities of supply of selected agricultural commodities. *Journal of Farm Economics*, 38(2), 406-509.
39. Nerlove, M., & Bessler, D. A. (2001). Expectations, information and dynamics. En B. Gardner & G. Rausser (Eds.), *Handbook of Agricultural Economics*. (vol. 1A, pp. 155-206). Elsevier Science.
40. Newey, W., & West, K. (1987). A simple, positive semi-definite, heteroskedasticity and autocorrelation consistent covariance matrix. *Econometrica*, (55), 703-708. <https://doi.org/10.2307/1913610>
41. Newey, W., & West, K. (1994). Automatic lag selection in covariance matrix estimation. *The Review of Economic Studies*, 61(4), 631-653. <https://doi.org/10.2307/2297912>
42. Obayelu, O., & Ebute, S. (2016). Cassava output supply response in Nigeria: a vector error correction model (VECM) approach. *Proceedings VII International Conference on Agricultural Statistics I Rome*, 24-26.
43. Observatorio de Precios y Costos Agrarios de la Zona Noroccidental del Caribe Colombiano. (2021). Precios y cantidad del ganado vacuno macho cebado en Córdoba y Sucre. <https://www.unicordoba.edu.co/index.php/investigacion/grupos-3/opca/>
44. Park, J. (1992). Canonical cointegrating regressions. *Econometrica*, 60(1), 119-143. <https://doi.org/10.2307/2951679>
45. Park, J., & Phillips, P. (1988). Statistical inference in regressions with integrated process: Part 1. *Econometric Theory*, 4(3), 468-498. <https://doi.org/10.1017/S0266466600013402>

46. Pérez, J. (2021). *Factores asociados a la evolución de la oferta de yuca en el Departamento de Córdoba, Colombia, 1976-2019* [Trabajo de grado, Universidad de Córdoba]. Montería.
47. Phillips, P. C. B. (1986). Understanding spurious regressions in econometrics. *Journal of Econometrics*, (33), 311-340. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(86\)90001-1](https://doi.org/10.1016/0304-4076(86)90001-1)
48. Phillips, P. C. B. (1991). Spectral regression for cointegrated time series. En W. Barnett, J. Powell & G. Tauchen (Eds.), *Nonparametric and Semiparametric Methods in Economics and Statistics* (pp.413-435). Cambridge University Press.
49. Phillips, P. C. B., & Hansen, B. (1990). Statistical inference in instrumental variables regression with I(1) processes. *Review of Economic Studies*, 57(1), 99-125.
50. Phillips, P. C. B., & Ouliaris, S. (1990). Asymptotic properties of residual based tests for cointegration. *Econometrica*, 58(1), 165-193. doi:10.2307/2938339
51. Piot-Lepetit, I., & M'Baraek, R. (2011). *Methods to Analyze Agricultural Commodity Price Volatility*. Springer.
52. Ramírez, M., Martínez, H., Ortiz, L., Gonzales, F., & Barrios, C. (2004). *Respuestas de la oferta y la demanda agrícola en el marco de un TLC con Estados Unidos*. Observatorio Agrocadenas, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.
53. Rao, J. (1989). Agricultural supply response: a survey. *Agricultural Economics*, 3(1),12-21.
54. Rivera, T., Andrade, R., Labarta, R., Calle, F., & Becerra López-Lavalle, L. (2021). *Boletín informativo del sector yuquero, 2007-2020*. Centro Internacional de Agricultura Tropical. <https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/116234/Rivera%20etal%202021%20CIATBIO%20--%20Boletin%20Yuquero%202007-2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
55. Saiikonen, P. (1991). Asymptotically efficient estimates of cointegration regressions. *Econometrics Theory*, (7), 1-21. <https://doi.org/10.1017/S0266466600004217>
56. Schultz, T. (1964). *Transforming Traditional Agriculture*. Yale University Press.
57. Soria, R., & Preciados, L. (2018). Investigating the determinants of cassava domestic supply in the Philippines. *Annals of Tropical Research*, 40(2), 90-106. <https://doi.org/10.32945/atr4028.2018>
58. Stock, J. H. (1986). Asymptotic properties of least square estimators for cointegration vectors. *Econometrica*, 55(5), 1035-1056.
59. Stock, J. H., & Watson, M. W. (1993). A simple estimator of cointegration vectors in higher order integrated systems. *Econometrica*, 61(4), 783-820.

60. Weersink, A., Cavas, J., & Olale, E. (2010). Acreage response to wheater, yield and price. *Canadian Journal of Agriculture Economics*, 58(1), 57-72.
61. Yu, B., Liu, F., & You, L. (2012). Dynamic agricultural supply response under economic transformation: a case study of Henan, China. *American Journal of Agricultural Economics*, 94(2), 370-376.

THE PERUVIAN MINING BOOM
AND DUTCH DISEASE. EMPIRICAL
EVIDENCE FROM 2003 TO 2020

Elmer Sánchez Dávila

Sánchez Dávila, E. (2023). The Peruvian mining boom and Dutch disease. Empirical evidence from 2003 to 2020. *Cuadernos de Economía*, 42(90), 629-650.

The aim of this paper is to verify whether Peru has suffered from Dutch disease. To do this, a VARX model with monthly data from 2003 to 2020 is used to analyze whether the mining boom prices of the 2000s and 2010s have had a negative impact on the real sector, especially on non-primary manufacturing. Results show that a real exchange rate shock explains 8.2% of the variation in non-primary manufacturing. Even though the effect is significant, it is relatively small, and this is due to the Peruvian Central Bank intervening to reduce exchange rate volatility.

Keywords: Dutch disease; VARX estimation; mineral price boom; Peru.

JEL: F31, F4, E52 C32.

E. Sánchez Dávila
Faculty of Economics of the Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Peru. E-mail: PCE-FELSA@upc.edu.pe

Suggested citation: Sánchez Dávila, E. (2023). The Peruvian mining boom and Dutch disease. Empirical evidence from 2003 to 2020. *Cuadernos de Economía*, 42(90), 629-650. <https://doi.org/10.15446/cuadernos.v42n90.94529>

This paper was received on March 19, 2021, revised on November 28, 2022, and finally accepted on March 1, 2023.

Sánchez Dávila, E. (2023). El *boom* minero peruano y la enfermedad holandesa. Evidencia empírica del 2003 al 2020. *Cuadernos de Economía*, 42(90), 629-650.

El objetivo de este artículo es verificar si Perú ha sufrido una enfermedad holandesa. Para ello se utiliza un modelo VARX con datos mensuales de 2003 a 2020 para analizar si el *boom* minero de las últimas dos décadas ha tenido un efecto negativo en el sector real, especialmente en manufactura no primaria. Los resultados muestran que un *shock* de tipo de cambio real explica el 8,2% de la variación en la manufactura no primaria. Aunque existe un efecto significativo, este es pequeño, y esto debido a que el Banco Central de Perú interviene reduciendo la volatilidad del tipo de cambio.

Palabras clave: enfermedad holandesa; estimación VARX; auge de precio de los minerales; Perú.

JEL: F31, F4, E52, C32.

INTRODUCTION

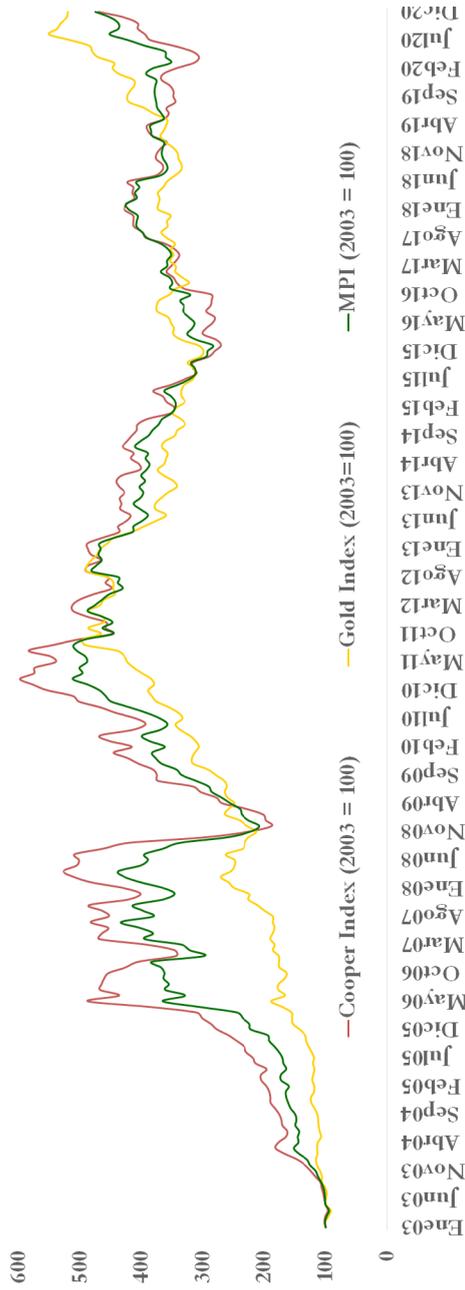
Peru has historically been a country with an economy heavily focused on mining. According to data from the Central Reserve Bank of Peru (CRBP), from 2003 to 2020, 58.1% of the country's total exports came from the mining sector, with the most important products being copper and gold (24.3% and 19.4% of total exports, respectively), but also zinc (4.8%), lead (3.8%), molybdenum (1.9%), iron (1.4%), silver (1.1%) and other mined products (1.4%). Since the turn of the millennium, there has been a boom in mining product prices due to heightened demand from China (Orihuela & Gamarra, 2018, p. 8). Figure 1 shows the evolution of copper and gold price indexes, and the Mineral Price Index (MPI) for Peru, which is constructed by multiplying the price of each mineral by their respective contribution to Peruvian mining GDP. The boom from 2003 to 2020 can be divided into two periods: the boom proper took place between 2003 and 2011. Then, between 2012 and 2020, the high prices stabilized. For instance, in the first period, the price of copper increased by almost 500% and gold by 400%, while in the second period, their prices stabilized to around a 250% increase of their 2003 prices.

While the mining boom prices have been beneficial for the Peruvian economy, this steady growth in prices could have a negative impact on the real sector. That is to say, the boom increases mining exports, which is followed by an appreciation in the exchange rate. This could then lead to less profitability for other economic sectors. An extended appreciation could be detrimental, as the country would face the risk of deindustrialization, especially for non-primary manufacturing. This is commonly known as Dutch disease. According to the economists Brahmabhatt, Canuto and Vostroknutova from the World Bank (2010, p. 1): “This term refers to changes in the structure of production that are predicted to occur in the wake of a favorable shock, such as a discovery of a large natural resource or a rise in the international price of an exportable commodity that is perceived to be permanent”.

The term originates from the appreciation of the Dutch currency in the late 1950s and early 1960s due to the discovery and boom of natural gas exports, which reduced the competitiveness and profitability of manufacturing and service exports (Gylfason, 2001, p. 2). It was not until the 1980s however when the term was formalized in academic texts, in classic articles by Buiters and Purvis (1980), Corden and Neary (1982), and Bruno and Sachs (1982). In theory, the boom expansion of any commodity will be followed by an appreciation that could crowd out other manufacturing exports, running the risk of potential deindustrialization.

Figure 2(a) shows the negative relationship between the Mineral Price Index (MPI) and the exchange rate, which lend evidence to the theory that Peru's mining boom prices could have had an appreciation effect on the exchange rate. The coefficient of correlation between both variables is -0.70, which indicates a high inverse correlation. Figure 2(b) shows the relationship between the exchange rate and the logarithm of non-primary manufacturing. Its coefficient of correlation is -0.54, which

Figure 1.
Copper, Gold and Mineral Price Index Evolution, 2003–2020



Source: Compiled by the author based on FRED data.

indicates that an appreciation is associated with higher levels of production. This could evidence the absence of Dutch disease.

Figure 2(a).

Relationship between MPI and Real Exchange Rate, 2003–2020

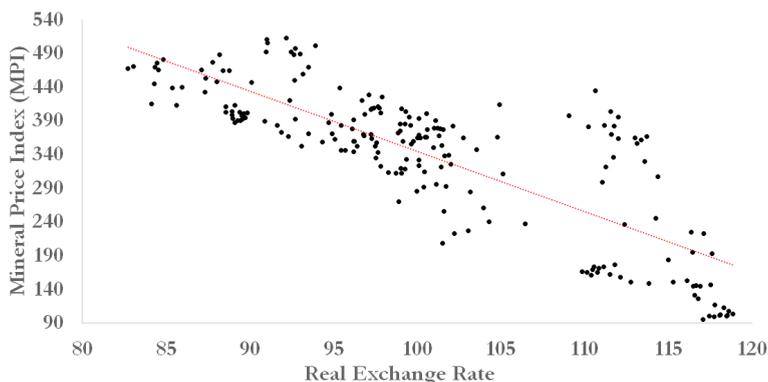
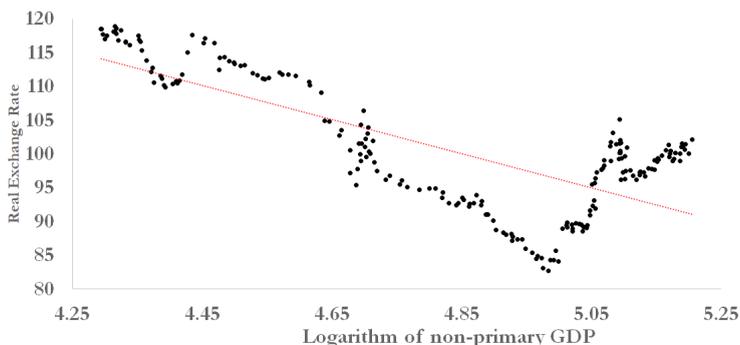


Figure 2(b).

Relationship between Exchange Rate and Non-primary Manufacturing, 2003-2020.



Source: Compiled by the author based on FRED and CRBP data.

The main objective of this paper is to determine whether the Peruvian economy has experienced Dutch disease over the last two decades. To do this, it is crucial to establish whether the manufacturing and service sectors have been affected by the appreciation of the exchange rate caused by the mining boom prices between 2003 and 2020. The principal hypothesis is that Dutch disease has not occurred in Peru due to the role that the Central Reserve Bank of Peru (CRBP) has played in the exchange market. The CRBP has a policy of intervention in the exchange market with the aim of reducing volatility. When there is a massive inflow of dollars to

Peru, the CRBP intervenes in the exchange market, buying some of the additional dollars circulating in the economy. On the other hand, when there is a massive outflow of dollars from the country, the CRBP intervenes in the exchange market using dollars from its reserve. The aim of this intervention is to reduce volatility in order to prevent any effect on the real sector.

LITERATURE REVIEW

International evidence

The international empirical evidence is wide-ranging and non-conclusive. There are some countries with no evidence of having had Dutch disease, and others that show signs of having suffered from it. For instance, Lanteri (2015) studied the effects that external shocks had on trade, supply of the agricultural sector (the booming sector) and real exchange rate on the real GDP of the manufacturing sector in the Argentine economy. For that purpose, he used VAR models with long-term restrictions with quarterly data from 1993 to 2015. He concluded that the manufacturing sector did not contract due to an improvement in terms of trade, nor to an appreciation in the real exchange rate; therefore, there is no substantial evidence to prove that this economy underwent Dutch disease.

Likewise, Ito (2019) did not find any evidence of Dutch disease in Georgia. By means of a Vector Error Correction Model (VECM) with quarterly periodicity from 2000 to 2016, the author found evidence that an inflow of remittances led to an appreciation of the real exchange rate in the long term, but in the short term had the reverse effect, due to an increase in imports which mitigated the existence of Dutch disease.

Bjornland (2003) also studied the economic effects of the energy booms of the oil and gas sectors on manufacturing output in Norway and the UK with quarterly data from 1976 to 1994. She used a structural VAR model to estimate the effects on manufacturing production of four uncorrelated structural shocks: energy booms, real oil price shocks, aggregate demand shocks and aggregate supply shocks. The results for Norway show that energy booms and an increase in oil prices stimulated manufacturing production, and so there was no evidence of Dutch disease. While the UK responded positively during the first few years of the energy booms, in the long term it showed some evidence of Dutch disease, however, the effect is small. In both countries, demand and supply shocks both show the effects predicted by economic theory.

Meanwhile, there are other papers that have found evidence of Dutch disease. For example, Desfrancois (2019) studied the evidence for the occurrence of Dutch disease in recent Ecuadorian history using a VAR-X model with quarterly data from 2000 to 2017. The aim was to analyze how a shock in oil prices (the booming sector) affected the real exchange rate which had caused a period of deindustrialization. He concluded that an appreciation of the real exchange rate caused a recession in the

manufacturing sector that persisted for 5 consecutive quarters. In other words, the appreciation of the real exchange rate crowded out the activity of the tradable sector, while the shock also caused fiscal and commercial imbalances in the country.

Sarmiento and López (2016) studied the process of deindustrialization that the Colombian economy underwent from 2002 to 2014 due to an oil boom. The aim of their paper was to analyze the effect that real exchange rate has on tradable and non-tradable goods. They found that the appreciation had a negative effect on the profitability of tradable goods and manufacturing, and a positive effect on the profitability of non-tradable goods. The authors also used dynamic panel data from 2002 to 2014 for 3,385 companies to show the heterogeneous effects of deindustrialization – in terms of the size of firms – due to the oil boom. They found that when profits from tradable goods decline, small firms are more affected by the appreciation. Similarly, López *et al.* (2016) sought to demonstrate the hypothesis that Colombia has suffered from Dutch disease and deindustrialization. They found evidence of symptoms of Dutch disease, and so conclude that the mining and energy boom have potentially had adverse effects on the manufacturing sector.

Using dynamic panel data methodology, Abdlaziz, Naseem and Slesman (2018) studied the long-term relationship between oil prices and the agriculture sector in 25 oil-exporting countries from 1975 to 2014. They used three cointegration estimators: FMOLS, DOLS and PMG. They found that a 1% increase in oil price leads to a significant decrease in agricultural output, with reductions of 23%, 20% and 12% recorded by each cointegration estimator respectively. Meanwhile, a 1% decrease in the real exchange rate had a negative and significant impact, causing reductions of 14%, 11% and 38%, respectively. These results indicate the existence of Dutch disease and de-agriculturalization in oil-exporting economies.

Wong and Petreski (2014) used panel data for Latin American Countries (LAC) from 1990 to 2010. They concluded that China has played an important role in the commodity boom prices of LAC and that exchange rate overvaluation has been the channel through which the boom has affected the manufacturing sector. However, they concluded that effects on the manufacturing sector can be positive or negative: it depends on the type of manufacturing industry and country. Using diverse methodologies over different time periods and countries, other papers have obtained evidence of Dutch disease. Examples of this include Koitsiwe and Adachi's (2015) study which used a VAR model with annual data from 1975 to 2013 for the Australian economy, and a paper by Rudd (1996) which used Ordinary Least Squares (OLS) for the Netherlands, Nigeria and Indonesia between 1960 and 1990.

Additionally, some papers have evidenced a boom in commodity prices, an exchange rate appreciation, and a manufacturing decline in their countries of study, but these symptoms were not enough to suggest the presence of Dutch disease. For instance, Oomes and Kalcheva (2007) showed that in the Russian economy, higher oil prices led to faster real appreciation. They found no evidence of an overvalued real exchange rate. While they demonstrated that the manufactur-

ing sector declined in terms relative to the service sector, they concluded that this could also be the result of a “transition effect”.

It is important to mention that the reviewed literature, so far, has studied the impact of Dutch disease on the aggregated data of industrial activities, grouping them into manufacturing, non-primary or tradable sectors. However, this aggregated data approach could show mitigated effects of Dutch disease on specific sectors. For this reason, it is important to also assess the effect of aggregated variables (such as the exchange rate) on the production of certain industrial goods, which depend on the position of these sectors in the respective Global Value Chains (GVC).

For instance, Landa (2020) studied industrial policy geared toward generating added value in countries with abundant Natural Resources (NRs). He categorized horizontal policies as those aimed at maintaining monetary stability, fiscal balance, and external equilibrium. Vertical policies are those intended to improve infrastructure and human capital. He argues that research on the global effects of the commodity boom prices between 2005 and 2015 should not only focus on aggregated data, but should also assess the impact that they have had on the global value chain of each country. He found that horizontal policies alone do not effectively promote the generation of value added in the industrial sector in economies with abundant NRs, and concludes that these must therefore be accompanied by instrumental policies that promote GVC. Similarly, Hiroyuki and Lar (2015) have argued that two-way trade integration promotes international production networks that in turn foster global value chains.

Evidence for Peru

Although the theory of Dutch disease dates from the late 1950s and early 1960s, studies on the Peruvian economy do not provide enough empirical evidence to definitively establish the presence of the disease. One of the few studies that provides empirical evidence is that conducted by Germán Vega (2014), who studied whether the prices boom has caused Dutch disease. The results of a Dynamic Stochastic General Equilibrium Model (DSGE) fed quarterly data from 1994 to 2012 give evidence of Dutch disease in Peru’s economy. However, its magnitude was smoothed out by the influence of fiscal policy measures. Alarco (2011), however, obtained different results, finding no evidence of Dutch disease. Since the boom started, there has been an exchange appreciation, but it has not caused deindustrialization. He argues that this can be proven by the increase in both traditional and non-traditional (which includes manufacturing) exports. Another reason he gives is the monetary policy rule followed by the Central Reserve Bank of Peru, which has intervened in the exchange market and reduced its volatility.

Similarly, Ana María Whitembury (2012) conducted a study to discover whether the Peruvian economy suffered from at least some form of Dutch disease between 2001 to 2011. She analyzed four main variables: real exchange appreciation, slowdown in manufacturing output and service sector production and income growth. She concluded that the mining prices boom led to a real exchange appreciation.

However, she found no evidence of a decline in manufacturing production nor in the service sector at any point during the commodity prices boom. The study also found that income increased across all sectors. From these results, Whittembury found no evidence of Dutch disease in the 2001 to 2011 period.

Lastly, Orihuela and Gamarra (2018) studied the economic impact of natural resource-based development and its effect on Peru's national development from 2001 to 2015. The authors explored the hypothesis that the boom generated an exports specialization in commodities, which lead to higher macroeconomic volatility and finally to Dutch disease. The results show that export specialization in minerals lead to higher vulnerability to external shocks, including macroeconomic shocks. However, export specialization does not always increase as a result of the boom, which means that there is no real pattern of Dutch disease. Sergio Cruz (2011) produced the same results. These studies agree that while Peru is a country with an economy based on mining, the mining prices boom over the last two decades has not caused Dutch disease. This is due to its economic policy which has brought macroeconomic stability. Specifically, the monetary policy has played an important role in controlling exchange rate volatility, while the fiscal policy demonstrated countercyclical behavior.

METHODOLOGY

Data

The time series data for the analysis covers monthly data from January 2003 to February 2020. The data for mining GDP, real exchange rate, non-primary manufacturing and the net purchase of foreign currency was drawn from the Central Reserve Bank of Peru (CRBP). Additionally, I included the Index of Global Real Economic Activity created by the Federal Reserve Bank (FRED) to take into consideration the real market channel. Finally, I also use a dummy variable to represent the Global Financial Crisis of 2008.

Table 1.

Descriptions of the variables

Variable code	Variable description and treatment	Variable condition
lgdp_min_sa	Log. of the mining GDP (seasonally adjusted)	Endogenous
lrer	Log. of the real exchange rate	Endogenous
l_mannonpri_sa	Log. of the non-primary manufacturing (seasonally adjusted)	Endogenous
crbp_int	Net purchase of foreign currency	Exogenous
igrea	Index of Global Real Economic Activity	Exogenous
dummy	Dummy for Global Financial Crisis of 2008	Exogenous

In the period of analysis used in this study, the mining sector represented, on average, 13.6% of total GDP. Broken down, this number comprises copper production (43.4% of total mining GDP), and that of gold (33%), zinc (7.9%), lead (6.8%) and tin (2.4%). Non-primary manufacturing represented on average 76.4% of total GDP. I use the real exchange rate here instead of the nominal exchange rate because I am interested in the real effects caused in the other sectors. These variables are treated as endogenous variables and are measured in real indexes. *Crpb_int* is an exogenous variable that represents the net purchase of foreign currency, in other words, it stands for the intervention of the CRBP in the exchange market with the aim of reducing volatility. Finally, *igrea* is an exogenous variable which is an updated index of global real economic activity in industrial commodity markets. Kilian and Zhou (2018) propose that this index be used as proxy for the volume of shipping in global industrial commodity markets. This variable is highly correlated with global economic GDP.

Econometric methodology

This paper seeks to establish whether there has been Dutch disease in the Peruvian economy. In order to do this, the effects of the mining boom from 2003 to 2020 on the real exchange rate must be estimated. Then, I will determine if non-primary manufacturing has been affected using an unrestricted VAR methodology. The VAR approach offers various methods to evaluate the existence of the tested relationship and to quantify its effects. The VAR methodology can also analyze the Impulse Response Functions (IRFs) and the Variance Decompositions (VDCs) of different shocks (Canova, 1999; Enders, 2015). The VAR methodology can be expressed as:

$$Y_t = \alpha + \sum_{i=1}^p \pi_i Y_{t-i} + \sum_{i=0}^m \varphi_i X_{t-i} + \varepsilon_t$$

Where Y_t is a vector of endogenous variables, π_i is a matrix of k autoregressive coefficients, X_t is a vector of exogenous variables and φ_i is a matrix of q coefficients for the exogenous variables. The error term, ε_t , is assumed to contain no serial correlation and have a covariance matrix.

The Cholesky decomposition sequence order is used to arrange the vectors of endogenous variables. The variables that appear first are considered less endogenous while those appearing last are considered more endogenous. Therefore, mining GDP is the least endogenous because its value and production are determined by the global market. Mining GDP will have an impact on the real exchange rate, and this, in turn, will have an impact on non-primary manufacturing.

Analysis procedure

Before conducting the estimations, the first step is to remove seasonal patterns. To do this, the seasonal adjustment Census X-13 is used in the logarithm of mining and non-primary manufacturing. Second, all endogenous variables must be checked for stationarity. This was undertaken by means of the Augmented Dickey Fuller (ADF) and Phillips-Perron (PP) tests. These tests were conducted to avoid misleading results that may be caused by the use of non-stationary time series data.

Third, if the endogenous variables are found to be integrated of order one ($I \sim (1)$), it is necessary to test for cointegration. If not, I can proceed to estimate a VAR model. The trace and the max-Eigen value statistics tests from the Johansen cointegration test are used to prove the existence of a long-term relationship in the model. If the model has at least one cointegration order, a VEC model is used. If there is no cointegration at any order, a VAR model is used. To estimate the optimal lag in the model (see Appendix 1), I used the Akaike Information Criteria (AIC) and the Log-likelihood Ratio (LR). The last step of the estimation is to prove its global significance (see Appendix 2) and the stability of the VAR (see Appendix 3).

After estimation, I generated the Impulse Response Functions (IRFs) to illustrate how a particular variable responds to one standard deviation shock on each variable in the system. I also displayed the Variance Decomposition (VDCs) in a table to show, for each variable, the proportion of the forecast error variance that can be attributed to the variable's own shocks, and shocks originating from other variables in the system. Finally, I used a Granger causality test to determine whether changes in one variable cause changes in another variable.

EMPIRICAL RESULTS

Unit root test

One of the conditions of time series analysis is to examine the integrated order of each variable. Table 2 presents the stationarity results of the logarithm of mining GDP (\lgdp_min_sa), real exchange rate ($lrer$), the logarithm of the non-primary manufacturing ($l_mannonpri_sa$), the net purchase of foreign currency made by the Central Reserve Bank of Peru ($crbp_int$) and the index of global real economic activity. The results show that all endogenous variables are stationary in their first differences (integrated of order 1), one of the exogenous variables is stationary in levels (integrated of order 0) and the other is in its first difference (integrated of order 1). As all the endogenous variables are integrated of the same order, a cointegration test can be performed.

Table 2.

Results of unit root test

	ADF (level)	ADF (1 st Δ)	PP (level)	PP (1 st Δ)	Order of Integration
lgdp_min_sa	-0.999 (0.7536)	-6.409 (0.000) ***	-1.022 (0.7453)	-26.057 (0.000) ***	I(1)
lrer	-1.773 (0.3937)	-5.146 (0.000) ***	-1.762 (0.3995)	-10.860 (0.000) ***	I(1)
l_mannonpri_sa	-1.190 (0.9125)	-4.604 (0.000) ***	-1.123 (0.9251)	-15.865 (0.000) ***	I(1)
crbp_int	-3.775 (0.0032) **	-	-6.675 (0.000) ***	-	I(0)
igrea	-2.363 (0.1526)	-8.083 (0.000) ***	-3.225 (0.0795) *	-12.003 (0.000) ***	I(1)

Four lags are used for all ADF tests. Values in parenthesis are the Mackinnon p-value. *** 1% significance level, ** 5% significance level.

Source: Calculated and compiled by the author.

Cointegration test

The trace statistics test and the max-Eigen statistics test for cointegration indicate that there is no long-term relationship between the endogenous variables in the system. Hence, a VARX estimation will be used.

Table 3.

Results of trace statistic test

Maximum Rank	Eigenvalue	Trace Statistic	5% critical value	Max Statistic	5% critical value
None	.	24.8588 *	29.68	16.2344 *	20.97
At most 1	0.06048	8.6244	15.41	7.8930	14.07
At most 2	0.03742	0.7314	3.76	0.7314	3.76

* Indicates rejection of the null hypothesis at the 5% level.

Source: Calculated and compiled by the author.

VARX estimation

To obtain the optimal lag of the VARX, I used the AIC and LR criteria (see Appendix 1). Both confirm that the optimal lag of the model is 6. With the optimal lag confirmed, I proceeded to estimate the VARX model. The Cholesky decomposition order for the endogenous variables is as follows: mining GDP (lgdp_min_sa) is the least endogenous variable, followed by the real exchange rate (lrer). Non-primary manufacturing (l_mannonpri_sa) is the most endogenous variable.

There is one exogenous variable included in the model, which is intervention by the CRBP in the exchange market (crbp_int).

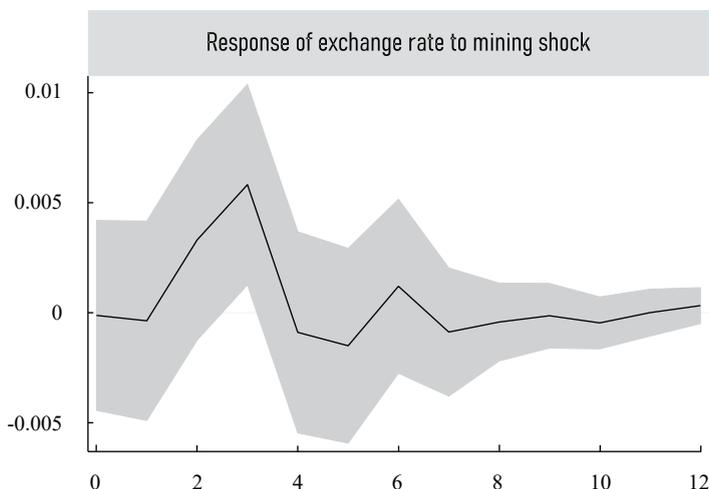
Appendix 2 shows the global significance of the VARX. From a global perspective, the VARX is statistically significant in all its lags. Similarly, Appendix 3 shows that all the eigenvalues lie inside the unit circle, which means that the VARX is stable. It is important to note that all variables have the expected signs. The exogenous variable, Central Bank intervention (crbp_int), is significant, which means that CRBP has played an important role in reducing exchange rate volatility. Additionally, the dummy variable for the Global Financial Crisis of 2008 shows that there has been a significant impact on the non-primary manufacturing sector and on the exchange rate in the Peruvian economy (see Appendix 4).

Impulse Response Functions (IRFs)

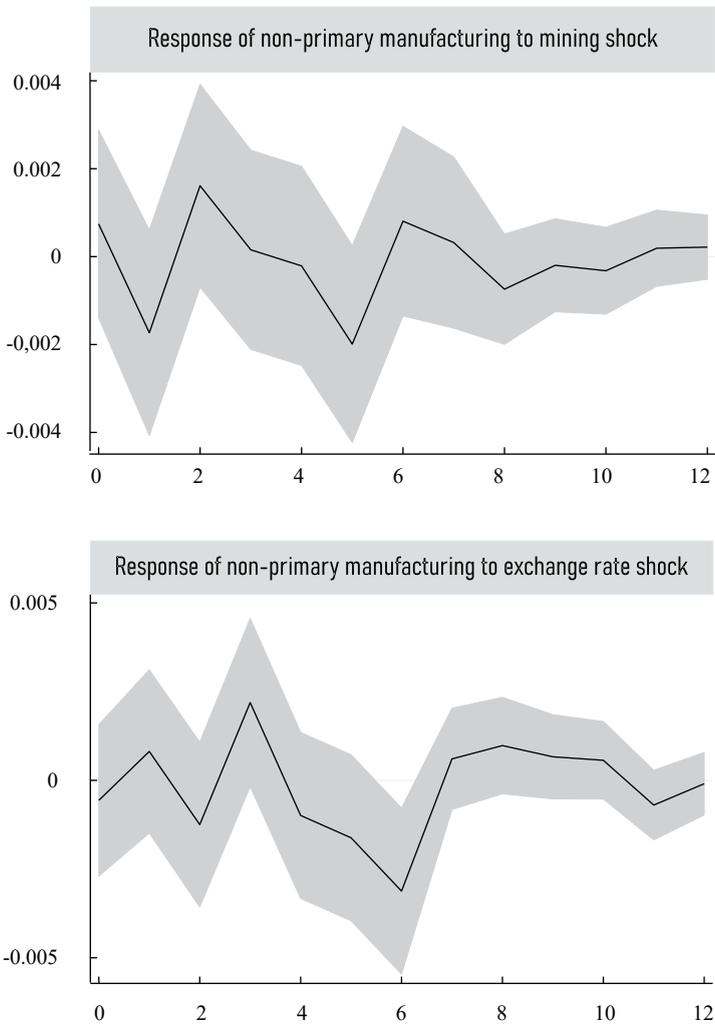
Figure 3 shows the IRFs of real exchange rate and non-primary manufacturing. It shows the response of one variable to a one standard deviation shock in another variable. The response of the exchange rate to a mining shock is positive in the first quarter, negative the following month and then the shock disappears. The behavior in the first quarter is explained by the lag length effect, while that of the second is due to appreciation.

The response of non-primary manufacturing to a mining shock is negative in the first month, followed by two months of positive impacts. After that, the shock stabilizes. On the other hand, the response of non-primary manufacturing to exchange rate is quite volatile. It is positive during the first month, negative for the second month, and positive again in the third month. After six months, the effect shrinks.

Figure 3.
Results of impulse response functions



(Continued)



Source: Calculated and compiled by the author.

Variance Decomposition (VDCs)

The Variance Decomposition is the proportion of forecast error variance that is attributable to the shocks of the variable itself and those of other variables (see Table 4). The main finding is that the variables' own shocks constitute the predominant source of variation. At the end of the ten months, a real exchange rate shock explains 8.2% of variation in non-primary manufacturing, while a mining shock explains 3.8% of variation. However, while the impact of real exchange rate shock on non-primary manufacturing variation is significant, the effect is small. This is due to the CBRP reducing the volatility of the exchange rate. This

curbs its effect on the real sector of the economy. More specifically, this intervention has not allowed non-primary manufacturing to be harmed by the real exchange rate appreciation.

Table 4.

Variance Decomposition (VDC)

Step	VDC of Mining (MIN)			VDC of Exchange Rate (EXC)			VDC of Non-Primary Manufacturing (N-P)		
	Δ MIN	Δ EXC	Δ N-P	Δ MIN	Δ EXC	Δ N-P	Δ MIN	Δ EXC	Δ N-P
1	1.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.003	0.007	0.990
2	0.981	0.015	0.004	0.000	0.999	0.001	0.016	0.007	0.978
3	0.967	0.029	0.004	0.009	0.987	0.004	0.026	0.017	0.957
4	0.944	0.046	0.010	0.039	0.956	0.005	0.026	0.024	0.950
5	0.924	0.066	0.010	0.039	0.954	0.007	0.025	0.034	0.941
6	0.897	0.064	0.039	0.041	0.952	0.008	0.037	0.044	0.919
7	0.848	0.071	0.081	0.043	0.948	0.010	0.036	0.082	0.882
8	0.831	0.075	0.094	0.043	0.947	0.010	0.036	0.082	0.882
9	0.830	0.076	0.094	0.043	0.947	0.010	0.038	0.082	0.880
10	0.829	0.076	0.095	0.043	0.946	0.011	0.038	0.082	0.880

Source: Calculated and compiled by the author.

VARX Granger Causality

The Granger causality test shows that a variable will affect changes in another variable if past and present values of the former variable assist in predicting the latter variable. Therefore, it is important to examine the causality relationships among the three variables (see Table 5).

Table 5.

Results of VAR Granger causality

→ Granger cause	F	Prob > F	Null Hypothesis
Exchange rate → Mining GDP	1.8329	0.0951	Rejected
Non-primary Manufacturing → Mining GDP	2.9361	0.0094	Non-Rejected
Mining GDP → Exchange rate	2.9197	0.0353	Non-Rejected
Non-primary Manufacturing → Exchange rate	0.52498	0.7889	Rejected
Mining GDP → Non-primary Manufacturing	1.2282	0.2939	Rejected
Exchange rate → Non-primary Manufacturing	3.811	0.0013	Non-Rejected

To reject the null hypothesis (Ho: No Granger Causality) p-value < 0.05.

Source: Calculated and compiled by the author.

The results of Cholesky's decomposition reveal that the least endogenous variable is mining GDP, followed by the real exchange rate. The most endogenous variable is non-primary manufacturing. These results also indicate that there is endogeneity in the variables, which reinforces the decision to use a VAR methodology, as this method is used to estimate models where endogeneity is present. The results in Table 5 show that mining GDP Granger-causes the exchange rate, but it does not Granger-cause non-primary manufacturing. Also, the real exchange rate Granger-causes non-primary manufacturing; and non-primary manufacturing Granger-causes the mining GDP. From this, I can conclude that the mining boom has caused an appreciation of the real exchange rate. This mining boom has influenced non-primary manufacturing through the exchange rate, but it is not a direct influence.

Policy implications

The empirical results have shown that there has been an appreciation of the real exchange rate, however, this has been a small one. The role that the Central Bank has played in the exchange rate market has been essential to avoiding volatility and lending predictability to the exchange rate. As can be seen in Figure 4(a), when the exchange rate appreciated, the Central Bank intervened in the exchange market selling foreign currency to reduce its volatility. When it depreciated, the Central Bank bought foreign currency. Similarly, Figure 4(b) shows a negative relationship between net purchase of foreign currency and exchange rate growth. The greater the appreciation of the exchange rate, the more dollars the Central Bank sells, and vice versa. This shows that the role the Peruvian Central Bank has played in stabilizing the exchange rate has been fundamental to mitigating a significant impact of the mining boom on the exchange rate. From this, I can conclude that Dutch disease in Peru has been avoided.

Figure 4(a).
Central bank intervention and exchange rate

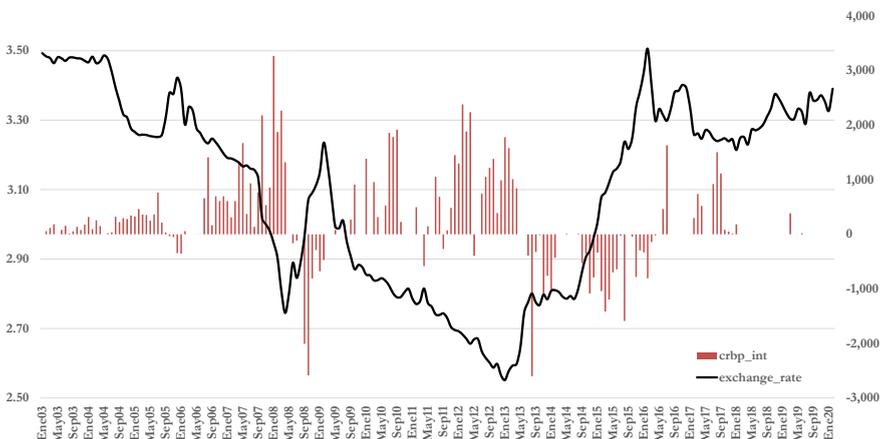
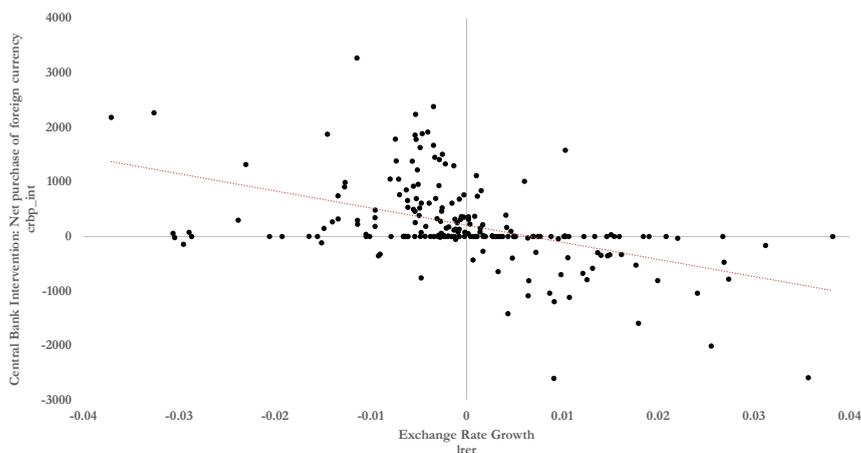


Figure 4(b).

Relationship between exchange rate and central bank intervention



Source: Calculated by the author based on CRBP data.

CONCLUSION AND POLICY RECOMMENDATIONS

The literature concerning Dutch disease shows that a boom in a tradable sector (especially primary goods) will have negative impacts on the economy of a country. This is due to a long-lasting real exchange rate appreciation that decreases the competitiveness of national manufacturing industries, which sooner or later will result in a process of deindustrialization.

There is also empirical evidence from around the world that demonstrates the impacts that Dutch disease may have on the overall economy of a country. Empirical conclusions are heterogeneous: in some countries the disease might have a negative overall impact, whereas in others, a commodity boom does not seem to have caused Dutch disease at all. A review of this literature revealed that there is a lack of empirical evidence for the Peruvian economy in this area. This paper attempts to fill this gap.

The study used a VARX model to discover whether the Peruvian economy suffered from Dutch disease between 2003 and 2020. The VARX comprised three endogenous variables (mining GDP, real exchange rate and non-primary manufacturing) and three exogenous variables (Central Bank intervention in the exchange market, the index of global real economic activity and a dummy for the global financial crisis). Results of the variance of decompositions show that a real exchange rate shock explains 8.2% of the variation in non-primary manufacturing, while a

mining shock explains 3.8%, at the end of a ten-month period. This demonstrates that the mining boom caused an appreciation of the real exchange rate. The mining boom influenced non-primary manufacturing through the exchange rate; it did not have a direct influence. These results are also supported by Granger causality: mining GDP Granger-causes the exchange rate, but not non-primary manufacturing. Non-primary manufacturing is Granger-caused by the exchange rate.

The results from a robustness check conducted using a mineral price index are similar. Appendix 5 shows the variance decomposition of this model. Two other robustness checks were also carried out, one using a model with a variable of the terms of trade, and another with the global copper price. The results were also quite similar and are available upon request.

The evidence uncovered in this paper indicates that a real exchange rate shock explains 8.2% of variation in non-primary manufacturing. However, even though this impact is significant, it is also relatively small. This is due to the monetary policy implemented by the Central Reserve Bank of Peru, which reduced exchange rate volatility. This case shows that continual intervention in the exchange market is necessary to reduce volatility and avoid detrimental effects on the economy. Finally, the evidence suggests that Dutch disease in Peru has been avoided.

ACKNOWLEDGMENTS

I would like to thank my PhD advisor, Juan Andrés Riquelme, Professor at the University of Talca, for his comments throughout the development of this paper.

REFERENCES

1. Abdlaziz, R., Naseem, N., & Slesman, L. (2018). Dutch disease effect of oil price on agriculture sector: Evidence from panel cointegration of oil exporting countries. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 8(5), 241-250. <https://www.econjournals.com/index.php/ijeep/article/view/6723>
2. Alarco, G. (2011). Exportaciones, tipo de cambio y enfermedad holandesa: el caso peruano. *Investigación Económica*, 70(275), 115-143. <http://dx.doi.org/10.22201/fe.01851667p.2011.275.24265>
3. Bjornland, H. (2003). The economic effects of North Sea oil on the manufacturing sector. *Scottish Journal of Political Economy*, 45(5), 553-585. <https://doi.org/10.1111/1467-9485.00112>
4. Brahmabhatt, M., Canuto, O., & Vostroknutova, E. (2010). *Dealing with Dutch disease*. The World Bank – economic premise. <http://hdl.handle.net/10986/10174>

5. Bruno, M., & Sachs, J. (1982). Energy and resource allocation: A dynamic model of the Dutch disease. *Review of Economic Studies*, 8(52), 1-38. <http://doi.org/10.3386/w0852>
6. Buiters, W., & Purvis, D. (1980). *Oil, disinflation, and export competitiveness: A model of the Dutch disease* [Working Paper N° 592]. National Bureau of Economic Research. <http://doi.org/10.3386/w0592>
7. Canova, F. (1999). Vector autoregressive models: Specification, estimation, inference and forecasting. In H. Pesaran & P. Schmidt (Eds.), *Handbooks of Applied Econometrics* (1st ed., pp. 53-110). Blackwell Publishers. <https://doi.org/10.1111/b.9780631215585.1999.00003.x>
8. Corden, W., & Neary, J. (1982). Booming sector and de-industrialization in a small open economy. *The Economic Journal*, 92(368), 825-848. <https://doi.org/10.2307/2232670>
9. Cruz, S. (2011). *The resource curse and Peru: A potential threat for the future?* [Unpublished master's thesis, University of San Francisco]. <https://repository.usfca.edu/thes/4>
10. Desfrancois, P. (2019). Evaluación empírica de los síntomas de la enfermedad holandesa en la historia ecuatoriana reciente (2007-2017). *Actu- alidad Económica* 29(97), 23-35. [https://revistas.unc.edu.ar/index.php/ actu- alidad Económica/article/view/24270](https://revistas.unc.edu.ar/index.php/ acteconomica/article/view/24270)
11. Enders, W. (2015). *Applied econometric time series* (4th Edition). Wiley.
12. Gylfason, T. (2001). *Lessons from the Dutch disease: Causes, treatment, and cures* [Working Paper Series No. 1(06)]. Institute of Economics Studies. https://www.researchgate.net/publication/277227867_Lessons_ from_the_Dutch_disease_Causes_treatment_and_cures
13. Hiroyuki, T., & Lar, N. (2015). *Global value chains participation and industrial upgrading in Asian developing economies* [MPRA Paper No. 65708]. Munich Personal RePEc Archive. https://mpra.ub.uni-muenchen. de/65708/1/MPRA_paper_65708.pdf
14. Ito, K. (2019). Remittances and the Dutch disease: Evidence from Georgia. *Post-Communist Economies*, 31(4), 500-506. <https://doi.org/10.1080 /14631377.2018.1537733>
15. Kilian, L., & Zhou, X. (2018). Modeling fluctuations in the global demand for commodities. *Journal of International Money and Finance*, 88, 54-78. <https://doi.org/10.1016/j.jimonfin.2018.07.001>
16. Koitsiwe, K. & Adachi, T. (2015). Australia mining boom and Dutch disease: Analyzing using VAR method. *Procedia Economics and Finance*, 30, 401-408. [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(15\)01307-6](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(15)01307-6)
17. Landa, Y. (2020). Industrial policies of countries with abundant natural resources in the Association of Southeast Asian Nations and Pacific Alliance. *The Extractive Industries and Society*, 7(3), 1046-1053. <https://doi. org/10.1016/j.exis.2020.07.004>

18. Lanteri, L. (2015). Efectos de la enfermedad holandesa. Alguna evidencia para América Latina. *Revista de Economía del Rosario*, 18(2), 187-209. <https://doi.org/10.12804/rev.econ.rosario.18.02.2015.02>
19. López, M., Torres, E., & Giraldo S. (2016). The evolution of Colombian industry in the context of the energy-mining boom: Symptoms of the Dutch disease? *Cuadernos de Economía*, 35(68), 475-490. <https://doi.org/10.15446/cuad.econ.v35n68.54255>
20. Oomes, N., & Kalcheva, K. (2007). *Diagnosing Dutch disease: Does Russia have the symptoms?* [Working Paper No. 7/2007]. BOFIT. <https://doi.org/10.2139/ssrn.1001659>
21. Orihuela, J., & Gamarra, V. (2018). *Variiegated dependence: The geographically differentiated economic outcomes of resource-based development in Peru, 2001–2015* [Working Paper No. 458]. PUCP. <http://doi.org/10.18800/2079-8474.0458>
22. Rudd, D. (1996). An empirical analysis of Dutch disease: Developing and developed countries. *Honors Projects*, 62. https://digitalcommons.iwu.edu/econ_honproj/62/
23. Sarmiento, E., & López, M. (2016). Incidencia del tipo de cambio sobre la enfermedad holandesa de las ganancias de los bienes transables y no transables. *Centros de Estudios Monetarios Latinoamericanos*, (1), 45-81. https://www.cemla.org/PDF/monetaria/PUB_MON_XXXVIII-01-02.pdf
24. Vega, G. (2014). *Enfermedad Holandesa y política fiscal en el Perú: un enfoque estructural de equilibrio general dinámico* [Unpublished undergraduate thesis, Universidad de Piura]. <https://hdl.handle.net/11042/1977>
25. Whittembury, A. M. (2012). Is the Peruvian economy suffering from Dutch disease? *Revista de Temas Financieros*, 8(1). https://www.sbs.gob.pe/Portals/0/jer/rebper_2012_vol_vi/20150914_Whittembury.pdf
26. Wong, S., & Petreski, M. (2014). *Dutch disease in Latin American countries: De-industrialization, how it happens, crisis, and the role of China* [Working Paper No. 57056]. Munich Personal Repec Archive. <https://ideas.repec.org/p/pramprapa/57056.html>

APPENDIX

Appendix 1.

Selection Order Criteria of the VARX

Lag	AIC	LR
0	-13.2124	
1	-13.4672	68.696
2	-13.5041	25.359
3	-13.4749	12.187
4	-13.4821	19.421
5	-13.5051	22.587
6	-13.5638 *	29.672 *

Source: Calculated and compiled by the author.

Appendix 2.

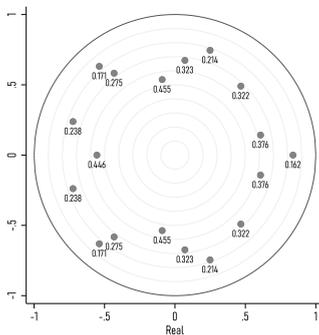
VAR Global Significance

Equation	Lag	F	Prob > F
ALL	1	11.6601	0.0000 ***
ALL	2	2.2423	0.0213 **
ALL	3	1.9659	0.0457 **
ALL	4	1.6026	0.0898 *
ALL	5	1.8228	0.0669 *
ALL	6	2.8134	0.0004 ***

Source: Calculated and compiled by the author.

Appendix 3.

VARX stability



Source: Calculated and compiled by the author.

Appendix 4.

Results of the Exogenous Variables in the VARX Estimations

	dlgdp_min_sa	dlrer	dl_mannonpri_sa
crbp_int	- 0.0000 (0.873)	-2.03 (0.000) ***	-0.36 (0.842)
digrea	0.0000 (0.955)	-0.0009 (0.372)	0.0001 (0.025) **
dum1	-0.0048 (0.711)	0.02707 (0.046) **	-0.0146 (0.049) **
constant	0.0058 (0.023) **	0.0013 (0.658)	0.0041 (0.005) ***

*** 1% significance level, ** 5% significance level. Values in parenthesis are the p-value.
Source: Calculated and compiled by the author.

Appendix 5.

Robustness Check - Variance Decomposition (VDC)

Step	VDC Mineral Price Index (MIN)			VDC of Exchange Rate (EXC)			VDC of Non-Primary Manufacturing (N-P)		
	Δ MIN	Δ EXC	Δ N-P	Δ MIN	Δ EXC	Δ N-P	Δ MIN	Δ EXC	Δ N-P
1	1.000	0.000	0.000	0.059	0.941	0.000	0.011	0.000	0.988
2	1.000	0.000	0.000	0.067	0.933	0.000	0.025	0.007	0.968
3	0.998	0.001	0.001	0.086	0.914	0.001	0.026	0.018	0.956
4	0.994	0.005	0.001	0.109	0.885	0.006	0.026	0.033	0.941
5	0.976	0.016	0.008	0.112	0.881	0.007	0.039	0.035	0.926
6	0.948	0.016	0.035	0.114	0.877	0.009	0.052	0.039	0.909
7	0.948	0.016	0.036	0.114	0.875	0.011	0.056	0.065	0.879
8	0.948	0.017	0.036	0.115	0.873	0.012	0.055	0.066	0.879
9	0.946	0.018	0.036	0.117	0.871	0.012	0.056	0.070	0.874
10	0.945	0.018	0.037	0.119	0.869	0.012	0.056	0.070	0.873

Source: Calculated and compiled by the author.

**DETERMINANTES SALARIALES
INTERSECTORIALES EN LA ARGENTINA: UN
MODELO DE ANÁLISIS PARA LAS DINÁMICAS
DESIGUALES DEL CAPITAL Y EL TRABAJO**

Facundo Barrera Insua
Deborah Noguera

Barrera Insua, F., & Noguera, D. (2023). Determinantes salariales intersectoriales en la Argentina: un modelo de análisis para las dinámicas desiguales del capital y el trabajo. *Cuadernos de Economía*, 42(90), 651-676.

El artículo analiza la estructura de salarios del sector privado registrado en Argentina (2003-2019). El marco de análisis para abordar la desigualdad salarial incorpora tres dimensiones: la dinámica de acumulación y competencia capitalista, el poder y las estrategias sindicales, y la política pública. Empíricamente, se

F. Barrera Insua

UBA, Flacso, UNLP, Laboratorio de Estudios en Sociología y Economía del Trabajo (LESET-IdIHCS/UNLP-CONICET), La Plata, Argentina. Correo electrónico: fbarrera@fahce.unlp.edu.ar

D. Noguera

UNLP, Instituto de Investigaciones en Políticas Públicas y Gobierno - Universidad Nacional de Río Negro (IIPPYG-UNRN/CONICET), Viedma, Argentina. Correo electrónico: dnoquera@fahce.unlp.edu.ar

Sugerencia de citación: Barrera Insua, F., & Noguera, D. (2023). Determinantes salariales intersectoriales en la Argentina: un modelo de análisis para las dinámicas desiguales del capital y el trabajo. *Cuadernos de Economía*, 42(90), 651-676. <https://doi.org/10.15446/cuad.econ.v42n90.100201>

Este artículo fue recibido el 20 de diciembre de 2021, ajustado el 25 de abril de 2023 y su publicación aprobada el 10 de mayo de 2023.

estiman modelos de panel para la determinación de la estructura sectorial de salarios, con variables que expresan las dimensiones destacadas. Los resultados permiten explicar la desigualdad a partir de la dinámica diferencial en la pulsión del capital por el incremento de las ganancias, y en las respuestas de los trabajadores organizados.

Palabras clave: desigualdad salarial; valorización del capital; poder sindical; Argentina.

JEL: P16, J31, J5, D24.

Barrera Insua, F., & Noguera, D. (2023). Intersectoral wage determinants in Argentina: A model for the analysis of unequal dynamics of capital and labor. *Cuadernos de Economía*, 42(90), 651-676.

The article analyzes the wage structure of the private formal sector in Argentina (2003-2019). The analytical framework addresses wage inequality through three dimensions: the dynamics of capitalist accumulation and competition, union power and strategies, and public policy. Empirically, we estimate panel models to determine the sectoral structure of wages, with variables that express the described dimensions. The results allow us to explain inequality from the differential dynamics in the search for capital to increase profits, and in the responses of organized workers.

Keywords: Wage inequality; valorization of capital; union power; Argentina.

JEL: P16, J31, J5, D24.

INTRODUCCIÓN

Desde los primeros años del siglo XXI, la Argentina experimentó un proceso de mejoras en la distribución del ingreso. A partir del año 2016, la reversión fue tal que en el 2019 se había retornado a los registros de 2010. El posterior *shock* producido por la pandemia del COVID-19 junto con las decisiones de política pública en el marco de la emergencia sanitaria, profundizaron dicha tendencia con un rasgo particular: el heterogéneo impacto sectorial.

Desde nuestro punto de vista, el renovado interés por las características explicativas a nivel de los sectores económicos –en particular, en lo referido a los ingresos salariales del sector privado–, no hace más que reforzar la relevancia de una dimensión que no solo mostró antes los límites del proceso igualador, sino que exhibió mejor que ninguna otra, el carácter estructural del fenómeno (Barrera-Insua, 2018).

Una segunda condición es el carácter relacional de la desigualdad, donde la preocupación se coloca en el vínculo que se establece entre dos colectivos de personas –por ejemplo, el que existe entre patrones y trabajadores al momento de negociar salarios–, y no en las características individuales que los distinguen.

El objetivo de este artículo es analizar la estructura salarial sectorial del sector privado registrado en Argentina, en el período 2003-2019. Para ello, proponemos un marco analítico menos explorado que parte de la necesidad de jerarquizar el aspecto eminentemente vincular de las trayectorias divergentes en las tasas de ganancia sectoriales y los distintos niveles de organización y acción sindical. La dinámica diferencial en ambas dimensiones favorece, una y otra vez, la consolidación de una estructura salarial desigual, que establece pisos (altos), luego de los que ya no se puede avanzar.

A su vez, trabajamos empíricamente con modelos econométricos de datos en panel para estudiar los determinantes de los salarios sectoriales y su heterogeneidad. En específico, estimamos un modelo de panel con efectos fijos sectoriales y temporales, lo que nos permite controlar por la heterogeneidad entre ramas no incorporadas en el modelo y por aquellos factores comunes a los sectores, pero que varían en el tiempo. La variable dependiente son los ingresos salariales medios de trabajadores y trabajadoras ubicados en distintos sectores económicos privados de Argentina, entre los años 2003 y 2019. Respecto a la apertura sectorial, trabajamos con 23 sectores privados, de acuerdo con la Clasificación Industrial Internacional Uniforme, Rev. 3 (CIIU3). Las variables explicativas refieren a tres dimensiones que consideramos relevantes para la determinación de la estructura de salarios sectoriales: (A) la dinámica de acumulación en el marco de competencia capitalista, donde incorporamos la *tasa de ganancia sectorial* y la *capacidad de pago diferencial* de empresas de distintos sectores; (B) el poder y estrategias sindicales, a partir de las variables *poder estructural* de las y los trabajadores así como de su *poder asociativo* y la *acción sindical*; y (C) la política pública laboral, mediante la incorporación del *salario mínimo*.

Existe una amplia literatura que aborda la relevancia de variables asociadas a la dinámica de acumulación del capital, el poder y estrategias sindicales y la política laboral. A partir de abordajes econométricos semejantes, en textos de reciente publicación se encuentra para Estados Unidos que, controlando por intensidad de capital y producto, las tasas de ganancia de los capitales reguladores tienen impactos positivos sobre las tasas de crecimientos de los salarios (Mokre y Rehm, 2020). Asimismo, se afirma que la dimensión del poder sindical, muchas veces tratada mediante la cobertura de la negociación colectiva o tasa de sindicalización, es relevante y se relaciona negativamente con la desigualdad. En el caso de Alemania, la caída de la sindicalización impacta en sectores más homogéneos salarialmente (Biewen y Seckler, 2017), mientras que para Argentina se reporta que la cobertura por negociación colectiva aumenta principalmente los salarios en la parte baja de la distribución, por lo que tiene un efecto igualador (Lombardo y Martínez-Correa, 2019). A su vez, en un estudio específico sobre el poder sindical en la Argentina, que incluye variables como poder estructural, tasa de sindicalización y conflictos salariales, Barrera-Insua y Marshall (2019) encuentran que, una vez controlada la influencia de la capacidad de pago de cada sector, estas son significativas para explicar la estructura salarial sectorial entre trabajadores asalariados registrados del sector privado. Finalmente, en lo que atañe a la política pública salarial, instrumentada aquí a través del salario mínimo, estudios recientes para la Argentina evidencian que el fortalecimiento de dicha institución laboral logra incidir en la cola inferior de los salarios, es decir, acortar la brecha salarial (Fernández y González, 2018; Marshall y Perelman, 2006; Maurizio y Vázquez, 2016), sin que esto implique impactos sobre el empleo (Groisman, 2013).

A nuestro entender, el presente artículo hace dos contribuciones principales: retoma un marco analítico menos explorado a partir de los aportes de Botwinick (2017) –quien construye un modelo de determinación salarial en el marco de la competencia capitalista–, y complementa dicha obra con el desarrollo teórico y empírico de las dimensiones poder y estrategias de las y los trabajadores y política pública salarial¹. Los hallazgos de este artículo muestran la relevancia que tienen sobre la determinación de la estructura sectorial de salarios, tanto las dimensiones relacionadas con la dinámica de acumulación del capital en un marco de competencia capitalista, como aquellas asociadas a las manifestaciones del conflicto sociolaboral.

El texto se organiza de la siguiente manera. En la sección dos se presenta el marco teórico y se discute el modelo de análisis para abordar el fenómeno de la desigualdad salarial sectorial en Argentina. Luego, se especifica el modelo estimado, se describen las principales variables utilizadas en el abordaje empírico y se presentan estadísticas descriptivas para las mismas en el período en análisis. En la cuarta sección se detallan los principales resultados encontrados. Y en la quinta se realizan algunas reflexiones finales.

¹ Para ver un debate más extenso sobre el marco analítico puede consultarse Barrera-Insua (2017).

MARCO DE ANÁLISIS: DE LAS DESIGUALDADES ARMÓNICAS TRANSITORIAS, A LAS FUERZAS QUE LAS IMPULSAN Y SOSTIENEN

Los enfoques teóricos estándar suelen analizar las desigualdades salariales sectoriales sin establecer mayores diferencias con el resto de las dimensiones. Las principales explicaciones a las diferencias salariales se vinculan con los aportes de la teoría del capital humano (Becker, 1964; Mincer, 1958, 1974) que incorpora a la educación como un tipo de inversión que logra incrementar la productividad del trabajo, rompe con el supuesto de trabajo homogéneo e introduce instituciones sociales básicas (como las educativas), antes relegadas. De esta manera, un trabajador más educado es más productivo, por lo que recibe una paga mayor, acorde con su mayor aporte a la producción. Por lo tanto, distintos niveles de formación implican dispersión de productividad y salarios (Mincer, 1974). Las primas salariales por calificación pueden variar con el movimiento de las curvas de oferta y demanda laboral, producto del cambio tecnológico, el comercio internacional y el cambio en la composición de la oferta (por ejemplo, la incorporación de mujeres a empleos remunerados), entre otras causas.

Un segundo grupo de explicaciones se engloba en la teoría de las diferencias compensadoras (Rosen, 1991). Las diferencias monetarias aparecen como compensaciones ante causas como el riesgo laboral, las características del ambiente laboral y su repercusión sobre la salud, los efectos de las deseconomías de aglomeración (tiempos de desplazamiento al trabajo, degradación medioambiental, etc.), o incluso, la diversidad de costos de vida según la localización del empleo.

Ahora bien, los enfoques señalados limitan el análisis a la interacción entre preferencias exógenas, capacidades individuales y tecnologías de producción alternativas, y excluyen los lazos que se construyen entre trabajadores (sindicatos) —que forman parte de la negociación—, como así también las cámaras patronales, e incluso invisibilizan la relación desigual entre trabajadores y patrones como causas de la desigualdad. Además, otorgan un rol secundario a la demanda de fuerza de trabajo en la determinación de las escalas salariales. Así, las condiciones de valorización de las diferentes ramas de producción y de empresas de diferente tamaño, y los grados de concentración de los mercados, quedan relegados del análisis de la estructura y dinámica salarial. Finalmente, elementos relativos al poder como el tamaño de las empresas y concentración del mercado, o aspectos de la organización sindical y las acciones que despliegan, no se erigen en un determinante clave, a pesar de que inciden en las condiciones de negociación (Barrera-Insua, 2018; Barrera-Insua y Marshall, 2019).

Estos aspectos son, desde nuestra perspectiva, claves para dar cuenta de las desigualdades salariales en Argentina, en especial para las diferencias salariales por rama de actividad, las que exhiben con mayor énfasis el carácter estructural del fenómeno.

Competencia capitalista y desigualdades salariales persistentes

Para nosotros, el estudio de la estructura de salarios debe incorporar un hecho empírico insoslayable: la estructura y dinámica salarial presenta elevados y estables niveles de desigualdad en Argentina. Esto es particularmente evidente en la dimensión sectorial que se encuentra emparentada al funcionamiento de variables económicas y políticas, ligadas a la dinámica de valorización del capital que impulsa una creciente pauperización de la fuerza de trabajo, y a la dinámica de organización y lucha de los trabajadores, quienes buscan sostener e incrementar sus ingresos y niveles de vida. Al momento de estudiar cómo es que se definen los niveles salariales en cada rama de actividad, no es posible abstraer las fuerzas que pelean en sentidos opuestos en la actual forma de organización social, ni al Estado, escenario de disputa por la orientación de las políticas institucionales (Jessop, 2007).

El estudio de la valorización del capital parte de analizar las ganancias empresariales en distintas ramas de actividad –y en su interior–, a partir del concepto de competencia capitalista que involucra diversas interpretaciones sobre los procesos de formación de precios y la distribución de ingresos generados (Bahçe y Eres, 2013). La competencia capitalista describe un proceso turbulento, contradictorio e inestable, una lucha constante entre diferentes capitales individuales para obtener mayores márgenes de ganancia. Las disputas por alcanzar, al menos, las tasas de ganancia “normales” para la rama, implican que la igualación –que permitiría que el capital deje de fluir hacia una u otra actividad– solo se presente como una tendencia (Shaikh, 1980; Tsoulfidis y Tsaliki, 2005).

Vale indicar que el constructo de competencia perfecta neoclásica, donde nos encontramos con un proceso armónico de convergencia a un equilibrio estable, elimina la posibilidad de que se sostengan en el tiempo diferenciales de ganancia, por lo que no es posible entender dicho fenómeno como un determinante de los diferenciales en las tasas salariales.

El proceso inestable de competencia capitalista se encuentra, sin embargo, “tendencialmente regulado”. Esto significa que, si bien las disputas por las ganancias dan lugar a una dinámica turbulenta de la valorización del capital, la amplitud de las variaciones cíclicas tiene un “centro de gravedad” (Duménil y Lévy, 1999). De esta manera, la competencia está regida por los diferenciales de tasas de ganancias entre ramas. Aquellas ramas con rentabilidad más elevada tenderán a atraer capitales, mientras que en las ramas de menor rentabilidad los capitales migrarán (Marx, 2010).

Es posible sostener el enfoque de igualación de tasas de ganancia como una tendencia reguladora, aun cuando la igualación no sea para el conjunto de los capitales individuales de cada rama, sino para aquellos que logran ser los más eficientes competidores (Shaikh, 1990). De esta manera, la tendencia a la igualación opera como centro de gravedad de aquellos capitales que en cada rama de producción logran la estructura de costos más favorable. Allí, la reducción de los

costos unitarios de producción –perseguida entre otras formas por la reinversión de parte de las ganancias en métodos de producción nuevos o más eficientes– aparece como la principal herramienta para remover la competencia.

Según esta lógica, en cualquier sector de la economía y al interior de toda rama, convivirán distintas tasas de ganancia, dadas por métodos de producción disímiles y de distinta antigüedad. Sin embargo, los precios se corresponderán con los que impongan los capitales dominantes o reguladores, aquellos que disponen del mejor método de producción posible (Shaikh, 1990). Si la competencia es procesual e inestable, toda posición de capital regulador es impugnada y se pone en juego, tanto como la supervivencia de todos los que ingresan al juego competitivo en cada rama de actividad.

Dinámicamente, son estas entradas y salidas de capitales en las diversas ramas de actividad, las que permiten establecer una ratio de oferta-demanda de fuerza de trabajo que dará lugar a una ganancia media para el conjunto de las ramas. A su vez, las tasas de ganancia de los capitales reguladores en cada rama –que tendencialmente se igualan– operan como un límite superior a la fijación de los salarios.

De alguna manera, la ampliación del límite superior se relaciona de forma directa con la incorporación de nuevos métodos productivos por parte de un capital individual dominante, que resulta en incrementos de la productividad laboral. Por tanto, una reducción en el costo medio de producción implica una mayor posibilidad de incremento de los salarios sin afectar la rentabilidad.

Sin embargo, la ampliación del límite superior nada nos dice sobre los incrementos efectivos de salarios en cada rama, para lo cual debemos incorporar la dimensión relativa a la organización y acción de las y los trabajadores.

Más allá de la relación entre las ganancias del capital en cada rama y la estructura de salarios, es necesario discutir cuál es el límite inferior de los salarios. Una lectura inicial implica vincular dicho límite con el valor de la fuerza de trabajo (Botwinick, 2017), es decir, un valor “formado por dos elementos, uno de los cuales es puramente físico, mientras que el otro tiene un carácter histórico o social” (Marx, 1980, p. 69). La conjunción de ambos elementos remite a una canasta de bienes y servicios que las y los trabajadores requieren para satisfacer sus necesidades, en un contexto histórico y geográfico determinado. A su vez, con el desarrollo de las fuerzas productivas, el capital tiende a expandir las necesidades sociales mediante una creciente cantidad de valores de uso disponibles para el consumo, lo cual implica que el valor de la fuerza de trabajo puede tomarse como una variable correlacionada positivamente con la expansión de la producción (Lebowitz, 2005).

Con todo, entendemos que el límite inferior de la determinación salarial no puede ser resuelto apelando a la categoría de valor de la fuerza de trabajo, dado que al menos para el corto plazo, resulta necesario introducir elementos contingentes vinculados con la capacidad de disputa, organización y representatividad que

logran las y los trabajadores, en el marco de un aspecto específico de la lucha de clases como lo es el conflicto distributivo. Así, el piso salarial que efectivamente se imponga en cada rama, dependerá fundamentalmente del poder que los colectivos de trabajadores tengan en la negociación (Barrera-Insua, 2018). De esta manera, otorgamos a la organización y conflicto un rol preponderante a la hora de analizar el valor que detenta el salario efectivo en diferentes ramas de actividad.

Asimismo, dado que la disputa por los salarios no se entiende como un estallido de individuos indignados, sino que es resultado de un proceso colectivo (Shorter y Tilly, 1985), el estudio de la acción de las y los trabajadores se realiza a través de la forma sindicato, como condición necesaria para impulsar las demandas laborales. Los conflictos vinculados con la disputa por los ingresos requieren de la organización sindical y son expresión de la misma. De hecho, en la Argentina actual la dinámica sindical aparece como protagonista excluyente del conflicto laboral (Barrera, 2013).

Resta señalar el aspecto del peso de la política estatal en la determinación del salario. Desde perspectivas institucionalistas o Estado-céntricas, la importancia de las llamadas “instituciones laborales” para dar cuenta de los aumentos de salarios es cardinal (López, 2016). Aquí consideramos que las políticas estatales en el capitalismo moderno tienden a regular el mercado de fuerza de trabajo, al tiempo que son parte de una selectividad estratégica de los actores estatales, que responde a las correlaciones de fuerzas de las organizaciones sociales y fuerzas políticas que operan en cada coyuntura (Jessop, 2007; López, 2016). De esta manera, consideramos que las modificaciones en la política laboral pueden favorecer, o bien variaciones más amplias o más acotadas en los salarios, como expresión de la correlación de fuerzas presentes en la sociedad. Vale decir, por lo general las políticas laborales implementadas por Estados capitalistas buscan aquietar el conflicto de intereses entre trabajadores y empresarios, y conservar el régimen. Por tanto, si bien reconocen el poder de las organizaciones obreras, necesitan garantizar un piso mínimo de rentabilidad a los capitales de las diversas ramas de producción (Andersen *et al.*, 1976). Así, las instituciones laborales permiten cristalizar en el plano burocrático-administrativo una correlación de fuerzas determinada y, por ello, convertir ciertas demandas de los trabajadores en pisos más estables para los incrementos salariales a la vez que permiten la reproducción del capital en su conjunto.

En la siguiente sección veremos cómo operan empíricamente estas dimensiones.

ABORDAJE EMPÍRICO

Con base en el marco teórico expuesto, el modelo de la ecuación (1) incorpora las variables descritas en la tabla 1.

$$\ln w_{me_{it}} = \alpha + \beta_1 \varpi_{it} + \beta_2 fsize_{it} + \gamma_1 epower_{it} + \gamma_2 union_{it} + \gamma_3 conflict_{it} + \omega wmin_t + u_{it} \quad (1)$$

Donde i indexa sectores productivos y t el tiempo; $\bar{\pi}_{it}$ indica la tasa de ganancia media sectorial; $fsize_{it}$ captura la capacidad de pago diferencial de los distintos sectores productivos; $epower_{it}$ es la variable representativa del poder estructural de las y los trabajadores; $union_{it}$ es la variable que expresa el poder asociativo de los trabajadores y se aproxima con la tasa de sindicalización sectorial; $conflict_{it}$ captura la conflictividad en las distintas ramas de actividad; $wmin_{it}$ es el salario mínimo, igual para todos los sectores; y u_{it} es el término de error. En las siguientes subsecciones se describe cada variable incluida en el modelo y se especifican las fuentes de datos consultadas.

Tabla 1.

Variables, fuentes y estadísticas descriptivas de las variables incorporadas en el estudio

	Media	Desvío	Apertura sectorial	Período	Fuente de datos
<i>Variable dependiente</i>					
Salario medio sectorial	15 474	20612	23 sectores*	2003-2019	MTEySS
<i>A. Dinámica de acumulación y competencia capitalista</i>					
Tasa de ganancia sectorial	41,35 %	31,62 %	Grandes sectores del PBI	2003-2019	CGI-Indec
Capacidad de pago	0,5332	0,1905	23 sectores*	2003-2019	MTEySS
<i>B. Poder y estrategias sindicales</i>					
Tasa de sindicalización	46,88 %	17,58 %	23 sectores*	2018	ECETSS
Conflicto	1,13	2,32	23 sectores*	2006-2019	MTEySS
Poder estructural:					
PageRank	0,0435	0,0351	23 sectores*		Indec
Grado de entrada	19	2,17	23 sectores*	2004 (actualización de la MIP-97)	Indec
Grado de salida	23	5,72	23 sectores*		Indec
Fuerza de entrada	8 184,673	12 696,147	23 sectores*		Indec
Fuerza de salida	7 219,073	11 015,834	23 sectores*		Indec
<i>C. Política pública laboral</i>					
Salario mínimo	3827	4,03	Agregado	2003-2019	Boletín Oficial (MTEySS)

Nota: las estadísticas descriptivas presentadas se basan en medias simples y no en medias ponderadas, que tengan en cuenta las disparidades de tamaño entre los sectores. * Ver tabla 2. Fuente: elaboración propia con base en datos del Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social y del Instituto Nacional de Estadística y Censo.

Se estima un modelo de panel con efectos fijos para estudiar la relación de las variables seleccionadas –relativas a (A) la dinámica del capital, (B) el poder y las estrategias sindicales y (C) la política pública laboral– con los salarios sectoriales. Utilizar un modelo de panel permite mejorar la calidad y cantidad de la información al combinar datos de serie de tiempo con datos de corte transversal. A su vez, al contener información sobre la dinámica intertemporal sectorial de las variables, es posible controlar por factores no observados (Baltagi, 2015).

Además, es importante considerar la heterogeneidad que caracteriza a la estructura productiva argentina. Es por ello que controlamos por aquellos factores invariantes en el tiempo y heterogéneos entre sectores, que no es viable incorporar en el modelo.

Estudios previos han probado la existencia de marcadas asimetrías según rama de actividad –especialmente tecnológicas–, dando lugar a una estructura productiva heterogénea. A su vez, se ha destacado que esta heterogeneidad no tiende a desaparecer a lo largo del tiempo (Porcile y Holland, 2005). No obstante, también es necesario evaluar que los resultados principales se mantengan al controlar por aquellas características comunes a los sectores, pero que evolucionan temporalmente. Cabe citar el caso del desempleo, que aunque puede afectar las disparidades salariales entre sectores, no es incorporado como variable de manera directa en el modelo. Si bien la tasa de desempleo es una medida que expresa el poder estructural de mercado de las y los trabajadores² (Lehndorff *et al.*, 2018; Silver, 2005) su efecto está siendo capturado por los efectos fijos a nivel individual y temporal. En concreto, la tasa de desempleo a nivel sectorial forma parte de la heterogeneidad inobservable entre sectores y, por lo tanto, es captada por los efectos fijos a nivel individual; mientras que a nivel agregado (la misma tasa para todos los sectores, pero que varía año a año) está siendo capturada por los efectos fijos temporales.

Analizamos los resultados bajo las especificaciones para datos en panel con datos agrupados (*pooled*) y efectos fijos o *within*. El modelo con datos agrupados sirve como punto de partida y para examinar la robustez de los resultados, pero nos interesa evaluar los estimadores de efectos fijos. Como mencionamos, esta especificación es útil para mitigar el sesgo asociado a los efectos de factores invariantes en el tiempo e inobservables³.

El período se extiende por casi dos décadas (2003-2019), lo que permite estudiar la dinámica de las variables en el mediano plazo y extraer lecturas referidas a las tendencias estructurales que las caracterizan. Asimismo, se presenta una apertura de 23 sectores privados (según la categorización CIIU3), para la que fue

² Cuanto mayor sea esta tasa, mayor será la oferta de fuerza de trabajo de la que dispongan los empleadores para reemplazar a los trabajadores que entren en conflicto.

³ No interpretamos el modelo de efectos aleatorios, ya que tiene la desventaja de suponer que el error asociado con cada sector de actividad no está correlacionado con las variables explicativas del modelo (Baltagi, 2015), lo cual es un supuesto muy fuerte para la naturaleza del fenómeno en estudio.

necesario compatibilizar información proveniente de diversas fuentes (registros administrativos sobre empresas, empleo y salarios; matriz insumo-producto [MIP]); encuesta sobre condiciones de empleo, trabajo, salud y seguridad, para las tasas de afiliación sindical; la base de conflictos laborales; y el censo económico de 2004/2005 que proporciona información sobre grado de concentración de cada sector). En la tabla 2 se presenta la apertura sectorial con una primera caracterización. Entre todos, se destaca el sector de comercio por ser el más relevante en términos de empleo (21,6 % de los puestos de trabajo en el sector privado registrado). Respecto a las transacciones, agricultura, ganadería, caza y silvicultura poseen la mayor participación en las ventas a otros sectores (14,5 %), mientras que con alimentos y bebidas sucede lo mismo respecto a las compras (21,6 %).

La variable explicada es el salario medio sectorial (Wme), en términos nominales, de las distintas actividades económicas del sector privado, al que aplicamos una transformación logarítmica. Por ende, refiere al nivel de ingresos de los trabajadores registrados en el sistema de seguridad social por año y sector.

Tal como realizamos en el marco analítico, las variables explicativas las presentamos organizadas en tres dimensiones: (A) dinámica de acumulación y competencia capitalista; (B) poder y estrategias sindicales; y (C) política pública laboral. A continuación, se brindan más detalles respecto de cada una.

Tabla 2.

Apertura sectorial y participación de cada sector en el empleo y transacciones intersectoriales. Promedio 2003-2019

Sector productivo		Participación en transacciones		Participación en el empleo (%)
		Ventas (%)	Compras (%)	
	Descripción sectorial			
1	Agricultura, ganadería, caza y silvicultura	14,52	6,67	7,01
2	Pesca y servicios conexos	0,11	0,22	0,30
3	Explotación de minas y canteras	5,73	1,98	1,50
4	Alimentos y bebidas	5,98	21,60	7,30
5	Elaboración de productos de tabaco	0,19	0,41	0,15
6	Fabricación y confección de productos textiles y cuero	2,55	3,80	3,11
7	Producción de madera y fabricación de productos de madera y corcho	1,57	0,94	0,62

(Continúa)

Sector productivo		Participación en transacciones		Participación en el empleo (%)
	Descripción sectorial	Ventas (%)	Compras (%)	
8	Fabricación de papel, productos de papel, edición e impresión	3,52	3,45	1,65
9	Refinación de petróleo	3,40	7,19	0,20
10	Fabricación de sustancias y productos químicos	5,62	5,34	2,03
11	Fabricación de productos de caucho y plástico	2,77	3,07	1,32
12	Fabricación de productos minerales no metálicos	1,72	0,80	0,90
13	Ind. productos metálicos, maquinarias y equipos	9,12	6,57	4,87
14	Automotores y otros transportes	1,52	2,33	1,59
15	Otras industrias manufactureras	0,20	0,63	0,79
16	Electricidad, gas y agua	3,58	2,80	1,28
17	Construcción	1,57	9,02	8,37
18	Comercio	8,47	5,39	21,57
19	Hoteles y restaurantes	2,11	3,34	4,99
20	Transporte y almacenamiento	8,91	7,66	8,70
21	Información y comunicaciones	3,14	1,83	1,96
22	Intermediación financiera	3,27	2,66	3,13
23	Actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler	10,44	2,29	16,65
	Totales	100,00	100,00	100,00

Fuente: elaboración propia con base en Indec.

A. Dinámica de acumulación y competencia capitalista

En la dimensión A incorporamos dos variables: las tasas de ganancias sectoriales y la capacidad de pago diferencial de las distintas actividades económicas del sector privado.

La tasa de ganancia sectorial se define como el cociente entre el plusvalor y el capital total adelantado para la producción (Marx, 2010), para su cálculo empírico seguiremos la metodología utilizada por Barrera-Insua y López (2019) a partir de la información de Cuentas Nacionales publicada por el Instituto Nacional

de Estadística y Censos (Indec)⁴. El plusvalor se aproxima a partir de la masa de ganancias realizada por el sector i en el período t (Mg_{it}) y surge de deducir la masa salarial al valor agregado sectorial. Luego, el capital total adelantado se compone de la suma de tres elementos: (i) el *stock* de capital variable, tomado de la masa salarial de cada rama de actividad (Ms_{it}); (ii) el *stock* de capital constante fijo (kf_{it}), que se aproxima por medio de la incorporación del valor de maquinaria de cada sector y se corresponde con lo que figura en las Cuentas Nacionales como *stock* de capital fijo⁵; y (iii) el capital constante circulante, entendido como las materias primas que se consumen por completo en el ciclo de rotación, que se aproxima a partir del valor de compras intermedias (Cl_{it})⁶ (Barrera-Insua y López, 2019). Por lo tanto, la tasa de ganancia puede expresarse como se muestra en la ecuación (2).

$$\pi_{it} = \frac{Mg_{it}}{kf_{it} + Ms_{it} + Cl_{it}} \quad (2)$$

A partir del marco analítico, esperaríamos que mayores tasas de ganancia sectoriales impliquen mayores salarios, algo que se ha encontrado en trabajos anteriores (Barrera-Insua, 2017; Mokre y Rehm, 2020).

Además, incorporamos la capacidad de pago potencial diferencial de las empresas líderes en los distintos sectores económicos en el ámbito privado, variable que resulta determinante del nivel de los salarios (Barrera-Insua y Marshall, 2019). Entendemos que medidas de nivel y evolución de la productividad o intensidad de capital serían las variables más adecuadas para aproximarnos a la capacidad de pago. No obstante, ante la falta de información hemos optado por utilizar una medida que exprese el grado de concentración (en términos de empleo) presente

⁴ La apertura sectorial de esta variable se realiza con base en los grandes sectores publicados por el Indec: (i) agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca; (ii) explotación de minas y canteras; (iii) industria manufacturera; (iv) suministro de electricidad, gas y agua; (v) construcción; y (vi) transporte, almacenamiento y comunicaciones.

⁵ Dado que la serie de *stock* de capital fijo fue discontinuada por el Indec en el año 2007, fue necesario actualizar la información de la serie de *stock* de capital mediante la variable formación bruta de capital, descontado el valor de depreciación anual. Pueden verse más precisiones en Barrera-Insua y López (2019).

⁶ En Argentina suelen encontrarse cálculos para la tasa media de ganancia, la que no permite detectar los impactos diferenciales de los cambios a nivel local e internacional. La construcción de la tasa de ganancia sectorial involucra los desafíos correspondientes al cálculo de la tasa general, más los vinculados con su apertura a nivel de grandes sectores. Respecto a este último punto, una complejidad adicional es la que se asocia con la rotación del capital. No se desconoce que según cuáles sean las características productivas específicas de cada sector, habrá diferencias en el tiempo de rotación. Es decir, sectores como suministro de electricidad, gas y agua, minería o petróleo requieren un gran adelanto e inmovilización del capital por períodos prolongados, en otras palabras, tienen una baja rotación del capital. Al no poder incorporar este dato a partir de las fuentes estadísticas utilizadas, estimamos que en sectores donde existe baja rotación, se puede estar incurriendo en sobreestimaciones de las tasas de ganancias que se exhiben en el presente estudio, y a la inversa. Para más información sobre el cálculo de tasa de ganancia puede consultarse a Barrera-Insua y López (2019).

en cada sector, siguiendo la propuesta de Barrera-Insua y Marshall (2019). En concreto, se ha tomado la participación del empleo registrado generado por las grandes empresas⁷ en el total del empleo registrado de la rama a la que pertenecen (Sistema Integrado Previsional Argentino, Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social [MTEySS]).

B. Poder sindical y estrategias de las y los trabajadores

En la dimensión B introducimos tres variables para pensar la dinámica diferencial del poder y las estrategias sindicales entre actividades económicas: el poder estructural (aproximado mediante medidas de centralidad de la red de relaciones intersectoriales)⁸, el poder asociativo (aproximado mediante la tasa de sindicalización) y la acción sindical en conflictos salariales.

El poder estructural de los trabajadores es aquel que detenta un sindicato derivado de la relevancia económica de la rama de actividad en la que se encuentra ubicado. En otras palabras, existe una relación directa entre la relevancia de las transacciones comerciales de un sector –en términos de magnitud y difusión con el resto de las ramas de la economía– y el poder de negociación sindical. Esto es así debido a que, si los trabajadores afectan la producción en una rama de actividad a partir de una medida de fuerza, pueden no solo perjudicar las ganancias del sector, sino que se ramifique a lo largo de la economía (Cortés y Jaramillo, 1980; Perrone, 1983).

A partir de los aportes de Perrone (1983) estimamos dicho potencial disruptivo, derivado de las posiciones diferenciales que ocupa cada sector en el sistema de interdependencias económicas. Dado que la matriz representa una red de relaciones intersectoriales y que la posición de un sector económico en la red de relaciones productivas es un componente clave de la dimensión estructural del poder de los trabajadores, capturamos las posiciones diferenciales de las ramas de actividad mediante una medida de centralidad de la red (ver, por ejemplo, Newman, 2018). Específicamente, tomamos el índice PageRank (Brin y Page, 1998; Page *et al.*, 1999), una medida de centralidad global.

⁷ Es decir, en primer lugar se clasifican las empresas de cada sector en grandes, medianas, pequeñas y micro. Esto es realizado por el MTEySS de la nación, de acuerdo con el número de trabajadores registrados que tiene una empresa. Los límites para la clasificación difieren según la rama de actividad y pueden ser consultados en <https://www.argentina.gob.ar/trabajo/estadisticas/empleo-y-dinamica-empresarial/estadisticas-e-indicadores>. Luego, se suma el número de trabajadores que emplea cada una de estas categorías en total y, finalmente, se toma la proporción que representa el empleo de las grandes empresas en el empleo total del sector.

⁸ Según Arrighi y Silver (1984) el poder estructural puede dividirse entre poder de producción y poder de mercado. El primero alude al poder relacionado con las características o habilidades específicas del/la trabajador/a y el grado de subordinación a la autoridad del capital; y puede ser aproximado mediante la tasa de desempleo sectorial. Mientras que el segundo, es aquel que un sindicato deriva de la vulnerabilidad del capital a la resistencia de las y los trabajadores, como consecuencia de la concentración y centralización del trabajo en unidades productivas y la conectividad de los roles de trabajo. Aquí nos concentramos en este último, aunque observado a nivel de sectores.

Para el cálculo del índice del sector i , el indicador toma en cuenta (i) la posición en la MIP para Argentina de los sectores con los que el sector i se vincula⁹, (ii) el número y ponderación de las compras del sector a otras ramas, y (iii) un parámetro que ajusta por la importancia relativa entre la cantidad de sectores a los que demanda insumos y el monto de dichas transacciones¹⁰.

Si bien hay medidas más sencillas e intuitivas de centralidad de la red, como el grado y la fuerza¹¹, consideramos al PageRank más adecuado debido a que permite ajustar el valor asignado para cada sector por los vínculos salientes que tienen sus vecinos más cercanos. El grado y la fuerza reflejan el número y el peso de las relaciones intersectoriales, pero solo capturan los vínculos directos o vecinos más cercanos. Por el contrario, el PageRank tiene la particularidad de considerar no solo el número de vínculos que el sector ha establecido con otros sectores, sino también los vínculos de esos mismos sectores con el resto. Al mismo tiempo, la medida evita que determinados sectores obtengan altos grados de centralidad, simplemente por el hecho de establecer relaciones comerciales con grandes proveedores de insumos, como por ejemplo, energía, transporte, intermediación financiera y otros servicios. En este sentido, resulta ser la variable más completa para capturar el poder estructural o disruptivo de los trabajadores, ya que toma tanto su relevancia en vínculos “hacia atrás” como “hacia adelante” en la cadena productiva, así como también permite controlar por sus conexiones con grandes proveedores¹².

Esta variable se construyó a partir de la información obtenida de la MIP, publicada por el Indec, a precios del año 2004¹³. Si bien esto implica la introducción potencial de sesgos en las estimaciones econométricas del modelo –en particular, en los coeficientes de las variables asociadas al poder estructural–, lo cierto es que la estructura de relaciones sectoriales en Argentina se ha mantenido relativamente estable a lo largo del tiempo (no así los precios relativos que afectan a la magnitud de las transacciones, dados los problemas de inflación presentes en la economía argentina). En un trabajo reciente, Barrera-Insua *et al.* (2022) analizan la estructura de relaciones intersectoriales de Argentina en los años 1998, 2008 y 2018; y estiman el índice PageRank para los distintos sectores. En líneas generales, los autores encuentran que los vínculos entre los sectores se han mantenido relativa-

⁹ Es decir, no solo toma en cuenta los vínculos directos del sector (a quién le compra, a quién le vende), sino también los vínculos de grado superior (a quiénes le compran/venden los que se vinculan directamente con él).

¹⁰ Esta medida ha sido utilizada recientemente para aproximar el poder estructural, pero para el caso del capital en el mercado global (Iliopoulos *et al.*, 2022).

¹¹ De hecho, Perrone (1983) utiliza una medida similar al grado en una red para aproximar el poder estructural de los trabajadores.

¹² Igualmente, incorporamos el grado y la fuerza (de entrada y de salida para ambos casos) al modelo como comprobaciones de robustez, y porque nos permite evaluar por separado el poder “hacia atrás” (que considera la rama de actividad como demandante de bienes y servicios) y “hacia adelante” (que considera el sector como proveedor de insumos).

¹³ Se utilizó la MIP 2004 a partir de la actualización por el método RAS de la MIP 1997 (ver Malizia y Bond, 1974).

mente estables a lo largo del período analizado y, respecto al índice PageRank, no se evidenciaron cambios significativos en cuanto a los sectores líderes del *ranking*. Las fuentes de datos utilizadas son las MIP publicadas por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. No obstante, dada la apertura sectorial requerida en el presente estudio y las posibilidades de compatibilizar las clasificaciones con las bases del resto de las variables incluidas, no ha sido posible trabajar con esta fuente y se optó por hacer uso de la MIP publicada por el Indec. En segundo lugar, incorporamos la dimensión asociativa del poder sindical, la que refiere a la fuente de poder que surge de la organización de los trabajadores, principalmente sindicatos, pero también consejos de empresa, organizaciones comunitarias y partidos (Silver, 2005; Wright, 2000). Dicha fuente de poder es aproximada por la tasa de sindicalización, la que se construye a partir de las y los trabajadores sindicalizados respecto al total de asalariados registrados del sector, es decir, aquellos en condiciones de sindicalizarse. Los datos se obtienen de la Encuesta nacional a trabajadores sobre condiciones de empleo, trabajo, salud y seguridad (ECETSS) que realizó el MTEySS (2018) a trabajadores y trabajadoras ocupados de quince años o más, en localidades de más de dos mil habitantes, y permite obtener las tasas de afiliación por rama de actividad con la desagregación requerida. Dado que no existe una serie que aproxime anualmente la tasa de sindicalización sectorial en Argentina y que la tasa de afiliación en Argentina se mantiene relativamente estable en el tiempo, se decidió asignar la misma tasa de sindicalización a todo el período analizado¹⁴.

En tercer y último lugar, aparece la dimensión de la acción sindical. El tránsito de la posesión de recursos de poder a su uso en la acción puede involucrar diferentes explicaciones. No obstante, consideramos que la aproximación cuantitativa elegida permite caracterizar, a grandes rasgos, la estrategia predominante que es puesta en práctica por los sindicatos. La variable conflicto salarial se construye a partir de la base de conflictos laborales del MTEySS y expresa las estrategias de negociación desplegadas por los sindicatos para obtener determinados objetivos salariales¹⁵. Se contabilizan para cada sector la cantidad total de conflictos impulsados anualmente por organizaciones sindicales y originados en demandas salaria-

¹⁴ Marshall (2021), en un trabajo que desarrolla este punto, señala la dificultad para comparar los relevamientos hechos desde principios del siglo XXI. Sin embargo, sí son comparables los resultados del Módulo de Relaciones Laborales (MTEySS) –una encuesta a empresas sobre el universo de asalariados registrados que trabajan en el sector privado– para los años 2005, 2006 y 2008, que arroja tasas de sindicalización del 37,2 %, 39,7 % y 37,7 %, respectivamente. Luego, los registros extraídos de encuestas a trabajadores en hogares de mediados para los años 2014 (ENES PISAC) y 2018 (ECETSS) se pueden comparar entre sí, y solo exhiben una diferencia de 1,5 puntos porcentuales (36,2 % y 34,7 % respectivamente). Es decir, tal como indica Adriana Marshall, si por un segundo olvidamos la no estricta comparabilidad de todas las fuentes, entre 2006 y 2018 se evidenciaría una leve tendencia descendente en la tasa de afiliación del sector privado, pero que en el largo plazo tendió más bien a la estabilidad.

¹⁵ Para más detalles sobre la construcción de esta variable puede consultarse a Barrera-Insua (2015).

les. Luego, dicha información es ponderada por la participación en el empleo de cada actividad productiva¹⁶.

A partir del marco analítico y de los resultados obtenidos en trabajos previos (Barrera-Insua, 2017; Barrera-Insua y Marshall, 2019), esperaríamos que cada una de las variables reflejase una relación positiva con los salarios medios sectoriales, es decir, a mayor poder sindical mayores salarios.

C. Política pública laboral

En relación con la tercera dimensión consideramos al salario mínimo (MTEySS) la variable que permite incorporar el contenido de la política pública laboral. Los factores de naturaleza institucional como el salario mínimo, si bien son de carácter general, se espera que incidan sobre los sectores de bajos salarios, lo cual podría circunscribir el impacto de la variable a parte de la totalidad de los sectores en estudio.

En la siguiente sección, veremos cómo las medidas de poder descritas afectan a la variación de los salarios de los trabajadores registrados en Argentina.

RESULTADOS ENCONTRADOS

En la tabla 3 se presentan los principales resultados encontrados. El modelo (1) corresponde al estimador de mínimos cuadrados ordinarios con los datos agrupados, mientras que el resto corresponde a los resultados del estimador *within* o de efectos fijos para datos de panel. El modelo (2) incorpora efectos fijos tanto en el tiempo (para controlar por factores omitidos comunes a todos los sectores y que varían en el tiempo) como de corte transversal (para controlar por las características sectoriales que no varían en el tiempo), mientras que el último solo incorpora efectos fijos a nivel sectorial.

Asimismo, en el anexo del documento se presentan estimaciones considerando las otras medidas de poder estructural descritas en la sección previa. Las distintas especificaciones se realizaron con el objetivo de evaluar la robustez de los resultados principales del modelo propuesto para la estructura sectorial de salarios en Argentina. Sin embargo, podemos notar que la especificación que mejor ajusta en términos de significatividad de las variables incorporadas y de lo que pueden explicar los regresores del salario medio sectorial en Argentina (R^2), es aquella en la que se incorporan efectos fijos solo de corte transversal. Esto nos estaría indicando que aquellos factores o elementos específicos a cada sector de actividad por los que no se controló y que no varían en el tiempo, son relevantes para explicar el

¹⁶ Vale aclarar que los conflictos salariales únicamente refieren a las estrategias seguidas por los sindicatos en cuanto al repertorio de acciones que desarrollan para llevar adelante sus demandas. En el trabajo, no avanzamos sobre una definición que implique entender que a mayores conflictos, mayor poder.

ranking salarial entre las ramas de actividad. En otras palabras, puede interpretarse que las características propias de cada sector y, en particular, la heterogeneidad de la estructura productiva argentina inciden sobre la estructura sectorial de salarios. A su vez, esta heterogeneidad presenta un carácter estructural, ya que tal relevancia no se traslada a factores que varían en el tiempo pero que afectan a todos los sectores productivos por igual. En esta misma línea puede interpretarse el caso del desempleo: el desempleo existente en el sector específico sería más relevante para explicar los salarios que el desempleo agregado. No obstante, no tenemos suficiente evidencia para sustentar esta afirmación, algo que podría abordarse en futuras investigaciones.

Los resultados encontrados en lo que refiere a la dimensión A (dinámica de acumulación y competencia capitalista) muestran que las variables consideradas resultan positivas y estadísticamente significativas en todas las especificaciones. En concreto, incrementos en la tasa de ganancia sectorial se asocian a incrementos en el salario medio de los trabajadores registrados del sector privado. A su vez, una mayor capacidad de pago diferencial (variable de control aproximada por el grado de concentración al interior de los sectores en términos de empleo) de las empresas que componen las ramas de actividad, muestra una relación positiva con el salario medio.

Respecto a las variables correspondientes a la dimensión B (poder y estrategias sindicales), la tasa de sindicalización se asocia positivamente con el salario medio sectorial y se presenta significativa en las especificaciones (2) y (3) del modelo presentadas en la tabla 3, no así en el modelo (1) ($p < 0,1$). En la tabla A1 del anexo se puede observar que en los modelos (4), (5), (7) y (8) esta variable no resulta significativa para explicar el salario medio sectorial. Precisamente, se trata de las especificaciones *pooled* o con efectos fijos temporales. En este sentido, cuando mejor se comporta en términos de significatividad ($p < 0,05$) es en los modelos (2), (3), (6) y (9), siendo estos tres últimos donde solo se incorporan efectos fijos a nivel sectorial. Algo similar se observa en los resultados para el conflicto que, en líneas generales, resulta positiva en las diferentes especificaciones y mantiene un nivel de significatividad del 5 % en la mayor parte de ellas –excepto los modelos (2), (8) y (9).

En cuanto al poder estructural, aproximado mediante el índice de centralidad PageRank, en todas las especificaciones se encuentra un signo positivo y estadísticamente significativo ($p < 0,01$), en línea con la hipótesis teórica planteada previamente. En la tabla A1 del anexo pueden observarse los resultados de formulaciones alternativas. En todos los casos, las variables utilizadas resultan positivas, aunque se advierten algunas diferencias tanto en términos de significatividad estadística como en la magnitud de los coeficientes. Como se esperaba, el PageRank es la variable que evidencia un mejor ajuste entre las utilizadas para operacionalizar al poder estructural, dado que es el indicador más complejo en términos de valoración de la posición diferencial de cada sector en la red de intercambios comerciales. A su vez, la magnitud del efecto es más importante en el PageRank en comparación con el resto de las medidas de centralidad consideradas.

Tabla 3.

Resultados de las estimaciones. Variable dependiente: logaritmo del salario medio en el sector privado registrado

Variable dependiente: salario medio sectorial (logaritmo)			
	(1)	(2)	(3)
<i>A. Dinámica de acumulación y competencia capitalista</i>			
Tasa de ganancia sectorial	0,320***	0,015**	0,369***
	(0,099)	(0,048)	(0,281)
Capacidad de pago	0,126***	0,848***	0,634***
	(0,154)	(0,321)	(0,919)
<i>B. Poder y estrategias sindicales</i>			
Tasa de sindicalización	0,084*	0,092**	0,081**
	(0,203)	(0,201)	(0,209)
Conflicto	0,136**	0,103	0,158**
	(0,015)	(0,073)	(0,035)
PageRank	2,917***	1,071***	1,185***
	(0,640)	(0,934)	(1,006)
<i>C. Política pública laboral</i>			
Salario mínimo	0,0002***	0,0006***	0,0003***
	(0,000)	(0,001)	(0,000)
Efectos fijos – t	No	Sí	No
Efectos fijos – id	No	Sí	Sí
N	391	391	391
R ²	0,865	0,773	0,889
adj. R ²	0,862	0,751	0,868

Nota: errores estándares robustos entre paréntesis. Significatividad: * $p < 0,1$, ** $p < 0,05$ y *** $p < 0,01$.

Fuente: elaboración propia con base en datos del Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social y del Instituto Nacional de Estadística y Censo.

Vale la pena describir los resultados encontrados para el poder estructural aproximado por el grado y la fuerza (de entrada y de salida), reportados en la tabla A1 del anexo. Respecto a la centralidad de los sectores medida a través del número de sectores a los que venden su producción y compran insumos –es decir, el grado de entrada y de salida en los modelos (4)-(6)–, los resultados revelan que tanto el poder disruptivo “hacia adelante” como “hacia atrás” son significativos en los modelos estimados, a excepción del grado de salida en el caso del modelo (6) ($p < 0,1$). En relación con la magnitud de los coeficientes de estas dos variables,

los resultados indican en líneas generales una mayor incidencia del poder disruptivo “hacia atrás” respecto del poder disruptivo “hacia adelante”¹⁷.

En el caso del poder estructural aproximado mediante la fuerza (interna y externa) de cada sector productivo, no resulta significativa en ninguna de las especificaciones correspondientes a los modelos (7)-(9), a excepción de la fuerza de entrada en el modelo (7). Este resultado nos estaría indicando que la variable que incide sobre la estructura sectorial de salarios es el número de ramas productivas con la que cada sector se relaciona, independientemente del valor monetario de esas interacciones. Como mencionamos, al capturar esta dimensión de manera relativa, el PageRank permite una mejor expresión de la posición de cada sector en la red de relaciones intersectoriales.

Por último, la variable incorporada en la dimensión C (política pública laboral), el salario mínimo, resulta positiva y estadísticamente significativa en todas las especificaciones estimadas del modelo. No obstante, en línea con la hipótesis teórica, la magnitud de la relación del salario mínimo con la estructura sectorial de salarios es sensiblemente menos relevante que el resto de las variables incorporadas.

COMENTARIOS FINALES

En este trabajo analizamos la estructura sectorial de salarios en el sector privado registrado, considerando como elementos relevantes para su determinación las trayectorias en las tasas de ganancia sectoriales, los distintos niveles de organización y acción sindical, y la política pública de salario mínimo. Para abordar el problema, trabajamos con nueve distintas especificaciones de modelos empíricos de datos de panel.

El modelo permite entender los factores que determinan las diferencias salariales promedio entre sectores y explican su invariabilidad en el tiempo. En primer lugar, un resultado relevante es que, a partir de las distintas alternativas propuestas, hallamos que las especificidades sectoriales y su invariabilidad en el tiempo componen una condición central para explicar las *performances* salariales.

En una estructura salarial desigual encontramos que incrementos en las tasas de ganancia implican salarios sectoriales más altos. Asimismo, a partir de lo exhibido en el marco analítico, entendimos necesario analizar este efecto de manera relacional, junto con la dimensión que refleja la incidencia de la organización y acción de las y los trabajadores. En este sentido, incorporamos tres variables referidas al poder y estrategias sindicales: el poder estructural, la capacidad asociativa y la acción sindical. En líneas generales, encontramos que allí donde el poder sindical es más alto, más altos serán los salarios medios sectoriales.

Vale la pena detenernos en el conjunto de indicadores que permiten capturar diferentes aristas del poder estructural, mediante elementos de la teoría de redes o

¹⁷ Este resultado no se mantiene en el modelo (5).

grafos. Encontramos que la cantidad de ramas de actividad con las que un sector específico tiene relaciones de intercambio (es decir, el grado), ya sea para el abastecimiento o para la provisión de bienes y servicios, es un factor relevante en la determinación salarial: un mayor número de relaciones intersectoriales se asocia con un mayor salario medio sectorial. No obstante, no encontramos evidencia acerca de la significatividad de la magnitud (valor o volumen) de estas relaciones para explicar la estructura sectorial de salarios en el sector privado registrado. El mayor poder explicativo de este conjunto de variables para la estructura sectorial de salarios, recae en el PageRank que considera no solo el número de conexiones establecidas, sino también las conexiones de dichos sectores con el resto de las ramas incluidas en la matriz de relaciones intersectoriales.

Estos resultados se mantienen al controlar por la capacidad de pago diferencial de los distintos sectores, aproximado por la participación de las grandes empresas en cada sector de acuerdo con el número de trabajadoras y trabajadores declarados.

En síntesis, podemos afirmar que la diferenciación en tasas de ganancia sectorial, resultado del proceso de competencia capitalista, establece la primera fuerza de desigualdad de los salarios. A su vez, y como respuesta lógica al proceso de precarización de la vida que propone el capital, los trabajadores organizados procuran dar respuesta, y por medio de la construcción desigual de poder, también logran incidir en sus salarios. En dicha contienda, una política pública como el salario mínimo, consigue incidir sobre los salarios bajos de la estructura de ingresos laborales. Así, las dinámicas desiguales del capital y el trabajo cristalizan en el presente (y explican hacia el pasado) el carácter sistémico de la desigualdad salarial.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la atenta lectura y sugerencias de la doctora Adriana Marshall (Ides/Conicet, Argentina), del doctor Gonzalo Durán Sanhueza (Universität Duisburg-Essen, Alemania) y de los dos revisores anónimos. Agradecemos también los comentarios de los participantes del Grupo Temático 1 del 15° Congreso Nacional de Estudios del Trabajo. Los errores u omisiones que pudieran permanecer son de exclusiva responsabilidad de los autores.

REFERENCIAS

1. Andersen, G., Fried, R., & Wright, O. (1976). Modes of class struggle and the capitalist state.
2. Arrighi, G., & Silver, B. J. (1984). Labor movements and capital migration: the united states and western Europe in world-historical perspective. *Labor in the Capitalist World-Economy*, 183-216.
3. Bahçe, S., & Eres, B. (2013). Competing paradigms of competition: evidence from the Turkish manufacturing industry. *Review of Radical Political Economics*, 45(2), 201-224.

4. Baltagi, B. H. (2015). *The Oxford Handbook of Panel Data*. Oxford Handbooks.
5. Barrera, F. (2013). Conflictos salariales y organización sindical en la Argentina post-convertibilidad. *Documentos y Comunicaciones 2011-2012*, (14), 117-130.
6. Barrera-Insua, F. (2015). La acción sindical en el conflicto salarial de la Argentina post-convertibilidad (2006-2010). *Sociedad y Economía*.
7. Barrera-Insua, F. (2017). *Desigualdad salarial sectorial en la Argentina (2003-2012): entre las características productivas de los capitales y la acción sindical*. Universidad de Buenos Aires.
8. Barrera-Insua, F. (2018). *Salarios desiguales: entre la valorización del capital y la acción sindical*. Miño y Dávila Editores.
9. Barrera-Insua, F., & López, E. (2019). La tasa de ganancia sectorial en la Argentina en los años pos-neoliberales. *Realidad Económica*, 48(321), 35-64.
10. Barrera-Insua, F., & Marshall, A. (2019). Poder sindical en la negociación salarial. *Desarrollo Económico*, 59(228), 251-270.
11. Barrera-Insua, F., Noguera, D., & López, E. (2022). El poder estructural del capital en la Argentina reciente: un estudio por rama de actividad a través del enfoque de redes. XV Jornadas de Economía Crítica, Mar del Plata.
12. Becker, G. S. (1964). *Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis, with Special Reference to Education*. National Bureau of Economic Research.
13. Biewen, M., & Seckler, M. (2017). Changes in the German wage structure: unions, internationalization, tasks, firms, and worker characteristics. *IZA Discussion Paper*, (10763). IZA Institute of Labor Economics.
14. Botwinick, H. (2017). *Persistent Inequalities: Wage Disparity under Capitalist Competition*. Brill.
15. Brin, S., & Page, L. (1998). The anatomy of a large-scale hypertextual web search engine. *Computer Networks and ISDN Systems*, 30(1-7), 107-117.
16. Cortés, F., & Jaramillo, A. (1980). Relaciones de poder en los conflictos laborales. *Revista Mexicana de Sociología*, 42(2), 799-833.
17. Duménil, G., & Lévy, D. (1999). Being Keynesian in the short term and classical in the long term: the traverse to classical long-term equilibrium. *The Manchester School*, 67(6), 684-716.
18. Fernández, A. L., & González, M. L. (2018). Las continuas mejoras en la distribución del ingreso en Argentina entre 2003 y 2015. *Ciudadanías. Revista de Políticas Sociales Urbanas*, (3), 35-68.
19. Groisman, F. (2013). Salario mínimo y empleo en Argentina. *Revista de Economía Política de Buenos Aires*, (11), 9-47.

20. Iliopoulos, P., Galanis, G., Kumar, A., & Popoyan, L. (2022). Sectoral market power in global production: a theoretical and observational study. *Advances in Complex Systems (ACS)*, 25(02n03), 1-48.
21. Jessop, B. (2007). *State Power: A Strategic-Relational Approach*. Polity Press.
22. Lebowitz, M. A. (2005). *Más allá de El capital. La economía política de la clase obrera en Marx*. Ediciones Akal.
23. Lehndorff, S., Dribbusch, H., & Schulten, T. (2018). *Rough Waters: European Trade Unions in a Time of Crises*. European Trade Union Institute Brussels.
24. Lombardo, C., & Martínez-Correa, J. (2019). Convenio colectivo, sindicatos y dispersión salarial: evidencia de Argentina. LIV Reunión Anual de la Asociación Argentina de Economía Política. Bahía Blanca, 13-15 de noviembre.
25. López, E. (2016). *Los años post-neoliberales. De la crisis a la consolidación de un nuevo modo de desarrollo en Argentina*. Miño y Dávila.
26. Malizia, E., & Bond, D. L. (1974). Empirical tests of the RAS method of interindustry coefficient adjustment. *Journal of Regional Science*, 14(3), 355-365.
27. Marshall, A. (2021). Re-explorando la sindicalización en la Argentina y sus determinantes: ¿fisuras en las pautas tradicionales? *Trabajo y Sociedad*, 22(37), 167-190.
28. Marshall, A., & Perelman, L. (2006). Salario mínimo, mercado de trabajo y pobreza. Argentina (2003-2005). Documento presentado en la reunión técnica sobre informalidad, pobreza y salario mínimo, OIT-MTEySS, Buenos Aires, 26.
29. Marx, K. (1980). *Teorías sobre la plusvalía: tomo IV de El capital*. Fondo de Cultura Económica.
30. Marx, K. (2010). *El capital. Tomo III. Vol. 6*. Siglo XXI Editores.
31. Maurizio, R., & Vázquez, G. (2016). Distribution effects of the minimum wage in four Latin American countries: Argentina, Brazil, Chile and Uruguay. *International Labour Review*, 155(1), 97-131.
32. Mincer, J. (1958). Investment in human capital and personal income distribution. *Journal of Political Economy*, 66(4), 281-302.
33. Mincer, J. (1974). Schooling, experience, and earnings. *Human Behavior & Social Institutions*, (2).
34. Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social. (2018). Encuesta nacional a trabajadores sobre condiciones de empleo, trabajo, salud y seguridad. <https://www.argentina.gob.ar/trabajo/estadisticas/encuesta-nacional-trabajadores-sobre-condiciones-de-empleo-trabajo-salud-y>

35. Mokre, P., & Rehm, M. (2020). Inter-industry wage inequality: persistent differences and turbulent equalisation. *Cambridge Journal of Economics*, 44(4), 919-942.
36. Newman, M. (2018). *Networks*. Oxford University Press.
37. Page, L., Brin, S., Motwani, R., & Winograd, T. (1999). *The PageRank Citation Ranking: Bringing Order to the Web. Technical Report*. Stanford InfoLab.
38. Perrone, L. (1983). Positional power and propensity to strike. *Politics & Society*, 12(2), 231-261.
39. Porcile, G., & Holland, M. (2005). Brecha tecnológica y crecimiento en América Latina. En M. Cimoli (Ed.), *Heterogeneidad estructural, asimetrías tecnológicas y crecimiento en América Latina* (pp. 40-71). Cepal.
40. Rosen, S. (1991). La teoría de las diferencias igualadoras. En O. Ashenfelter, R. Layard & F. Sáez-Fernández (Eds.), *Manual de economía del trabajo* (pp. 813-880). Ministerio de Trabajo y Seguridad Social.
41. Shaikh, A. (1980). Marxian competition versus perfect competition: further comments on the so-called choice of technique. *Cambridge Journal of Economics*, 4(1), 75-83.
42. Shaikh, A. (1990). *Valor, acumulación y crisis*. Tercer Mundo Editores.
43. Shorter, E., & Tilly, C. (1985). *Las huelgas en Francia, 1830-1968*. Ministerio de Trabajo y Seguridad Social.
44. Silver, B. J. (2005). *Fuerzas de trabajo. Los movimientos obreros y la globalización desde 1870. Vol. 31*. Ediciones Akal.
45. Tsoulfidis, L., & Tsaliki, P. (2005). Marxian theory of competition and the concept of regulating capital: evidence from Greek manufacturing. *Review of Radical Political Economics*, 37(1), 5-22.
46. Wright, E. O. (2000). Working-class power, capitalist-class interests, and class compromise. *American Journal of Sociology*, 105(4), 957-1002.

ANEXO

Tabla A1.

Resultados de las estimaciones. Variable dependiente: logaritmo del salario medio en el sector privado registrado. Variables alternativas de centralidad para la medición del poder estructural

		Variable dependiente: salario medio sectorial (logaritmo)								
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	
<i>A. Dinámica de acumulación y competencia capitalista</i>										
Tasa de ganancia sectorial	0,320***	0,015**	0,369***	0,411***	0,379**	0,315***	0,319***	0,381***	0,356***	
	(0,099)	(0,048)	(0,281)	(0,134)	(0,286)	(0,216)	(0,126)	(0,226)	(0,271)	
Capacidad de pago	0,126***	0,848***	0,634***	0,993***	0,941**	0,984**	0,919***	0,434**	0,291**	
	(0,154)	(0,321)	(0,919)	(0,321)	(0,184)	(0,342)	(0,163)	(0,368)	(0,321)	
<i>B. Poder y estrategias sindicales</i>										
Tasa de sindicalización	0,084*	0,092**	0,081**	0,117	0,112*	0,096**	0,026*	0,091	0,102**	
	(0,203)	(0,201)	(0,209)	(0,219)	(0,099)	(0,086)	(0,109)	(0,085)	(0,091)	
Conflicto	0,136**	0,103	0,158**	0,128**	0,116**	0,106**	0,196**	0,121*	0,109*	
	(0,015)	(0,073)	(0,035)	(0,011)	(0,093)	(0,078)	(0,036)	(0,098)	(0,081)	
Grado de entrada	-	-	-	0,041**	0,124***	0,094**	-	-	-	
				(0,023)	(0,091)	(0,058)				

(Continúa)

Variable dependiente: salario medio sectorial (logaritmo)									
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Grado de salida	-	-	-	0,012** (0,006)	0,131** (0,109)	0,086* (0,042)	-	-	-
Fuerza de entrada	-	-	-	-	-	-	0,026** (0,011)	0,126 (0,021)	0,118* (0,019)
Fuerza de salida	-	-	-	-	-	-	0,019 (0,009)	0,098* (0,016)	0,099 (0,051)
PageRank	2,917*** (0,640)	1,071*** (0,934)	1,185*** (1,006)	-	-	-	-	-	-
<i>C. Política pública laboral</i>									
Salario mínimo	0,0002*** (0,000)	0,0006*** (0,001)	0,0003*** (0,000)	0,0003** (0,000)	0,0004*** (0,001)	0,0005*** (0,000)	0,0001** (0,000)	0,0003*** (0,001)	0,0002*** (0,000)
Efectos fijos – t	No	Sí	No	No	Sí	No	No	Sí	No
Efectos fijos – id	No	Sí	Sí	No	Sí	Sí	No	Sí	Sí
N	391	391	391	391	391	391	391	391	391
R ²	0,865	0,773	0,889	0,861	0,796	0,879	0,855	0,779	0,876
adj. R ²	0,862	0,751	0,868	0,853	0,787	0,856	0,858	0,766	0,853
Nota: errores estándares robustos entre paréntesis. Significatividad: * p < 0,1, ** p < 0,05 y *** p < 0,01.									

Fuente: elaboración propia con base en datos del Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social y del Instituto Nacional de Estadística y Censo.

CRECIMIENTO ECONÓMICO Y ALTERNANCIA POLÍTICA EN MÉXICO A NIVEL ESTATAL

José Carlos Espinoza

Espinoza, J. C. (2023). Crecimiento económico y alternancia política en México a nivel estatal. *Cuadernos de Economía*, 42(90), 677-694.

En 1989 aconteció por primera vez en la historia de México un proceso de alternancia política a nivel estatal, para dar finalización a una hegemonía partidista de sesenta años en dicho nivel. En esta investigación se analiza el efecto de la alternancia en el crecimiento económico estatal en México, mediante un análisis de regresión en el periodo 1989-2020. Se encontró que la alternancia política tiene un efecto negativo en el crecimiento económico estatal durante el primer año de gobierno, lo cual puede explicarse por la no continuidad en los planes políticos y económicos gubernamentales en el corto plazo.

Palabras clave: alternancia política; crecimiento económico; análisis de regresión; ciclo político económico.

JEL: C23, D72, H11, O47.

J. C. Espinoza

Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, Nuevo León, México. Correo electrónico: jose.espinozabr@uanl.edu.mx

Sugerencia de citación: Espinoza, J. C. (2023). Crecimiento económico y alternancia política en México a nivel estatal. *Cuadernos de Economía*, 42(90), 677-694. <https://doi.org/10.15446/cuadernos.v42n90.98553>

Este artículo fue recibido el 20 de septiembre de 2021, ajustado el 8 de mayo de 2023 y su publicación aprobada el 10 de mayo de 2023.

Espinoza, J. C. (2023). Economic growth and political alternation at the state level in Mexico. *Cuadernos de Economía*, 42(90), 677-694.

In 1989 for the first time in the history of Mexico a political alternation occurred at the state level to put an end to a 60-year partisan hegemony. The effect of alternation on state economic growth in Mexico is analyzed, through a regression analysis in the period 1989-2020. It has been found that political alternation has a negative effect on state economic growth during the first year of government. This could be explained because alternation does not allow continuity in the short-term in the political and economic plans of the government.

Keywords: Political alternation; economic growth; regression analysis; political business cycle.

JEL: C23, D72, H11, O47.

INTRODUCCIÓN

La alternancia política se ha convertido en un aspecto fundamental del sistema político en México, lo cual ha impactado directamente en la transición democrática del sistema (Dahl, 1999; Díaz-Jiménez y Vivero-Ávila, 2015; Raymond, 1982; Sánchez, 2016; Vargas, 2016). Esto ha sido posible gracias a las reformas electorales de las últimas décadas (Bolívar, 2013; Klesner, 2005; Méndez de Hoyos, 2006; Santa Cruz, 2002; Soto, 2012).

Es evidente que la alternancia ha tenido un efecto positivo sobre el sistema político mexicano, pero, ¿cómo ha sido su impacto económico en México? Se tiene como hipótesis que, al igual que en el sistema político, la alternancia partidista incide positivamente en la economía de un Estado. Por lo tanto, la presente investigación tiene como objetivo determinar el efecto de la alternancia en el crecimiento económico en México.

Para ello, se usan datos a nivel estatal para México en el periodo comprendido entre 1989, año en que se dio el primer fenómeno de alternancia a nivel estatal, y 2020. El modelo empleado se apoya en la teoría del ciclo político económico (CPE) la cual indica que un gobierno en el poder tiene incentivos para manipular la economía y prolongar su estancia al frente de la administración pública; dicha teoría tiene dos enfoques: el oportunista y el partidista, el primero pretende explicar el efecto del gasto gubernamental por un partido político en la economía, previo a las elecciones, con el fin de mantener el poder y no permitir una alternancia, mientras que el enfoque partidista pretende explicar el comportamiento de un partido político a partir de su ideología (Alesina *et al.*, 1999; Amarillas y Gámez, 2014; Gámez y Amarillas, 2011; Hibbs, 1977). Si bien la teoría del CPE explica los medios que utilizan los partidos políticos para mantener el poder, no intenta explicar las consecuencias de la alternancia, por lo que resulta interesante apoyarse en esta teoría, pero incorporar elementos observados en la estadística descriptiva.

Llevar a cabo lo anterior incrementa el conocimiento relativo al fenómeno de la alternancia partidista, que al día de hoy, es una característica positiva del sistema político que se vive en el país. Por lo que entenderlo mejor ayuda a construir políticas públicas en el sentido político y económico, con el fin de contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de las personas.

El artículo desarrolla el concepto de alternancia, señala el efecto de su presencia en el sistema democrático y brevemente detalla de manera cronológica el surgimiento gradual del fenómeno en México. Después, se plasma la metodología y el modelo a estimar. Luego se obtienen las tendencias del crecimiento económico estatal en el periodo considerado y se lleva cabo el análisis respecto al efecto de la alternancia en el crecimiento económico, mediante un análisis de regresión lineal. Por último, se realizan las conclusiones pertinentes.

ALTERNANCIA POLÍTICA

Los partidos políticos representan un componente fundamental en el sistema político, debido a que se convierten en un catalizador y garante de la democracia (Cárdenas, 2012). Sin embargo, la alternancia partidista puede ser considerada un respiro natural en la democracia, la cual es representada por el cambio del partido político en el poder, después de una elección, y es consecuencia de la dinámica de un sistema político, ya que existen tanto los ciudadanos que tienen preferencias políticas definidas, como los partidos políticos oportunistas con un conjunto de programas que pueden proponer (Gautier y Soubeyran, 2004).

La alternancia es un componente deseable en un sistema político, ya que mantiene la esperanza de que el nuevo gobierno sea mejor que el anterior, es decir, la posibilidad de un cambio partidista en la administración pública mantiene viva la esperanza del sector de la población que no está siendo representado en el gobierno (Raymond, 1982).

Existen dos tipos de alternancia política, la alternancia en la dirección y la alternancia en la ideología. La primera se define como un cambio personal en el control del poder ejecutivo, independientemente de la condición de que el nuevo líder pertenezca al mismo partido que su predecesor, la segunda es la rotación del poder entre partidos o coaliciones con distintas ideologías políticas (Milanovic *et al.*, 2009).

En la presente investigación se abordará en particular la alternancia en la ideología, es decir, cuando ha existido un cambio de partido político en el gobierno.

Efectos de la alternancia en la democracia

La democracia contemporánea tiene como característica principal el pluralismo, no solo mediante el voto, sino en las formas políticas, sociales y económicas en las que determinados grupos se interrelacionan en la vida política (Bobbio, 2010).

El pluralismo representa la presencia de partidos políticos con una diversidad de preferencias e ideologías, los cuales surgen como consecuencia de un gobierno responsable, de unas elecciones libres y del establecimiento de un sistema de partidos (Sartori, 2005).

Al respecto, es un hecho que la alternancia política es una muestra de pluralismo, aspecto fundamental de la democracia contemporánea (Vargas, 2016). En el mismo sentido, representa una señal del pluralismo estable y maduro, siempre que los partidos políticos contendientes no tengan un comportamiento completamente opuesto (Raymond, 1982).

Aunado a lo anterior, la alternancia ha dotado de legitimidad al sistema (Díaz-Jiménez y Vivero-Ávila, 2015). Así mismo, ha provocado la existencia de un sistema de pesos y contrapesos en la toma de decisiones, debido a la presencia de

distintos partidos gobernando en la misma región, al mismo tiempo pero en distintos niveles (Sánchez, 2016).

Por otro lado, considerando la influencia de la alternancia en el terreno de la libertad de opinión, esta brinda la posibilidad de una libre expresión de ideas, siempre que se permita, la libre organización para ello (Dahl, 1999). De igual manera, promueve una nueva cultura política, donde la participación electoral se convierte en un instrumento de opinión y presión política (Bolívar, 2013).

Por lo tanto, puede decirse que la alternancia es una característica positiva de la democracia y por ende, del sistema político en México. Esto es posible siempre que se garantice que un gobierno democrático tiene la capacidad de generar un cambio de gobernante a través de la participación ciudadana, sin tener que recurrir a la violencia (Popper, 1945).

En resumen, con la aparición de la alternancia en el sistema político, se puede concebir como un avance en la transición democrática, generando un contexto de pluralismo y legitimidad en el sistema democrático de un país.

La alternancia política en México

La alternancia política en México ha tenido una aparición desde los niveles menos desagregados a los de mayor agregación, es decir, ha aparecido inicialmente a nivel municipal, después a nivel estatal y por último a nivel nacional.

Desde 1929, el Partido Revolucionario Institucional (PRI) tuvo un dominio hegemónico en el sistema político mexicano, incluso a nivel nacional duró más de setenta años en el poder. Una de las principales razones fue la escasez de reglas electorales que permitieran la competitividad electoral de los partidos políticos de oposición, debido a que las elecciones las organizaba el mismo poder ejecutivo (Klesner, 2005).

El primer avance significativo en la transición democrática del sistema político mexicano aconteció en 1977, con la promulgación ese año de la reforma electoral, con la cual comenzaron a darse los primeros pasos previos a la aparición de la alternancia política como posibilidad real para los partidos políticos de oposición (Bolívar, 2013). Sin embargo, ha sido gracias a las reformas electorales de 1977, 1986, 1990, 1996 y 2014, en conjunto, que el país ha transformado su sistema político, convirtiéndolo en un sistema multipartidista (Torres-Rodríguez y Ahuactzin-Martínez, 2019).

En este sentido, se ha encontrado evidencia empírica que indica que existe una relación positiva entre equidad y justicia de los procesos electorales, lo cual se ha conseguido a partir de las reformas electorales y la competitividad electoral (Méndez de Hoyos, 2006). Así mismo, hay evidencia empírica que señala la influencia positiva de la normativa electoral en un proceso de alternancia, es decir, tener reglas electorales más justas incrementa la probabilidad de cambio partidista en un estado en México (Soto, 2012).

Por otro lado, y como ya se comentó, la alternancia partidista ha aparecido desde los niveles menos desagregados hasta los de mayor agregación.

Tabla 1.

Primeras alternancias partidistas en México

Nivel	Año	Partido político	Ubicación
Municipal	1946	Unión Cívica Leonesa	León
Estatad	1989	Partido Acción Nacional	Baja California
Nacional	2000	Partido Acción Nacional	México

Fuente: elaboración propia con base en Bassols y Arzaluz (1996) y Santa Cruz (2002).

En la tabla 1 se resumen las primeras apariciones de algún evento de alternancia partidista de acuerdo con cada nivel de demarcación política. En el ámbito municipal el PRI tuvo su primera derrota en 1946, pues la Unión Cívica Leonesa resultó ganadora en el municipio de León, estado de Guanajuato (Bassols y Arzaluz, 1996). A nivel estatal la oposición obtuvo su primer triunfo en 1989, siendo el Partido Acción Nacional (PAN) el vencedor, en el estado de Baja California, mientras que, en el escenario nacional, fue en el año 2000 cuando la ruptura de la hegemonía partidista ocurrió por primera vez, donde el mismo PAN ganó la presidencia, convirtiéndose en el primer partido distinto al PRI en triunfar en unas elecciones nacionales, lo que representó la consolidación de la alternancia partidista en el sistema político mexicano (Santa Cruz, 2002).

Por lo anterior, México es considerado un sistema multipartidista en la actualidad, incluso a nivel nacional; la alternancia política partidista se ha presentado en tres de las últimas cuatro elecciones, esto pone al país en el camino correcto de la transición democrática, mas no en el punto final.

METODOLOGÍA

En esta investigación se emplea un análisis de regresión lineal con datos panel, utilizando datos de México a nivel estatal para el periodo 1989-2020. Por lo que, con un horizonte de 32 años y considerando que existen 32 estados en el país, se tienen 1024 datos. Precisamente se considera la información a partir de 1989, debido a que en dicho año aconteció un proceso de alternancia partidista por primera vez en la historia de México a nivel estatal, esto sucedió en el estado de Baja California.

Los datos empleados se tomaron del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi), del Consejo Nacional de Población y de la Conferencia Nacional de Gobernadores (Conago), para el producto interno bruto (PIB), la población y el gobernador por periodo, respectivamente. Es importante mencionar que el PIB está expresado en pesos constantes de 2013 y que el paquete estadístico que se usó para el análisis de regresión fue EViews.

Para determinar el efecto de la alternancia en el crecimiento económico del país a nivel estatal, se llevó a cabo un análisis de regresión, mediante la construcción de un modelo a partir de la literatura empleada en la teoría del CPE, la cual indica la estimación de modelos autorregresivos con la incorporación de variables electorales y variables de control económicas (Espinoza y Ramírez-Díaz, 2023; Mejía-Reyes *et al.*, 2016; Reyes-Hernández *et al.*, 2019).

No obstante, dada la presencia de rezagos de la variable dependiente en el modelo, se tendrá que trabajar bajo la consideración del modelo como un panel dinámico (Anderson y Hsiao, 1981). Ya que servirse de mínimos cuadrados ordinarios o mínimos cuadrados generalizados con efectos fijos o aleatorios provocará estimaciones inconsistentes por la correlación del retardo con el efecto no observable (Montero, 2010). Por lo que resulta necesario estimar el panel dinámico a través del método generalizado de momentos (Hansen, 1982). Así como la utilización de retardos de la variable dependiente como variables instrumentales, ya sea en nivel o en diferencias (Arellano y Bond, 1991).

Es decir, el modelo a estimar será un panel dinámico, donde es menester emplear variables instrumentales, basadas en los rezagos de la variable dependiente, ya sea en nivel o en diferencias, donde la regresión a estimar se corre en primeras diferencias y se estima mediante el método generalizado de momentos (Anderson y Hsiao, 1992).

El modelo a estimar es el que aparece en la ecuación (1).

$$\begin{aligned}
 PIB_{it} = & \alpha_0 + \sum_{j=1}^p \beta_j PIB_{i(t-j)} + \sum_{j=0}^p \gamma_j GP_{i(t-j)} + \alpha_1 PRE_{it} + \alpha_2 ELE_{it} + \\
 & \alpha_3 POS_{it} + \alpha_4 CPEMUN_{it} + \alpha_5 CRISIS_{it} + \alpha_6 ALTER_{it} + \alpha_7 ALTERP_{it}
 \end{aligned} \quad (1)$$

Donde:

i = estado.

t = año.

PIB = variable dependiente representada por la tasa de crecimiento del PIB per cápita.

GP = tasa de crecimiento del gasto público.

PRE , ELE y POS = variables dicotómicas tradicionales de índole electoral que pretenden capturar el CPE a nivel estatal: la primera indica el año previo a las elecciones, la segunda el año de las elecciones y la tercera el año posterior a las elecciones.

$CPEMUN$ = variable binaria que toma el valor de 1 en los casos donde sea el cuarto año de gobierno de la administración pública estatal y de 0 en el resto, dado que pretende captar el efecto del CPE a nivel municipal donde las elecciones municipales se celebran a mitad del periodo de la administración pública estatal.

$CRISIS$ = variable binaria que es igual a 1 en los años que México experimentó una crisis económica y a 0 en el resto de los periodos.

ALTER y *ALTERP* = variables dicotómicas que estimarán el efecto de la alternancia política en la economía: la primera es igual a 1 cuando el año sea parte de un periodo de gobierno donde se experimentó alternancia y a 0 cuando el periodo sea de continuidad; y la segunda es igual a 1 en caso de que sea el primer año de gobierno y se esté experimentando un proceso de alternancia y a 0 en el resto de los casos.

Es de esperarse que los coeficientes de las variables de control sean positivos, debido a la relación positiva existente entre el gasto público y la inversión con el PIB. Respecto a las variables del CPE a nivel estatal, se espera que las variables del año previo a las elecciones y el año de los comicios electorales presenten signo positivo, por la aceleración experimentada al final de la administración pública, mientras que se espera que la variable del año posterior a las elecciones presente signo negativo, ya que se espera una desaceleración económica durante el primer año de gobierno. Lo anterior de acuerdo con lo indicado en la literatura del CPE.

Por su parte, se espera un signo negativo en la variable del CPE a nivel municipal, puesto que representa el año posterior a las elecciones municipales, que se ejecutan en el tercer año de gobierno en la administración pública estatal. Ambas variables anteriores pretenden capturar la existencia del CPE en su modalidad oportunista. Por otro lado, se espera encontrar un signo negativo en la variable crisis, debido a la repercusión negativa que tiene una crisis económica sobre el crecimiento económico. Finalmente, se espera que las variables de alternancia sean ambas positivas, confirmando la existencia de un efecto positivo sobre la economía.

El modelo se estimó de lo general a lo particular: en la primera etapa se estimó el modelo completo, en la siguiente se omitió la variable con el coeficiente menos significativo y así sucesivamente, hasta contar tan solo con coeficientes significativos en el modelo. Así mismo, se asume que $\varepsilon \sim iid N(0, \sigma^2)$.

RESULTADOS

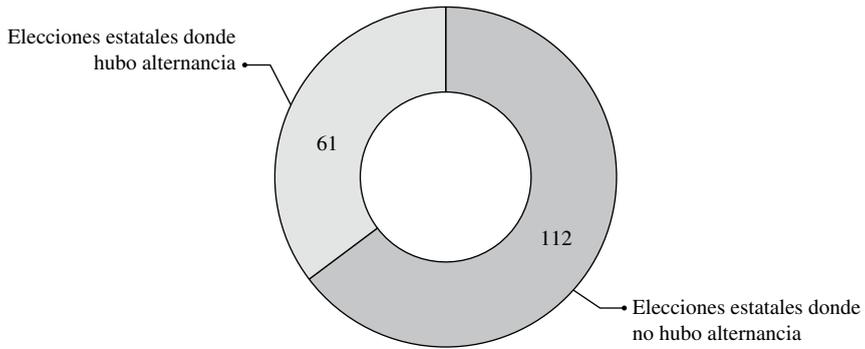
Esta sección está compuesta por dos apartados, en el primero se detallan las tendencias observadas en la serie de datos empleados y por ende, se muestra una explicación del modelo a estimar, y en el segundo se encuentran los resultados del análisis de regresión, donde se plasma el efecto de la alternancia en el crecimiento económico estatal de México.

Análisis descriptivo

Dado que la investigación tiene como objetivo determinar el efecto de la alternancia en el crecimiento económico estatal, en el periodo 1989-2020, es importante identificar las tendencias del crecimiento económico estatal en estas tres décadas, periodo en el que se registraron diversos procesos de alternancia partidista en las entidades del país.

En el periodo considerado ocurrieron 173 elecciones estatales, de las cuales en el 35,26 % existió un proceso de alternancia partidista, tal como se observa en la figura 1.

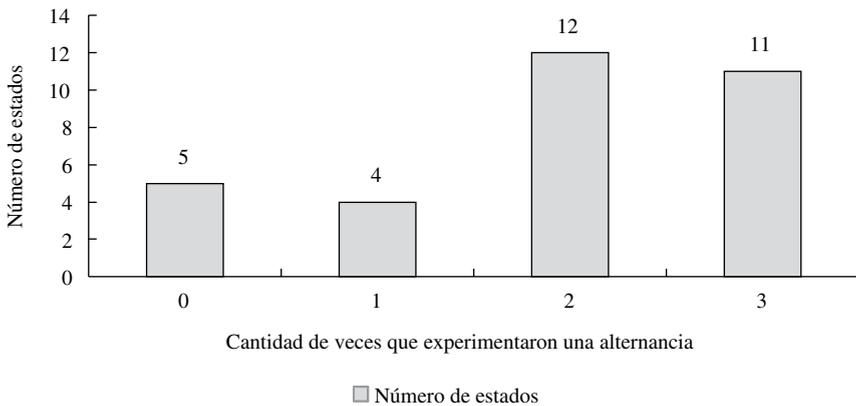
Figura 1.
Presencia de alternancia política en elecciones estatales



Fuente: elaboración propia con base en Conago (2022).

La figura 2 expresa la clasificación de los 32 estados a partir del número de alternancias que experimentaron. Evidentemente, acontecieron 61 procesos con cambio partidista en el ejecutivo estatal y en cinco entidades se tuvo una hegemonía partidista total. Cabe destacar que en el 84,37% de los estados se vivió al menos una alternancia partidista en las elecciones estatales.

Figura 2.
Clasificación de estados según el número de alternancias que experimentaron



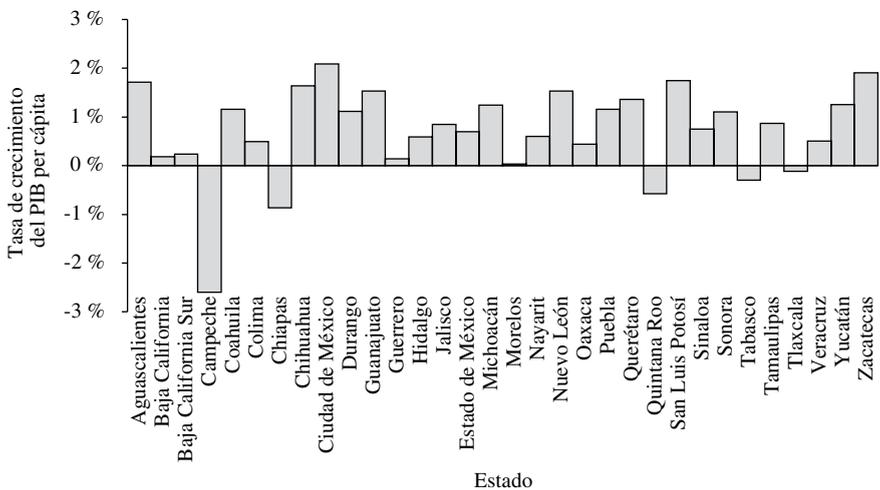
Fuente: elaboración propia con base en Conago (2022).

Como se ha visto, la alternancia a nivel estatal es una realidad en México. Se procede a mostrar la estadística relativa al crecimiento económico estatal en México.

En la figura 3 se representa la tasa de crecimiento del PIB per cápita promedio anual por estado de 1989 a 2020. En esta figura puede notarse que, de los 32 estados del país, en cinco de ellos se presenta una tasa de crecimiento económico promedio negativa, siendo Campeche, Chiapas y Quintana Roo los estados con la menor tasa de crecimiento económico promedio. Por su parte, los estados con mayor crecimiento son Ciudad de México, San Luis Potosí y Zacatecas. Se destaca que la tasa de crecimiento promedio estatal anual en las últimas tres décadas es del 0,70 %.

Figura 3.

Crecimiento económico promedio anual por estado



Fuente: elaboración propia con base en Inegi (2022).

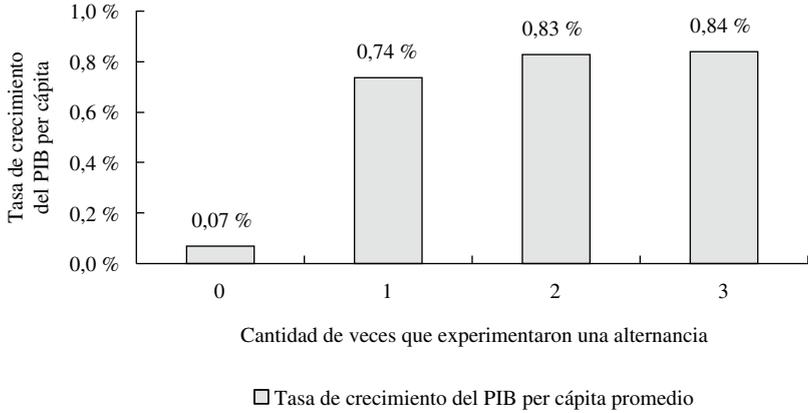
Una vez observado el comportamiento del crecimiento económico por estado, se procede a presentar la información agregada a nivel estatal, es decir, considerando la tasa de crecimiento promedio estatal anual.

En la figura 4 se advierte el crecimiento económico estatal medido con la tasa de crecimiento del PIB per cápita anual promedio, de acuerdo con el número de alternancias que tuvo una entidad en el periodo en estudio: los estados en los que se tuvo una hegemonía partidista revelaron una tasa de crecimiento promedio del 0,07 %, mientras que la mayor tasa de crecimiento promedio fue de un 0,84 % experimentada por las entidades que vivieron tres procesos de alternancia.

En la misma figura 4 se aprecia una tendencia positiva entre el número de alternancias y la tasa de crecimiento, tal como se señala en la hipótesis y se ha incorporado en el modelo planteado en la metodología, el cual se probará estadísticamente en el siguiente apartado.

Figura 4.

Crecimiento económico promedio estatal anual por número de alternancias

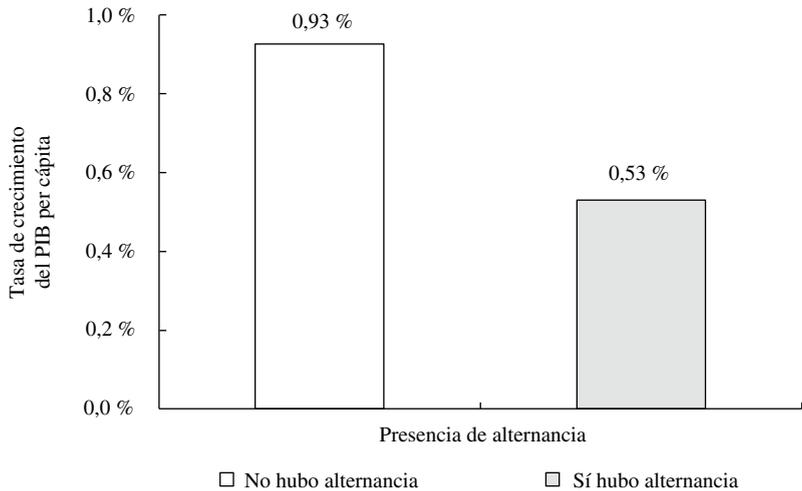


Fuente: elaboración propia con base en Inegi (2022).

La figura 5 muestra la tasa de crecimiento económico promedio estatal anual durante el primer año de gobierno de acuerdo con la presencia o no de la alternancia partidista, en la cual se puede apreciar que durante el primer año de gobierno la continuidad partidista parece relacionarse con mayores tasas de crecimiento económico, sin embargo, esto será probado estadísticamente en el siguiente apartado.

Figura 5.

Crecimiento económico promedio estatal anual durante el primer año de gobierno



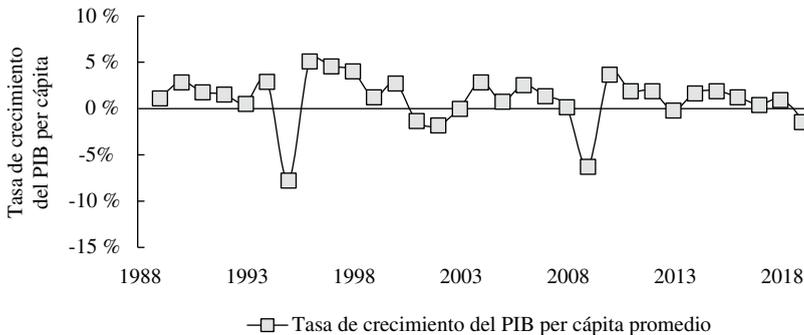
Fuente: elaboración propia con base en Inegi (2022).

Por las figuras 4 y 5 resultó pertinente incorporar en el modelo a estimar, tanto la variable dicotómica de alternancia política a lo largo del periodo como en el primer año de gobierno.

En la figura 6 se presenta la tasa de crecimiento del PIB per cápita estatal promedio por año. Se resaltan dos hechos: (i) se puede distinguir la desaceleración económica en cada una de las grandes crisis económicas que sufrió el país (1994, 2008 y 2020): las primeras dos repercutieron en mayor medida en el año siguiente, ya que ambas ocurrieron cerca del final del año, por ende, impactaron significativamente en el año posterior, es decir, 1995 y 2009, respectivamente. Siendo la asociada a la pandemia global del 2020 la de mayor impacto en el crecimiento económico a nivel estatal; y (ii) la presencia de un comportamiento cíclico tal como lo señala la teoría del CPE, que argumenta que los gobiernos tienen incentivos para manipular la economía con fines electorales, donde en el último año de gobierno existe un incremento en la tasa de crecimiento económico, y en el primer año de gobierno la economía se contrae. Esto se probará estadísticamente en el siguiente apartado.

Figura 6.

Crecimiento económico promedio estatal anual por año

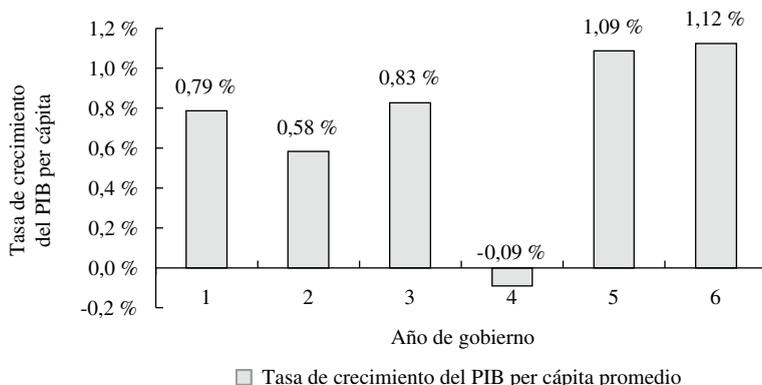


Fuente: elaboración propia con base en Inegi (2022).

En concordancia con lo anterior, relativo al comportamiento cíclico, la figura 7 captura la esencia de la teoría del CPE: el crecimiento económico estatal promedio por año de gobierno. En dicha figura y conforme con la teoría del CPE, las tasas de crecimiento más elevadas se dan de manera previa a las elecciones, y posterior a ellas, las tasas se reducen. Así mismo, se observa un comportamiento atípico en el cuarto año de gobierno, no obstante, esto puede explicarse por la existencia de elecciones municipales, que ocurren justo a la mitad del sexenio que gobierna un ejecutivo estatal, por lo que el cuarto año de gobierno en un estado significa a la vez, el primer año de gobierno municipal. Lo dicho pone de manifiesto la relevancia de incorporar las variables asociadas al CPE tanto a nivel estatal como a nivel municipal en el modelo.

Figura 7.

Crecimiento económico promedio estatal anual por año de gobierno



Fuente: elaboración propia con base en Inegi (2022).

Se procede ahora a probar estadísticamente el efecto de la alternancia en el crecimiento económico estatal. Por lo que a continuación se lleva a cabo el análisis de regresión lineal, en el cual se determina el efecto económico de un proceso de alternancia política estatal en México, tal como se ha plasmado en el modelo, donde la variable dependiente corresponde al crecimiento económico estatal medido a través de la tasa de crecimiento anual del PIB per cápita.

Análisis econométrico

La estimación se efectuó con el método generalizado de momentos en dos etapas con estimadores de White, que emplean variables instrumentales, en particular, la variable instrumental ha sido el segundo rezago de la variable dependiente, ya que el modelo se corrió en primeras diferencias, tal como marca la metodología de un panel dinámico.

En la tabla 2 aparecen los resultados del análisis de regresión, allí se representan solo los coeficientes significativos. A diferencia de resultados previos en la literatura del CPE (Espinoza y Ramírez-Díaz, 2023; Mejía-Reyes *et al.*, 2016; Reyes-Hernández *et al.*, 2019), en el presente estudio únicamente el primer rezago del PIB per cápita ha sido significativo, mientras que, el gasto público solo ha sido significativo en el periodo actual, lo anterior considerando que el modelo fue corrido en primeras diferencias. Ambas variables presentan el signo esperado.

Por su parte, de las variables asociadas al CPE a nivel estatal, solamente el primer año de gobierno ha sido significativo, con un coeficiente de signo negativo, acorde con la teoría, donde el primer año de gobierno presenta la menor tasa de crecimiento económico, consecuencia de la aceleración económica previa a las elecciones, con el fin de manipular la percepción del votante. Respecto a la variable

del CPE a nivel municipal se tiene un signo negativo, lo cual se interpreta como la desaceleración económica de un estado posterior a la presencia de un periodo electoral local. Así mismo, la variable crisis es significativa y con signo negativo, tal cual se esperaba.

Tabla 2.

Análisis de regresión

Variable	Coefficiente	Valor del coeficiente	Error estándar	Estadístico t	p-value
Rezago	β_1	0,419900***	0,050513	8,312744	0,0000
Gasto público	γ_0	0,044742***	0,017257	2,592634	0,0097
CPE estatal	α_3	- 0,005920*	0,003391	- 1,745591	0,0812
CPE municipal	α_4	- 0,007942**	0,003359	- 2,364649	0,0183
Crisis	α_5	- 0,081216***	0,004326	- 18,77464	0,0000
Alternancia	α_7	- 0,009424*	0,005535	- 1,702598	0,0890

Nota: * indica significancia al 10%, ** al 5% y *** al 1%.

Fuente: elaboración propia.

Por último, los resultados indican que manteniendo todo lo demás constante, un proceso de alternancia se traduce en una reducción en la tasa de crecimiento económico que experimenta un estado durante el primer año de gobierno. Sin embargo, la variable asociada al efecto de la alternancia, sobre todo el periodo de gobierno, no resultó significativa. Lo que pone de manifiesto, por un lado, que la alternancia política genera una desaceleración económica en el primer año de gobierno, lo cual puede ser resultado de la incertidumbre y de la nula continuidad en los planes políticos y económicos gubernamentales. Por otro lado, no se ha encontrado la existencia de un efecto económico de la alternancia sobre el periodo de gobierno completo.

En otras palabras, si bien no existe evidencia estadística suficiente que muestre que un estado que experimente una alternancia partidista presente distintas tasas de crecimiento económico a lo largo del periodo de gobierno respecto a un estado que tuvo continuidad partidista, sí hay suficiente evidencia estadística que indique que, durante el primer año de gobierno, un estado que ha experimentado alternancia partidista revele menores tasas de crecimiento económico que uno con continuidad partidista, lo cual puede considerarse como el costo económico de la alternancia política a nivel estatal en México.

CONCLUSIONES

El propósito de esta investigación ha sido determinar el efecto económico de la alternancia política en México a nivel estatal. El principal hallazgo, que da respuesta a la pregunta de investigación, es que existe un impacto significativo y

negativo de la alternancia partidista sobre el crecimiento económico del primer año de gobierno en México a nivel estatal, el cual se puede expresar como el costo económico de la alternancia.

Por lo anterior, se rechaza la hipótesis planteada inicialmente, a pesar de lo mostrado en la figura 4, lo cual no deja de ser válido, es decir, estadísticamente se ha encontrado el efecto de la alternancia en el crecimiento económico estatal, que es negativo; no obstante, la figura 4 muestra una aparente relación positiva entre el número de alternancias y la tasa de crecimiento promedio, por lo tanto, la explicación aquí expuesta es que si bien la alternancia no ha generado incrementos en el crecimiento económico de un estado, han sido los estados con las mayores tasas de crecimiento los que han propiciado la aparición de un proceso de alternancia de manera persistente.

Los resultados de la presente investigación podrían explicarse debido a que el ingreso de un nuevo partido político al poder implica una gran cantidad de cambios administrativos pero sobre todo, políticos e ideológicos, los cuales inciden directamente en la estructura política y económica de la administración pública estatal, por lo que cambian los objetivos y estrategias de la planeación y con ello, la dirección de las políticas públicas.

Por ende, si bien la alternancia partidista es positiva para el sistema político, es posible que no sea deseable que se presente de manera constante, al menos desde una perspectiva económica de corto plazo, y por el contrario, se permita trabajar por un periodo más amplio bajo una ideología política y un modelo económico que se reflejen en el incremento de la calidad de vida de las personas.

Incluso, derivado de los resultados aquí obtenidos, ya que por motivos de pluralismo, representatividad y legitimidad el sistema político requiere de la alternancia partidista, puede surgir como alternativa a la continuidad partidista, la existencia de periodos de gobierno con mayor extensión en su duración, lo cual permita la continuidad del plan económico de un gobierno, ya que probablemente seis años de gobierno sean insuficientes. Con todo, esto requeriría de mayores pruebas contundentes desde distintas perspectivas sociales, que confirmen la necesidad de periodos de gobierno de mayor amplitud.

Cabe mencionar que la principal limitación de este estudio fue el corto periodo de tiempo considerado, ya que este trabajo abarca un periodo de 32 años, pero un gobierno estatal está al frente de la administración pública por un periodo de seis años. Por lo que un incremento temporal permitirá observar y analizar distintos escenarios con mayor amplitud y frecuencia, pasar de continuidad a alternancia y viceversa. Ahora bien, hay que recordar que la primera aparición de la alternancia a nivel estatal aconteció en 1989, por lo que solo el tiempo hará posible analizar en mayor profundidad el fenómeno de la alternancia política.

Queda como futura línea de investigación el estudio del impacto de la alternancia en México a nivel municipal, así como el análisis en profundidad de los determinantes políticos, económicos y sociales que propician su aparición. Por otro lado,

surge como posible estudio futuro del CPE la incorporación de un enfoque partidista, que ayude a analizar el impacto de la ideología de un gobierno ya sea de izquierda, centro o derecha, o la categorización que se decida emplear.

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnología (CONAHCYT) por el apoyo brindado a través del programa de Estancias Posdoctorales por México.

REFERENCIAS

1. Alesina, A., Roubini, N., & Cohen, G. (1999). *Political Cycles and the Macroeconomy*. MIT Press.
2. Amarillas, V., & Gámez, C. (2014). El ciclo político presupuestal y la alternancia en el poder en los estados mexicanos. *Explanans*, 3(1), 89-120.
3. Anderson, T. W., & Hsiao, C. (1981). Estimation of dynamic models with error components. *Journal of the American Statistical Association*, 76(375), 598-606. <https://doi.org/10.2307/2287517>
4. Anderson, T. W., & Hsiao, C. (1992). Formulation and estimation of dynamic models using panel data. *Journal of Econometrics*, 18(1), 47-82. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(82\)90095-1](https://doi.org/10.1016/0304-4076(82)90095-1)
5. Arellano, M., & Bond, S. (1991). Some tests of specification for panel data: Monte Carlo evidence and an application to employment equations. *Review of Economic Studies*, 58(2), 277-297. <http://www.jstor.org/stable/2297968>
6. Bassols, M., & Arzaluz, S. (1996). Gobiernos municipales y alternancia política en ciudades mexicanas. *Frontera Norte*, 8(16), 103-124. <https://fronteranorte.colef.mx/index.php/fronteranorte/article/view/1477>
7. Bobbio, N. (2010). *El futuro de la democracia*. Fondo de Cultura Económica.
8. Bolívar, R. (2013). Alternancia política y transición a la democracia en México. *Revista Legislativa de Estudios Sociales y de Opinión Pública*, 6(12), 33-53. <https://biblat.unam.mx/es/revista/revista-legislativa-de-estudios-sociales-y-de-opinion-publica/articulo/alternancia-politica-y-transicion-a-la-democracia-en-mexico>
9. Cárdenas, J. (2012). *Partidos políticos y democracia*. Instituto Federal Electoral. <http://ru.juridicas.unam.mx/xmlui/handle/123456789/9471>
10. Conferencia Nacional de Gobernadores. (2022). Lista de gobernadores. <https://conago.org.mx/gobernadores/historicos>
11. Consejo Nacional de Población. (2022). Población por Estado, edad y sexo, 1950-2050. <https://datos.gob.mx/busca/dataset/proyecciones-de-la-poblacion-de-mexico-y-de-las-entidades-federativas-2016-2050>

12. Dahl, R. (1999). *La democracia. Una guía para los ciudadanos*. Taurus.
13. Díaz-Jiménez, F. O., & Vivero-Ávila, I. (2015). Las dimensiones de la competencia en el sistema de partidos mexicano (1979-2012). *Convergencia, Revista de Ciencias Sociales*, (68), 13-49. <https://convergencia.uaemex.mx/article/view/2950>
14. Espinoza, J. C., & Ramírez-Díaz, K. I. (2023). Impacto de la ideología partidista en el crecimiento económico a nivel estatal en México. *Análisis Económico*, 38(97), 57-80. <https://analisiseconomico.azc.uam.mx/index.php/rae/article/view/775>
15. Gámez, C., & Amarillas, V. (2011). Política económica o economía política: el ciclo político presupuestal en México. *Economía Política, Migración y Política Social*, II(3), 71-96.
16. Gautier, P., & Soubeyran, R. (2004). *Political Alternation: A Suggested Interpretation*. Groupement de Recherche en Economie Quantitative d'Aix-Marseille.
17. Hansen, L. P. (1982). Large sample properties of generalized method of moments estimators. *Econometrica*, 50(4), 1029-1054. <https://doi.org/10.2307/1912775>
18. Hibbs, D. (1977). Political parties and macroeconomic policy. *American Political Science Review*, 71(4), 1466-1487. <https://doi.org/10.2307/1961490>
19. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2022). Sistema de Cuentas Nacionales de México. <https://inegi.org.mx>
20. Klesner, J. (2005). Electoral competition and the new party system in Mexico. *Latin American Politics & Society*, 47(2), 103-142. <https://www.jstor.org/stable/4490405>
21. Mejía-Reyes, P., Reyes-Hernández, M., & Melquíades, B. (2016). Evidencia de ciclo político presupuestal en el Estado de México. *Economía: Teoría y Práctica*, (45), 207-234. <https://doi.org/10.24275/ETYP/AM/NE/452016/Mejia>
22. Méndez de Hoyos, I. (2006). *Transición a la democracia en México: competencia partidista y reformas electorales 1977-2003*. Fontamara.
23. Milanovic, B., Hoff, K., & Horowitz, S. (2009). Political alternation as a restraint on investing in influence: evidence from the post-communist transition. *Policy Research Working Paper*, (4747), World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/6932?locale-attribute=es>
24. Montero, R. (2010). Panel dinámico. *Documentos de Trabajo en Economía Aplicada*, Universidad de Granada.
25. Popper, K. (1945). *The Open Society and its Enemies*. Routledge.
26. Raymond, A. (1982). La alternancia en los países industrializados. *Revista de Ciencia Política*, 17(1), 18-32. <http://ojs.uc.cl/index.php/rcp/article/view/13694>

27. Reyes-Hernández, M., Mejía-Reyes, P., & Mancilla-Bárceñas, M. (2019). Elecciones presidenciales y el gasto público en desarrollo social en México, 1995-2016. *Ensayos Revista de Economía*, 38(1), 41-60. <http://dx.doi.org/10.29105/ensayos38.1-2>
28. Sánchez, J. (2016). Los congresos locales y la política de gasto en México: 2000-2012. *Foro Internacional*, 56(4), 1019-1052. <https://forointernacional.colmex.mx/index.php/fi/article/view/2380/2348>
29. Santa Cruz, A. (2002). From transition to consolidation: Mexico's long road to democracy. *Revista de Ciencia Política*, 12(1), 90-111. <http://ojs.uc.cl/index.php/rcp/article/view/7154>
30. Sartori, G. (2005). *Partidos y sistemas de partidos*. Alianza Editorial.
31. Soto, I. (2012). Determinantes de la alternancia política en México, 1980-2009: un análisis econométrico a nivel de estados. *CONfines de Relaciones Internacionales y Ciencias Políticas*, 8(15), 77-98. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-35692012000100004
32. Torres-Rodríguez, I., & Ahuactzin-Martínez, C. (2019). Democracy and electoral reforms in Mexico. *Derecho Global. Estudios sobre Derecho y Justicia*, 4(11), 143-162. <https://doi.org/10.32870/dgedj.v0i11.186>
33. Vargas, J. P. (2016). La alternancia desde el pluralismo democrático. *Revista de Derecho*, (20), 71-97. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5973556>

LA DISMINUCIÓN DE LA PARTICIPACIÓN DEL TRABAJO EN EL INGRESO EN MÉXICO, 2004-2019

Jonathan Andrey Barrantey Chavira

Barrantey Chavira, J. A. (2023). La disminución de la participación del trabajo en el ingreso en México, 2004-2019. *Cuadernos de Economía*, 42(90), 695-721.

El objetivo del artículo es analizar la participación de los salarios en el ingreso a nivel industria y por sector tecnológico en México. Se realiza un análisis *shift-share* y se corrobora que la participación de salarios ha disminuido en el sector manufacturero. Al desarrollar un modelo de panel de datos 2004-2019, se muestra evidencia de que la participación salarial se ha reducido en los últimos años debido a factores relacionados con el progreso tecnológico y el poder de mercado, que cerca de generar beneficios laborales, estrechan la demanda de empleo. El capital por trabajador y los salarios relativos incrementan la participación salarial.

Palabras clave: participación salarial; cambio tecnológico; poder de mercado; análisis cambio-participación.

JEL: J31, O33, D43, E24.

J. A. Barrantey Chavira

Universidad de Guadalajara, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México. Correo electrónico: jonathan.barrantey@uacj.mx

Sugerencia de citación: Barrantey Chavira, J. A. (2023). La disminución de la participación del trabajo en el ingreso en México, 2004-2019. *Cuadernos de Economía*, 42(90), 695-721. <https://doi.org/10.15446/cuadernos.v42n90.95632>

Este artículo fue recibido el 9 de mayo de 2021, ajustado el 1 de octubre de 2022 y su publicación aprobada el 4 de noviembre de 2022.

Barrandey Chavira, J. A. (2023). The decline of the labor income share in Mexico, 2004-2019. *Cuadernos de Economía*, 42(90), 695-721.

The objective of the article is to analyze the wages share in income at the industry level and by technology sector in Mexico. A shift-share analysis is carried out and it is confirmed that the share of wages has decreased in the manufacturing sector. When developing a 2004-2019 data panel model, evidence is shown that the wage share has decreased in recent years due to factors related to technological progress and market power, which close to generating labor benefits, are decreasing the demand for employment. Capital per worker, and relative wages increase the wage share.

Keywords: Wage share; technological change; market power; shift-share analysis.

JEL: J31, O33, D43, E24.

INTRODUCCIÓN

En las últimas cuatro décadas la participación del trabajo en el ingreso ha explicado la dinámica del mercado laboral en los países independientemente del nivel de ingreso (Acemoglu y Restrepo, 2019; Autor *et al.*, 2019; De Serres *et al.*, 2002). Y es que desde la década de los ochenta la participación del trabajo en la renta ha disminuido en todo el mundo (Cho, 2016; Dao *et al.*, 2017; Hutchinson y Persyn, 2012; Karabarbounis y Neiman, 2014).

En el caso de México la disminución de la participación laboral en el ingreso no es la excepción, como lo señalan Ibarra y Ros (2019) y Samaniego (2014). Los hechos económicos establecen que en México durante el periodo 2004-2019, en el sector manufacturero, el cambio en la participación salarial agregado, expresado por el pago total a los trabajadores sobre el valor total de la producción menguó.

En la literatura diversos autores identifican la demanda de trabajo agregada en relación con la participación del trabajo en el producto de manera indistinta. Esta variable con frecuencia es utilizada para hacer inferencias teóricas y empíricas en el mercado laboral porque mide la importancia que tiene la participación del ingreso en el valor agregado (Autor *et al.*, 2019; Bentolila y Saint-Paul, 2003; Hutchinson y Persyn, 2012). Con regularidad se emplean funciones de producción de elasticidad de sustitución constante en las que los factores de la producción pueden ser sustitutos o complementarios, estas funciones son usadas para predecir equilibrios en el mercado de trabajo (Acemoglu y Autor, 2011; Elsby *et al.*, 2013).

La participación salarial se ha analizado de manera amplia en economías desarrolladas, principalmente en segmentos de trabajadores con distintos niveles de calificación; bajas, medias y altas, en sectores productivos, como agrícola, manufactura y servicios. Aunque no existe consenso en los factores que están impactando la caída del empleo, se ha señalado que el cambio tecnológico dirigido, la competencia internacional de bajos salarios y las estructuras de mercado monopolísticas son factores que afectan la participación del trabajo en el ingreso. Por su parte, Acemoglu (2002) y Autor y Dorn (2013) han referido que el progreso tecnológico sesgado hacia las habilidades es una variable importante que pudiera estar detrás de la disminución de la participación salarial en los países, porque afecta en mayor medida a los trabajadores no calificados.

Autor *et al.* (2016) y Grossman y Rossi-Hansberg (2008) indican que el comercio internacional, el proceso de globalización, la entrada de China a la Organización Mundial del Comercio, la competencia de importaciones de insumos intermedios y los bajos salarios competitivos (*offshoring*) en economías de bajos ingresos propician la disminución del empleo en mercados laborales locales, con un mayor peso en países que tienen un comercio relativamente amplio.

La participación salarial permite entender la dinámica del empleo y los factores que impactan la demanda laboral. En el caso de México, en las últimas décadas se ha acentuado un incremento del sector de la economía informal, cuya

productividad ha sido relativamente baja, lo cual no ha contribuido al crecimiento económico, y pese a que es un sector con restricciones de capital, absorbe trabajo calificado y no calificado (Hernández, 2004; Huesca *et al.*, 2014). Otros factores detrás de la caída de la participación salarial son: el poder de mercado de empresas que influyen directamente en la reducción de los salarios y la política orientada hacia la exportación, por la sobrevaluación del tipo de cambio real, que ha priorizado la actividad de grandes empresas en detrimento de las pequeñas y medianas, que lejos de competir por su bajo nivel tecnológico, dedican su actividad en mercados locales, sin encadenamientos con las grandes empresas y valor global (Dussel, 2004). El comercio, como la deslocalización del trabajo afecta negativamente la participación de los salarios. En México, los estudios que abordan la participación del trabajo en el ingreso, como Ibarra y Ros (2019), Blecker (2014), Hernández (2000) y Samaniego (2014), enfatizan que la participación del trabajo está vinculada con la economía informal y el comercio internacional, la subcontratación laboral, la flexibilidad del trabajo, la concentración monopolística industrial y la llegada de empresas multinacionales, las cuales afectan el mercado laboral del país y están impulsando con fuerza una caída de la participación de los salarios, en particular cuando se trata de sectores poco productivos. Otras investigaciones como la de Lustig *et al.* (2014) mencionan la importancia que tiene la desigualdad salarial en la distribución del ingreso en la industria en México.

Recientemente, Vázquez-López (2021) describió la relación entre productividad del trabajo y competitividad externa para la industria manufacturera mexicana, y encontró que las exportaciones no están asociadas con mejoras en la productividad laboral. No obstante, la productividad laboral media es una medida que confunde la eficiencia con la que se emplean los factores de la producción porque no captura la acumulación de capital y el progreso tecnológico en la industria, lo que propicia un aumento de la productividad laboral (Aghion y Howitt, 2009). Contrarias a esta posición, las empresas que realizan cambios tecnológicos aumentadores de los factores, a la misma vez que amplían la productividad laboral de trabajo calificado y no calificado, determinan la competitividad, permitiéndoles tener un mayor peso en el comercio exterior.

Aquí se analiza la participación del trabajo desde una perspectiva del cambio tecnológico aumentador de los factores y del poder de mercado de industrias asociadas a mercados imperfectos, que son características actuales del sector manufacturero orientado hacia las exportaciones, lo que está contribuyendo a la caída de la participación de los salarios en México. En este artículo se examina la participación de los salarios a nivel industria y por subsector de alta, media y baja tecnología, para determinar los factores que llevan a una disminución del empleo en el sector manufacturero. Para el análisis se emplean datos de los censos económicos en el periodo 2004-2019 en un modelo de panel de datos.

El análisis incluye siete secciones: los antecedentes y consideraciones teóricas, la especificación empírica, la descripción de los datos, los estadísticos descriptivos, el análisis cambio-participación, los resultados y las conclusiones.

ANTECEDENTES Y CONSIDERACIONES TEÓRICAS

La hipótesis del cambio tecnológico sesgado (HCTS) hacia las habilidades desarrollada por Acemoglu y Autor (2010), Acemoglu (1998, 2002), Autor *et al.* (1998), Katz y Murphy (1991), Autor y Dorn (2013) y Krusell *et al.* (2000) afirma que los trabajadores más calificados que presentan niveles de educación altos y mayor experiencia en el uso de equipo de tecnologías de información y comunicación, reciben un mayor salario por la productividad que demuestran, con respecto a los trabajadores no calificados, ya que estos últimos manejan en menor medida máquinas que incorporan nueva tecnología, u otros equipos de tecnologías como computadoras que en la actualidad son requeridas en los procesos de trabajo. Desde esta perspectiva se ha identificado que el cambio tecnológico no es neutral, sino que beneficia a algunos factores de la producción y agentes de la economía más que a otros, esto ha hecho que los cambios en el uso de nuevas tecnologías por la mano de obra estén causando incrementos en la desigualdad salarial, lo cual afecta la participación del trabajo en el ingreso.

La HCTS sostiene que el nivel educativo en trabajadores de cuello azul en países avanzados viene creciendo desde la posguerra, y en algunos periodos de tiempo, ha impulsado el incremento de los salarios, lo que ha llevado a que la oferta relativa de trabajo calificado o cuello blanco sea mayor a la demanda; esto ha incentivado a que el mayor salario que se pagaba con anterioridad ha tendido a disminuir en los grupos de mayor educación (Aghion y Howitt, 2009), lo que conlleva una posible reducción de la participación de los salarios.

Una de las razones de la disminución de la participación del trabajo desde 1980 (Blanchard, 1997) es que en un inicio sucedió una puja salarial por parte de los trabajadores que se encaminó por un mayor poder de negociación y, posteriormente, esto llevó a un posible cambio tecnológico sesgado hacia el capital.

La teoría del cambio tecnológico y sus implicaciones en el mercado laboral ya había sido analizada por Hicks en 1963, quien postuló que los cambios en los precios relativos de los factores de producción son un incentivo para innovar y economizar el uso de los factores en el proceso productivo. Así, cuando el precio relativo de un factor es costoso, por ejemplo, el trabajo, esto motiva a las empresas a sustituir trabajo relativamente más caro por equipo de capital.

Becker (1962) formaliza la teoría que explica el cambio tecnológico endógeno, que propuso Solow en 1956 desde un enfoque exógeno, siendo para este el cambio tecnológico un bien público, sin exclusividad, lo que conduce al crecimiento del ingreso y del empleo. Para Becker (1962) la acumulación de capital humano está en función de la educación, formación, experiencia y habilidades de los trabajadores, elementos que afectan de forma positiva la evolución de las empresas. El argumento de Becker (1962) es que la inversión en capital humano para la empresa inicialmente aumenta los costos del trabajo, estos costos (traducidos como retornos de inversión) se reducen en el largo plazo, acrecentando las ganancias de las empresas.

Romer (1990) asevera que el crecimiento del ingreso se produce con el desarrollo de progreso tecnológico endógeno, bajo retornos crecientes de capital, y no únicamente por el capital humano, sino a partir del perfeccionamiento de nuevas tecnologías, por sectores que producen tecnología, como bienes intermedios, utilizados por otras empresas, parcialmente excluibles y no rivales, lo que determina el aumento del producto. En este sentido, los retornos son crecientes en la medida que los bienes intermedios generan derramas tecnológicas (*spillovers*) en los sectores de la economía.

Desde otra perspectiva, Aghion y Howitt (1992) subrayan la importancia que tiene la destrucción creativa en el crecimiento del ingreso, en particular, las innovaciones que fomentan derramas tecnológicas. Los autores argumentan que el factor de obsolescencia hace que mejores productos aparezcan y hagan obsoletos a otros, de esta forma, las innovaciones que promueven el crecimiento del ingreso por la creación de nuevas tecnologías que destruyen otras anteriores generan nuevos empleos.

El concepto de cambio tecnológico y la relación con el empleo se analizan de forma distinta en la literatura. Por ejemplo, Acemoglu y Restrepo (2018) enfatizan que la automatización es un proceso que tiende a desplazar trabajadores por máquinas mientras que también crea nuevas tareas. El cambio tecnológico sesgado hacia las calificaciones lo vinculan con la automatización y la robotización. En los Estados Unidos el comercio, el grado de monopolización del mercado y el cambio tecnológico tienen un rol valioso en el mercado de trabajo. Acemoglu y Restrepo (2019) analizan los efectos de las diferentes tecnologías sobre la demanda laboral, y encuentran que desde 1987 hasta el 2017 los avances tecnológicos introducidos en el capital desplazaron mano de obra de manera importante, pero también, crearon nuevas tareas dentro de las empresas, en las que la mano de obra tuvo una ventaja comparativa por el efecto de reinstalación de trabajo. En contraste, Zeira (2010), Brynjolfsson y McAfee (2014) y Susskind (2017) sostienen que las mejoras en las máquinas que tienden a ser operadas por trabajo capacitado sustituyen siempre trabajadores.

Para el caso de México, Ibarra y Ros (2019) estudian la evolución de la participación del trabajo en el ingreso durante 1990 y el 2015. Con datos para los sectores agrícola e industrial hacen una distinción entre los subsectores de empleo asalariado (formal) y de trabajo por cuenta propia (informal), en general, encuentran que la disminución de la participación salarial para el sector manufacturero se explica por el bajo desempeño de la productividad laboral relativa del sector informal con respecto al formal.

López y Malagamba-Morán (2017) analizan la distribución del ingreso en el sector manufacturero en México, para observar las implicaciones que tiene la apertura comercial y el monopolio industrial en la participación del salario. Estiman un modelo de panel dinámico para el periodo 1994-2009, sus resultados muestran que el grado de monopolización del sector industrial y el aumento de costos de insumos importados a costos salariales son factores que hacen disminuir la

participación salarial en el valor agregado. Señalan que estos impactos fueron mayores después de la apertura comercial que cuando la economía mexicana estuvo menos abierta a las importaciones internacionales. En otro lugar, Hernández (2000) examina la participación de los salarios en el producto nacional durante el periodo 1950-1995, y descubre que de 1950 hasta 1975 la participación salarial tuvo una tendencia ascendente, sin embargo, después de mediados de 1970 hasta finales de 1980, y durante los años de 1994-1995 que fue un periodo de crisis, la caída de la participación del trabajo disminuyó significativamente.

Un hecho económico implícito en la caída de la participación salarial en México, desde el abandono del modelo de sustitución de importaciones, es la liberación de inversión extranjera directa (IED) hacia el mercado nacional, lo cual ha desempeñado un papel relevante en el mercado laboral hasta en la actualidad (Dussel, 2004). Desde la apertura comercial del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) con políticas orientadas hacia la exportación de bienes manufacturados, la mayor inversión en tecnologías de información y comunicación originó una mayor demanda de trabajo calificado, que propició una más alta desigualdad salarial, como también lo ha referido Blecker (2014). El autor sostiene que el aumento de la participación de los beneficios por el comercio se relaciona con una mayor desigualdad salarial. De acuerdo con Blecker (2014), con la apertura comercial, la industria experimentó una alta productividad en detrimento de la disminución de los salarios, lo que finalmente conllevó una alta participación de los beneficios y una caída en la participación salarial. Asimismo, Feenstra y Hanson (1997) al medir los impactos que tuvo la IED en la demanda de trabajo por tipo de calificación para la industria mexicana de 1975 a 1988, muestran que la IED afectó positivamente la demanda relativa de mano de obra calificada en detrimento de la no calificada. Esto señala el comienzo de una mayor desigualdad laboral en el país. Sin embargo, Lustig *et al.* (2014) al estudiar la desigualdad del ingreso para México durante 2000-2012, utilizando el método de distribución de ingreso de Gini, destacan que el país registró una disminución en los retornos a la educación del trabajo calificado, lo cual ha sido un factor que ha reducido la desigualdad del ingreso; los autores atribuyen la caída de los retornos a un aumento en la oferta relativa de trabajadores calificados.

Parte de las actividades manufactureras extranjeras en México son el resultado de la subcontratación por parte de multinacionales estadounidenses desde el TLCAN. Este resultado muestra que la apertura comercial favorece relativamente más a los trabajadores mayormente capacitados y educados que al resto que no ha tenido estas cualidades. Kaplan y Pérez (2006) mencionan que el salario real ha disminuido de manera significativa en trabajadores que ganaban menos desde 1994 que antes de dicho periodo que percibían mayores ingresos en términos reales.

En resumen, la disminución de la participación del trabajo en el ingreso en países como los Estados Unidos se asocia con el cambio tecnológico y medidas de apertura comercial, sin embargo, en México en el sector manufacturero, al estar orientado hacia las exportaciones, a partir del TLCAN, han prevalecido mercados

imperfectos que tienden a concentrarse y dado que la importación de tecnología una parte proviene de países desarrollados, el poder de mercado y el progreso tecnológico son factores que están detrás de la caída de la participación del trabajo en el ingreso en las manufacturas.

ESPECIFICACIÓN EMPÍRICA

El método para estimar la participación de los salarios en el ingreso en la industria es el de mínimos cuadrados ordinarios (MCO) y mínimos cuadrados generalizados, utilizando datos en panel. La muestra está compuesta por un panel de 86 ramas en el periodo censal 2004-2019¹. La función por estimar es la que se muestra en la ecuación (1).

$$PS = f(A, \mu, \kappa, l, \omega) \quad (1)$$

Donde PS representa la participación relativa de la mano de obra en la producción en el sector industrial. Se mide de la forma como se observa en la ecuación (2)².

$$PS_{it} = \frac{s_{it}}{VA_{it}} \quad (2)$$

Donde s es la compensación de la mano de obra nominal y VA es el valor agregado nominal, para cada rama de la industria manufacturera en cada periodo t .

A_{it} es la productividad total de los factores (ptf). Es un variable que captura el progreso tecnológico neutral de Hicks aumentador de los factores. Esta variable afecta negativamente la participación de los salarios porque se puede obtener un nivel dado de producción con menores cantidades de insumos que en niveles de producción anteriores al cambio tecnológico, y así continuamente en la medida que siguen ocurriendo cambios tecnológicos se obtienen niveles de producción con menores cantidades de insumos (Gould y Lazear, 1994).

Esta misma idea la sostiene Blanchard (2017) enfatizando que la reducción del empleo por una mayor ptf ocurre, porque el progreso tecnológico tiende a disminuir el número de trabajadores necesarios para obtener una determinada cantidad de producción, por lo que una duplicación de ptf tiene la capacidad de aumentar la producción dada una cantidad de mano de obra. Si se duplica el progreso técnico es como si la economía tuviera el doble de trabajo y capital efectivo aumentador de la producción.

¹ Se realiza un modelo de MCO agrupado, donde se omite el espacio y el tiempo, otro segundo es el modelo de mínimos cuadrados con variable dicótoma, para permitir que la intersección varíe en cada rama manufacturera con respecto al tiempo, y otros dos modelos de efectos fijos y aleatorios.

² Otra medición es la que propone Gollin (2002): la participación del trabajo ajustado, que incluye los trabajadores por cuenta propia y los trabajadores remunerados. A diferencia de la que se emplea en el presente trabajo, únicamente se incluye el trabajo remunerado, es la medida de la participación del trabajo en el ingreso sin ajustar por trabajo por cuenta propia.

La medida de la *pf* se obtiene de emplear una función de producción del tipo:

$$Y_{it} = A_{it} L_{it}^{\alpha} K_{it}^{1-\alpha} \quad (3)$$

Y transformando la función se obtiene la expresión de progreso tecnológico:

$$A_{it} = g_{it}^{-\alpha} [\alpha g_{Lit} + (1 - \alpha) g_{Kit}] \quad (4)$$

Donde i es la rama, t el periodo censal, g_Y , g_L y g_K son las tasas de crecimiento de la producción del trabajo y el capital. α es la elasticidad de la producción con respecto a la cantidad de trabajo y $(1 - \alpha)$ es la elasticidad de la producción con respecto al capital.

μ_{it} es una medida de margen de ganancia que las empresas del sector industrial alcanzan cuando los precios exceden el costo marginal $P = (1 + \mu)CMg$, de acuerdo con Hall (1988) es una buena medida del poder de mercado, cuando se calculan los costos marginales y se comparan con los precios de $\mu = \frac{P - CMg}{CMg}$, μ es un margen de ganancia, P es el precio y CMg es el costo marginal. En términos laborales, el poder de mercado μ es mayor, cuanto mayor es la brecha entre el producto marginal del trabajo y los salarios que recibe la mano de obra, lo cual acorta la participación salarial en la producción.

Esta medida de poder de mercado se calcula empleando el índice de Lerner (Tirole, 1988) utilizado en trabajos empíricos como los que realizan Autor *et al.* (2017, 2019) y De Loecker y Warzynski (2012). Se esperaría que un aumento en el margen de ganancia significa una caída en la participación de los salarios, porque en teoría, el poder de mercado reduce los salarios en la medida que aumenta la productividad marginal.

La medición de μ se construye empleando el método en dos pasos de De Loecker y Warzynski (2012), donde primero se calcula la elasticidad de la producción de la función de producción que corresponde a la mano de obra L , y segundo, se asume que los pagos totales laborales en el valor agregado nominal VA puede aplicarse a las ventas totales, como en la expresión:

$$PSV_{it} = \left(\frac{S}{VT} \right) = \frac{\alpha_{it}^L}{\mu_{it}} \quad (5)$$

Que es igual al margen de ganancia

$$\mu_{it} = \frac{\alpha_{it}^L}{PSV_{it}} \quad (6)$$

Donde PSV_{it} es la participación de los ingresos laborales en las ventas en cada rama de cada periodo, VT representa las ventas totales. De esta forma PSV_{it} es la participación de los salarios en las ventas y α^L es la elasticidad de la producción del trabajo.

K_{it} es la relación capital-trabajo. K_{it} establece que un aumento en el equipo de capital por trabajador, cuando ambos factores son complementarios, amplía la demanda de trabajo, esto lleva a que un mayor número de trabajadores sean empleados con salarios más altos, por tanto, hace que la participación salarial sea mayor. Se mide simplemente:

$$K_{it} = \frac{K_{it}}{L_{it}} \quad (7)$$

En el caso en el que la relación es capital-trabajo calificado, ambos factores pueden ser complementarios o sustitutos. Si son sustitutos, un aumento de la relación capital-trabajo calificado reduce la participación salarial porque disminuyen los salarios.

l_{it} es la relación trabajo calificado-trabajo no calificado ocupado en la industria³, mide la oferta relativa de trabajo calificado. Un incremento en la oferta relativa de trabajo calificado aminora la participación laboral. El cálculo de esta variable es:

$$l_{it} = \frac{C_{it}}{N_{it}} \quad (8)$$

Un incremento de C/N conduce a un exceso de oferta de trabajo calificado con respecto a los no calificados, lo cual incentiva la reducción de los salarios relativos, esto explica que la participación de los salarios disminuye ante un aumento del trabajo calificado en relación con una reducción de trabajadores no calificados.

ω_{it} es el incremento de los salarios relativos (prima salarial). Aumenta la participación de los salarios en el ingreso. La forma en que se mide es

$$\omega_{it} = \frac{w_{C,it}}{w_{N,it}} \quad (9)$$

La relación son los salarios relativos del personal ocupado calificado a los trabajadores no calificados, en cada rama en el periodo censal.

El modelo a estimar es el que se muestra en la ecuación (10).

$$\ln(PS_{it}) = \beta_1 + \beta_2 \ln(A) + \beta_3 \mu_{3it} + \beta_4 \ln(k_{4it}) + \beta_5 \ln(l_{5it}) + \beta_6 \ln(\omega_{6it}) + \alpha_i + \delta_t + u_{it} \quad (10)$$

³ La información de los censos no identifica las cualificaciones de los trabajadores, pero se supondrá que los trabajadores administrativos, contables y de dirección son los que presentan mayor dotación de capital humano en relación con los trabajadores de producción.

Donde:

$i = 1, 2, \dots, 86$

$t = 2004, 2009, 2014$ y 2019

i = i -ésima rama del sector industrial

t = año censal

$\ln(\text{PS})$ = logaritmo de participación del salario en el ingreso

β_1 = intercepto

β_2, β_3 y β_4 = coeficientes de las pendientes

α_i = efecto invariante en el tiempo

δ_i = efecto fijo no observado por rama manufacturera

u_{it} = término de error

DESCRIPCIÓN DE LOS DATOS

Se emplea información de los censos económicos 2004, 2009, 2014 y 2019 que ofrece el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi) (2018) ordenados bajo el Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte sobre la industria manufacturera. La muestra completa comprende observaciones de 86 ramas del sector manufacturero a nivel agregado.

Con la información del Inegi se utiliza la clasificación de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (Hatzichronoglou, 1997) para determinar los subsectores de alta, media-alta, media-baja y baja tecnología. Para el análisis de estimación y comparabilidad se construyen sectores de acuerdo con la clasificación en cuanto a la composición de industrias de baja, media y alta tecnología, como se muestra en la tabla A1 del anexo. La clasificación de subsectores de alta tecnología consta de 8 ramas de la industria, de media tecnología 45, mientras que el sector de baja tecnología que se compone de actividades menos intensivas en tecnología contiene un total de 33 ramas manufactureras.

Las variables que se obtienen son: remuneraciones totales; valor agregado censal bruto; acervo total de activos fijos; depreciación total de los activos fijos; personal de producción; personal administrativo, contable y de dirección total; venta de productos elaborados; sueldos del personal administrativo y salarios del personal de producción.

De la fuente se obtuvieron el índice nacional de precios al consumidor y el índice nacional de precios al productor. Se utilizan estos índices para deflactar las variables y convertirlos a valores reales, tomando como año base el 2004.

ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS

En las tablas 1 y 2 se presentan los estadísticos descriptivos y la correlación entre las variables que se utilizan en el modelo general.

Tabla 1.

Estadísticos descriptivos de las variables

Variable	Obs.	Media	Desviación estándar	Valor mínimo	Valor máximo
Participación de los salarios en el ingreso	343	0,37	0,17	0,02	0,96
Productividad total de los factores	343	0,48	0,46	- 1,10	2,73
Margen de beneficios	343	3,49	4,17	0,05	25,36
Relación capital-trabajo	343	16,32	26,66	1,11	307,74
Relación capital trabajo calificado	343	86,38	121,94	7,58	1076,44
Razón trabajo calificado a no calificado	343	0,24	0,13	0,05	1,16
Salarios relativos	343	0,57	0,42	0,07	4,10

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 1 se observa que en promedio la participación salarial fue de 0,37, con valor mínimo de 0,02 y un máximo de 0,96, lo cual indica que hay cierta disparidad con respecto a la media en los valores de dicha variable en las distintas ramas de la industria, esto sugiere que existe heterogeneidad en esta variable. Asimismo, la productividad total de los factores su valor está en escala logarítmica, tiene un valor promedio de 0,48, el margen de beneficios es un índice, la participación de los salarios en el ingreso está medida en escala de proporción, el resto de las variables están medidas en escalas de proporción.

En la tabla 2 se revisa la correlación entre las principales variables del modelo. La primera columna muestra la participación salarial y los determinantes en el modelo.

Se observa que la participación salarial en el ingreso muestra una correlación negativa con la productividad factorial, el margen de beneficios, la relación capital-trabajo, la relación capital-trabajo calificado, la razón trabajo calificado-no calificado y los salarios relativos. Puede notarse que hay cierto problema de multicolinealidad, por la correlación entre la razón capital-trabajo calificado y la razón capital-trabajo (0,94) y por otro lado, los salarios relativos y la razón trabajo calificado-trabajo no calificado (0,88). En el primer par de variables, como el capital es el mismo y los trabajadores de operación y el personal administrativo, conta-

ble y de dirección tienen cualidades distintas, en teoría deben ser trabajadores perfectamente sustitutos si el mercado laboral es eficiente, sin embargo, hay otros factores por ejemplo, la experiencia, la capacitación y el entrenamiento al interior de las empresas, que hacen que ambos tipos de empleados en la industria sean sustitutos imperfectos, es decir, ambos tipos de trabajadores pueden realizar una misma tarea, lo cual explica una alta correlación entre las variables.

Tabla 2.

Correlación entre variables

Variables	Participación salarial	Productividad total de factores	Margen de beneficios	Razón capital-trabajo	Razón capital-trabajo calificado	Razón trabajo calificado-no calificado	Salarios relativos
Participación salarial	1						
Productividad total de factores	-0,181	1					
Margen de beneficios	-0,490	0,208	1				
Razón capital-trabajo	-0,107	-0,016	0,542	1			
Razón capital-trabajo calificado	-0,062	-0,021	0,502	0,938	1		
Razón trabajo calificado-no calificado	-0,144	0,204	0,268	0,200	0,030	1	
Salarios relativos	-0,046	0,209	0,202	0,142	0,029	0,884	1

Fuente: elaboración propia.

El caso contrario es cuando en la industria hay un sesgo del cambio tecnológico hacia el trabajo calificado, que hace que el trabajo calificado y no calificado sean insumos laborales sustitutos. Por ello se pagan mayores salarios relativos, lo que explica que la razón trabajadores calificados-no calificados y los salarios relativos presenten una alta correlación en términos económicos.

Por otro lado, también se calcula el coeficiente de variación (CV) para cada uno de los subsectores en la industria, los cálculos se muestran en la tabla A1 del anexo. El CV es una medida de dispersión, que relaciona la desviación estándar y la media para los subsectores que componen las manufacturas en México. La tabla muestra que la participación de los salarios en el ingreso en la industria es muy dispersa en

términos relativos, esto explica que los subsectores en la industria presentan cierta heterogeneidad en términos de los salarios y el valor agregado. Al tomar de los 21 subsectores que componen la industria manufacturera, los tres CV altos y los tres CV más bajos, se advierte que la industria de las bebidas y del tabaco (71,4%), las industrias metálicas básicas (49,7%) y la fabricación de equipo de transporte (40,2%) reportan una mayor dispersión con respecto al curtido y acabado de cuero y piel, y fabricación de productos de cuero, piel y materiales sucedáneos (6,5%), fabricación de productos textiles, excepto prendas de vestir (6,4%) y las industrias del plástico y del hule (4,9%). Esto señala que hay una variabilidad alta en la participación salarial en empresas que producen con mayor uso de capital que las industrias que son intensivas en trabajo manual.

Los coeficientes de variación de la participación de los salarios en el ingreso por grupos de subsectores; de baja, media y alta tecnología, en promedio muestran en este orden valores de 20,9%, 25,6% y 21,4%, lo cual revela que en las ramas que componen el grupo de media tecnología la relación entre remuneraciones y valor agregado presenta una dispersión más alta inclusive que las intensivas en tecnología.

ANÁLISIS CAMBIO-PARTICIPACIÓN EN LAS MANUFACTURAS

El análisis cambio-participación (*shift-share*) de acuerdo con De Serres *et al.* (2002) permite descomponer la variable de estudio, en este caso analiza los cambios de la participación del empleo dentro de los sectores y los cambios de esta misma entre sectores en la industria. Esto es, el análisis muestra la relevancia de la evolución de los efectos de la composición de la participación del trabajo que han tenido durante los últimos 15 años las manufacturas en México. En este sentido, el cambio de la participación de los salarios en el ingreso agregado se compone por dos elementos:

$$\Delta ps_t^A = \sum_{i=1}^k ps_{i,t} \cdot \Delta w_{i,t} + \sum_{i=1}^k w_{i,t-1} \cdot \Delta ps_{i,t} \quad (11)$$

Donde:

Δps_t^A = diferenciación de la participación de los salarios del sector i en el tiempo t

$\Delta ps_{i,t}$ = diferenciación del peso del sector i en el valor agregado total de la industria en t

El primer componente del lado derecho, del cambio en la participación salarial, representa los cambios en los pesos ponderados del valor agregado de cada sector, da cuenta de la importancia de la composición en la participación salarial agre-

gada, es decir, mide el efecto de cambio entre cada sector i ; y el segundo es la suma ponderada de la variación en la participación salarial dentro de los sectores, representa el cambio en la participación salarial dentro de cada sector i .

En las figuras 1 y 2 se muestran los valores de la diferenciación de la participación laboral en subperiodos de 2004-2019 para 21 subsectores de la industria manufacturera.

El efecto de la composición sectorial implica que un cambio de los subsectores de alta a baja participación salarial se traduce en una disminución agregada de la participación de los salarios como se muestra en la figura 1.

En su conjunto, en el periodo 2004-2019, con un mayor valor porcentual en el cambio en la composición sectorial ocurrió en 2004-2009. Siendo los subsectores fabricación de insumos textiles y acabado de textiles, prendas de vestir, industria alimentaria, industria química y productos metálicos los que experimentaron una mayor disminución en la participación salarial. Mientras que el componente cambio en la participación salarial dentro de los subsectores considerando cada subperiodo, los subsectores industria alimentaria, química, industria metálica básica, productos metálicos y fabricación de equipo de transporte mantuvieron disminuciones importantes de la participación de los salarios en el ingreso.

El análisis de cambio de la participación del trabajo sugiere que existe heterogeneidad de los movimientos de la participación laboral entre subsectores, los efectos de la composición sectorial y de los salarios dentro de los subsectores contribuyeron a una disminución de la participación de los salarios a nivel agregado de manera más importante durante los periodos 2004-2009 y 2014-2019 con una mayor caída en este último periodo. A excepción únicamente del periodo intermedio 2009-2014 en el que el efecto de los salarios y composición contribuyó en aumentos de la participación de los salarios dentro de cada uno de los subsectores.

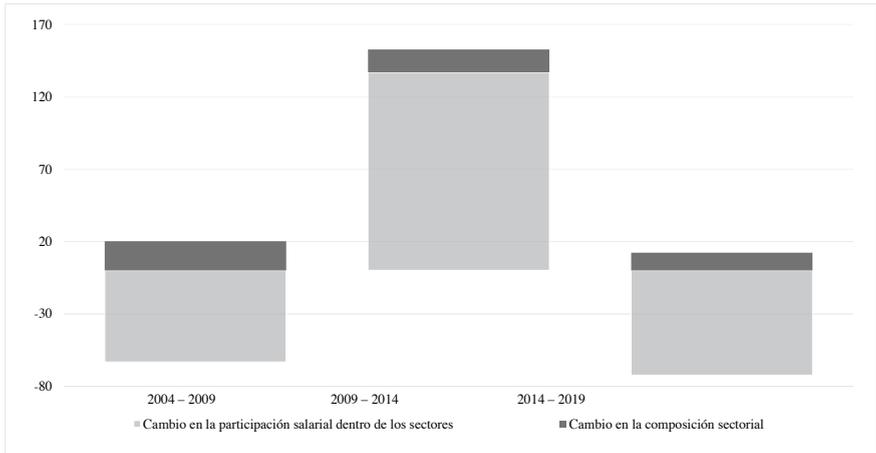
En general, la reasignación de factores entre industrias no ha sido un impulsor de la participación del trabajo, sino que la disminución de la participación laboral se debe a los cambios en la participación salarial dentro de cada subsector de la industria.

Asimismo, cuando se clasifica la industria manufacturera en subsectores de alta, media y baja tecnología, el análisis sugiere como se muestra en la figura 2, que los subsectores de baja tecnología fueron los que experimentaron una mayor reasignación de recursos relativa entre industrias que contribuyeron a una caída en la participación salarial dentro de las industrias manufactureras, mientras que las ramas que componen el sector de alta tecnología, al no tener una presencia de reasignación de factores entre las mismas hizo posible que la participación de los salarios en el ingreso aumentara.

En tanto que las ramas de tecnología media tuvieron una participación salarial relativamente elevada en la medida que obtuvieron mayores cambios en la asignación de recursos entre los subsectores. No obstante, las participaciones salariales

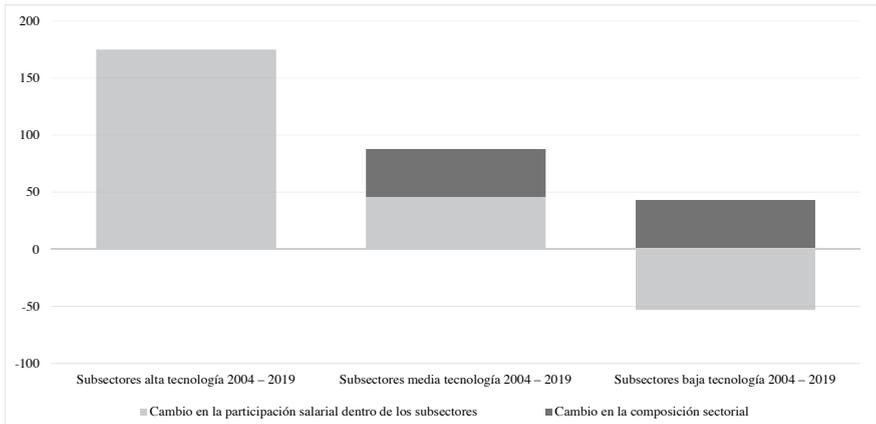
en las ramas que componen este último sector no fueron tal elevadas como las que componen el sector de alta tecnología en la industria.

Figura 1.
Cambios en la participación salarial a nivel agregado (%)



Fuente: elaboración propia.

Figura 2.
Cambios en la participación salarial por subsector tecnológico (%)



Fuente: elaboración propia.

RESULTADOS

En este apartado se presentan los resultados del modelo de regresión (10) con datos en panel de las relaciones entre las variables, su nivel de significancia y signo esperado. En la tabla 3 se muestra la relación estimada entre la productividad total de factores, el margen de beneficios, la relación capital-trabajo, la relación capital-trabajo calificado, la oferta relativa de trabajo calificado y los salarios relativos sobre la participación de los salarios en el ingreso para la muestra completa de la industria manufacturera. En la tabla 4 se entregan los resultados de las relaciones entre las mismas variables por grupo de subsectores de baja, media y alta tecnología.

Se espera que los signos de los coeficientes de la productividad factorial, el margen de beneficios y la oferta relativa de trabajo calificado sean negativos, mientras que la relación capital-trabajo y los salarios relativos se espera tengan un signo positivo. Para las primeras variables, debido a que como el progreso tecnológico tiende a reducir el número de trabajadores en la medida que aumenta el producto, esto mismo reduce la participación salarial en la producción; de igual modo, el poder de mercado como tiende a reducir los salarios en la medida que aumenta la productividad marginal del trabajo, disminuye la participación salarial. Por su parte, la oferta relativa de trabajo calificado tiene una relación negativa con la participación salarial, porque el exceso de oferta de trabajo calificado en la industria reduce los salarios relativos cuando ambos insumos son sustitutos. En otro lugar, el aumento de la relación capital-trabajo incrementa la participación salarial, porque cuando ambos insumos son complementarios, el requerimiento de capital al conducir a una mayor demanda de trabajo adicional aumenta los salarios de los trabajadores, el caso contrario ocurre: cuando el capital y el trabajo calificado son sustitutos reduce los salarios, esto conduce a una disminución de la participación salarial. Por su parte, el aumento de los salarios relativos (premio salarial al trabajo calificado) va a tender a una mayor participación salarial en el producto.

En la tabla 3, (1) es un modelo agrupado y muestra que todos los coeficientes son constantes con respecto a las ramas del sector manufacturero y el tiempo.

En la columna (1) de la tabla 3 se observa que todas las variables son significativas y presentan los signos esperados, excepto los salarios relativos que fueron insignificantes para correlacionarse con la participación salarial. La productividad factorial y el margen de beneficios presentan una relación negativa con la participación de los salarios de manera muy significativa. La razón capital-trabajo arrojó los signos esperados y son estadísticamente significativos al 1%. Por su parte, la relación capital-trabajo calificado muestra que la industria presentó en general sustitución de trabajo calificado en la medida que se introdujo capital adicional, lo cual se explica porque en el sector una gran parte de la inversión en capital proviene de inversión extranjera que es más intensiva en tecnología. La razón trabajo calificado-no calificado mantuvo una relación negativa con la participación de los salarios.

Tabla 3.
Estimaciones del modelo 2004-2019

Variable dependiente: participación de los salarios en el ingreso				
Variabes	Modelo agrupado (1)	Modelo EFVDT (2)	Modelo EF (3)	Modelo EA (4)
Productividad total de los factores	-0,296*** (0,076)	-0,406*** (0,079)	-0,406*** (0,079)	-0,296*** (0,106)
Margen de beneficios	-0,096*** (0,011)	-0,090*** (0,010)	-0,090*** (0,009)	-0,095*** (0,010)
Relación capital-trabajo	2,243*** (0,571)	1,634** (0,518)	1,634*** (0,351)	2,242*** (0,364)
Relación capital-trabajo calificado	-2,254*** (0,567)	-1,728** (0,512)	-1,728*** (0,357)	-2,254*** (0,346)
Relación trabajo calificado-trabajo no calificado	-1,801*** (0,493)	-1,502** (0,447)	-1,502*** (0,400)	-1,806*** (0,441)
Salarios relativos	0,059 (0,110)	0,287** (0,117)	0,287 (0,237)	0,059 (0,186)
Constante	0,631* (0,356)	0,301 (0,336)	0,556 (0,424)	0,631** (0,306)
D2009		0,197*** (0,049)		
D2014		0,386*** (0,050)		
D2019		0,435*** (0,063)		
No. Observaciones	343	343	343	343
R ²	0,62	0,67	0,59	0,62
F	69,2	64,5		

Nota: los errores estándar robustos están entre paréntesis. El modelo (1) es un modelo agrupado (*pooled*), el (2) es un modelo de efectos fijos con variable dicótoma temporal y el (3) es un modelo de efectos fijos dentro de grupos. Los símbolos *, ** y *** se refieren a niveles de significancia del 10 %, 5 % y 1 %, respectivamente.

Se observa en el modelo (1) que la R^2 es 0,62, indica que las variables explican parcialmente bien al modelo. Este modelo supone que las ramas manufactureras durante este periodo han tenido el mismo comportamiento en cuanto a la participación salarial.

El modelo (2) mide los efectos fijos con variable dicótoma temporal, permite que el intercepto pueda variar ante la dinámica de la industria durante los periodos censales, en este, se toma como año base el censo del 2004 y se introducen variables *dummy*. De las variables *dummy* temporales en (2), se registra que durante el periodo 2009-2019 la participación del trabajo en el ingreso se incrementó en relación con otras variables no controladas en el modelo de manera muy significativa, pudiendo haber sido estos factores institucionales, como los sindicatos, el mayor poder de negociación entre empresas y trabajadores, mayores prestaciones en ciertas empresas de la industria, el control de precios y el aumento del salario mínimo, y como se observa, en el 2009 el aumento fue más pronunciado.

No obstante, en promedio, la medida del progreso tecnológico mantuvo una relación negativa en todo el periodo con la participación de los salarios de forma significativa, lo cual concuerda con los resultados de la revisión empírica. De manera similar, la relación estadística entre poder de mercado y participación del trabajo fue negativa como se había supuesto. La ocupación relativa de trabajadores calificados a trabajo no calificado, como *proxy* de la oferta de trabajo calificado, presenta una relación negativa con la participación del trabajo. Mientras que la razón equipo de capital-trabajo en promedio se correlacionó de forma positiva con el empleo, como se establece en la teoría, es decir, a medida que se incrementa el equipo de capital per cápita crecen los salarios, esto hace que aumente el empleo, porque en un sentido amplio, el trabajo y el capital son complementarios. El modelo (2) presenta una R^2 de 0,67 mayor que el modelo (1).

Al hacer una prueba F restrictiva entre (1) y (2) se confirma que el modelo (2) es mejor ($F = 19,4 > 2,60$ al nivel del 5 % de significancia). En la tabla 4 se reportan los resultados de los modelos (3) que es de efectos fijos dentro de grupos y (5) de efectos aleatorios. Empleando la prueba de Hausman se obtiene que el χ^2 es alto ($\chi^2 = 47,82$, p - valor = 0,0000) por tanto, se rechaza la hipótesis nula, de manera que los efectos fijos dentro se prefieren sobre los efectos aleatorios para estimar el modelo. Se observa que entre los modelos de efectos fijos temporales (2) y efectos fijos dentro de grupos (3) los coeficientes son mejores en (2) que en (3).

Al realizar la prueba de White se encuentra que hay heterocedasticidad en el modelo, por ende, los resultados que se muestran son con errores estándar robustos. La regresión agrupada (2) en la tabla 4 señala que los coeficientes en lo individual son significativos. Al realizar una prueba F de significancia conjunta, se encuentra que el estadístico ($F = 76,5 > 1,83$ al nivel del 5 % de significancia) es alto, significa que en conjunto las variables explicativas tienen una relación significativa con la participación de los salarios.

Puede notarse en la columna (3) de la tabla 4, que la medida del progreso tecnológico fue significativa en el nivel de 1 %, y tiene una relación negativa con la participación salarial. De igual modo, el margen de beneficios es muy significativo, y sigue presentando el mismo signo negativo. Mientras que la razón capital-trabajo es significativa al nivel del 5 %, el cual también se correlacionó positivamente con la participación de los salarios de manera significativa. Los resultados arrojan que los salarios relativos de los trabajadores en la industria también evidenciaron una relación positiva y significativa con la participación salarial como se esperaba; el incremento de los salarios sigue siendo un determinante de la participación de los trabajadores en el ingreso en la industria en México. Hasta esta etapa del análisis se tiene claridad de que las variables tienen una relación robusta en el modelo.

En la tabla 4 también se muestran los resultados ahora clasificando el sector industrial por tipo de tecnología: baja, media y alta. El propósito de clasificar la industria manufacturera mexicana por tipo de tecnología es para observar cuáles son las diferencias en cuanto a los principales determinantes que están relacionados con la participación del trabajo en el ingreso en cada uno de los subsectores, dado que cada uno de ellos ha tenido una dinámica económica heterogénea.

En la primera y tercera columna se rechaza la hipótesis nula de Hausman y se prefiere utilizar efectos fijos, mientras que en el sector de media tecnología no fue el caso, se obtiene que ($X^2 = 12,42$, p - valor = 0,0531) no se rechaza la hipótesis nula, de manera que los efectos aleatorios se prefieren sobre los fijos para las estimaciones del sector de media tecnología. En este modelo el error aleatorio transversal y las variables explicativas no se correlacionan. En los tres modelos se realizaron pruebas de heterocedasticidad de White y se encontró que los modelos del sector de baja tecnología y alta tecnología no reportan este problema, el sector de media tecnología sí.

Hasta aquí los resultados arrojan que al hacer la distinción entre los sectores de baja y alta tecnología, las empresas que componen los sectores de alta tecnología, el progreso tecnológico presenta una relación negativa con la participación salarial mucho más pronunciada en términos de su elasticidad, en comparación con el sector de baja tecnología, en el que el coeficiente fue relativamente menor siendo ambos coeficientes muy significativos. Por su parte, la medida de poder de mercado en el sector de baja tecnología fue muy significativa y la relación con el empleo fue negativa, mientras que la relación en el de alta tecnología fue insignificante.

Cabe mencionarse que los resultados obtenidos entre los subsectores por intensidad tecnológica, al tener un número de observaciones diferentes (por ejemplo, los subsectores de alta tecnología que es la muestra más pequeña) son menos significativos que los de baja tecnología, que presentan una submuestra mayor y arrojan coeficientes más significativos, o en su caso, las ramas de media tecnología, donde el tamaño de la submuestra es la más grande, los resultados fueron menos significativos que el subsector de baja tecnología. Estas diferencias se deben en parte, a que como las ramas de baja tecnología (por ejemplo, industria alimentaria, industria de las bebidas y del tabaco, fabricación de prendas de vestir y muchas otras

industrias tradicionales intensivas en trabajo manual) siguen siendo actividades principales de la industria en México, por eso los resultados fueron significativos, mientras que las industrias de tecnología alta que fueron menos significativas tienen menos importancia en cuanto a la generación de empleo en la industria.

En cuanto a la relación capital-trabajo calificado, en el sector de baja tecnología, parece ser que el capital y el trabajo calificado son sustitutos y no complementarios como establece la HCTS, por eso disminuye la participación salarial (Acemoglu y Autor, 2010), es decir, en la medida que se agrega más capital al sector, aumenta la productividad, y sustituye trabajo calificado y por tanto disminuyen los salarios. En el sector de alta tecnología el mismo coeficiente fue insignificante.

Tabla 4.

Estimaciones del modelo por tipo de tecnología 2004-2019

Variable dependiente: participación de los salarios en el ingreso			
Variables	Subsector baja tecnología	Subsector media tecnología	Subsector alta tecnología
Productividad total de los factores	-0,505*** (0,055)	-0,172** (0,067)	-0,828*** (0,098)
Margen de beneficios	-0,081*** (0,007)	-0,099*** (0,009)	-0,040 (0,027)
Relación capital-trabajo	2,320*** (0,865)	1,793 (1,593)	-1,211 (0,736)
Relación capital-trabajo calificado	-2,454*** (0,867)	-1,752 (1,599)	0,880 (0,719)
Relación trabajo calificado-trabajo no calificado	-1,964*** (0,725)	-1,607 (1,267)	1,057* (0,578)
Salarios relativos	0,121 (0,115)	0,255** (0,099)	-0,159* (0,084)
Constante	1,020** (0,453)	0,032 (0,860)	0,238 (0,474)
No. observaciones	132	179	32
R ²	0,72	0,56	0,62
F	80,43		

Nota: los errores estándar están entre paréntesis. Los símbolos *, ** y *** se refieren a niveles de significancia del 10 %, 5 % y 1 %, respectivamente.

Por otro lado, la relación de la ocupación entre trabajo calificado-no calificado en el subsector de alta tecnología fue positiva con la participación de los salarios

en el nivel del 10 % de significancia, este resultado concuerda con el cambio tecnológico sesgado, es decir, en este sector las empresas pagan un premio salarial al trabajo mayor calificado. A diferencia del subsector de baja tecnología, la ocupación trabajo calificado-no calificado mantuvo una relación negativa con la participación de los salarios, y esto es porque de acuerdo con la HCTS, cuando hay un exceso de trabajo calificado esto conduce a una reducción de los salarios, por tanto, en una caída de la participación salarial.

Los resultados muestran que el salario relativo en el sector de baja tecnología fue insignificante para explicar el modelo. Mientras que en el sector de alta tecnología su signo fue negativo y significativo. Puede observarse que en el subsector que incluye ramas de media tecnología, los salarios relativos presentaron el signo esperado y fue significativo, esto explica que la participación del trabajo aumenta en la medida que se incrementan en promedio los salarios relativos. Puede notarse que el progreso tecnológico y el margen de beneficios en el sector que incluye ramas de media tecnología presentaron una relación negativa con la participación de los salarios muy significativa.

CONCLUSIONES

El análisis *shift-share* muestra que el cambio en la participación salarial agregado disminuyó en los periodos 2003-2009 y 2014-2019, con una mayor caída en este último periodo. Esto indica que hubo una reasignación de los factores entre subsectores manufactureros de alta participación relativa hacia aquellos con más baja participación laboral, lo que contribuyó a una caída de la participación de los salarios. Las ramas que componen el sector de baja tecnología son las que han experimentado una mayor caída de la participación salarial con respecto a ramas más intensivas en tecnología que han elevado su participación. Esto implica que los subsectores de baja tecnología tienden a desplazar más cantidad de empleo que sectores de alta tecnología donde el trabajo y capital son relativamente complementarios.

El empleo de mano de obra en el sector manufacturero en México no es favorable cuando las empresas tienden a tener un mayor poder de mercado, porque tienen control sobre los salarios para disminuirlos. Esto implica que tales empresas retribuirán menores salarios en tanto que se incremente la productividad marginal del trabajo. Dicha conclusión concuerda con Vázquez-López (2021), que resalta el hecho de que el sector manufacturero mexicano desde la apertura comercial del TLCAN se ha concentrado en pocas empresas, orientadas hacia el extranjero, con una pérdida de encadenamientos hacia adelante y hacia atrás vinculados con empresas locales, lo que está haciendo que se pierda un mayor dinamismo en la creación de puestos de trabajo.

En la medida que se introduzcan mayores progresos tecnológicos, característicos del sector industrial manufacturero, el trabajo no calificado podrá ser sustituido por equipo de capital y por trabajo mayor calificado, como se sugiere en particu-

lar, en sectores de baja tecnología que es donde más se observa una disminución en la participación salarial.

Otro hallazgo es que en la medida que la oferta de trabajo calificado en relación con el empleo no calificado aumenta, los salarios relativos disminuyen. Esto provoca que haya un exceso de oferta de trabajo con mayores habilidades con respecto a la demanda, lo que hace que caiga el premio al salario, impulsando la reducción en la participación de los salarios en el ingreso. Este hallazgo concuerda con los resultados obtenidos por Huesca *et al.* (2014), que analizan el mercado laboral en el sector manufacturero mexicano por regiones, en el cual, muestran evidencia de que existe un desfase entre la oferta y la demanda de trabajo calificado, por un exceso en la oferta, lo que sugiere que los trabajadores calificados al no encontrar empleo acorde con su formación, son absorbidos por el sector informal remunerado.

También se ha constatado que en el sector de alta tecnología los trabajadores calificados y no calificados son complementarios en el proceso de producción. Dado que se ha encontrado que no hay un efecto donde se sustituyan trabajadores de baja calificación por los de alta calificación, esto permitió que no disminuyeran los salarios, sino al contrario, el sector de alta tecnología es un sector que requiere de los servicios productivos de trabajadores no calificados que realizan tareas manuales y rutinarias. No obstante, en el sector de baja tecnología la participación salarial respondió negativamente ante un incremento en la oferta relativa de trabajo calificado, lo cual muestra que hay más sustitución (menos complementariedad) de trabajo no calificado por mayor empleo calificado. En este sentido, el exceso de oferta relativa de trabajo calificado lleva a una reducción de la participación salarial.

Cabe anotar que pudieron haberse incluido variables de efectos institucionales, como sindicatos, poder de negociación entre capital y trabajo y políticas salariales vinculadas con la participación salarial, sin embargo, el censo económico no registra dicha información, es por ello que se deja a futuras investigaciones.

REFERENCIAS

1. Acemoglu, D. (1998). Why do new technologies complements skills? Directed technical changes and wages inequality. *The Quarterly Journal Economics*, 113(4), 1055-1089.
2. Acemoglu, D. (2002). Directed technical change. *Review of Economic Studies*, 69(4), 781-809.
3. Acemoglu, D. (2009). *Introduction to Modern Economic Growth*. Princeton University Press.
4. Acemoglu, D., & Autor, D. (2010). Skills, tasks and technologies: implications for employment and earnings. *Working Paper*, (16082). National Bureau of Economic Research. <http://www.nber.org/papers/w16082>

5. Acemoglu, D., & Autor, D. (2011). Skills, tasks and technologies: implications for employment and earnings. *Handbook of Labor Economics*, (4), 1044-1116. 10.1016/S0169-7218(11)02410-5
6. Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2018). The race between man and machine: implications of technology for growth, factor shares, and employment. *American Economic Review*, 108(6), 1488-1542. <http://doi.org/10.1257/aer.20160696>
7. Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2019). Automation and new tasks: how technology displaces and reinstates labor. *National Bureau of Economics Research*, (25684), 2-31.
8. Aghion, P., & Howitt, P. (1992). A model of growth through creative destruction. *Econometrica*, 60(2), 323-351. 10.3386/w3223
9. Aghion, P., & Howitt, P. (2009). *The Economics of Growth*. Massachusetts Institute of Technology.
10. Autor, D., & Dorn, D. (2013). The growth of low-skill service jobs and the polarization of the US labor market. *American Economic Review*, 103(5), 1553-1597. <http://dx.doi.org/10.1257/aer.103.5.1553>
11. Autor, D., Dorn, D., & Hanson, G. (2016). The China shock: learning from labor-market adjustment to large changes in trades. *Annual Review of Economic*, (8), 205-240. 10.1146/annurev-economics-080315-015041
12. Autor, D., Dorn, D., Katz, L., Patterson, C., & Van Reenen, J. (2017). The fall of the labor share and the rise of superstar firms. *National Science Foundation*, 1-73.
13. Autor, D., Dorn, D., Katz, L., Patterson, C., & Van Reenen, J. (2019). The fall of the labor share and the rise of superstar firms. *The Quarterly Journal of Economics*, 1-105.
14. Autor, D., Katz, L., & Krueger, A. (1998). Computing inequality: have computers changed the labor market? *The Quarterly Journal of Economics*, 1169-1213.
15. Becker, G. (1962). Investment in human capital: a theoretical analysis. *The Journal of Political Economy*, 70(5), 9-49.
16. Bentolila, S., & Saint-Paul, G. (2003). Explaining movements in the labor share. *Journal of Macroeconomics*, (1), 1-30.
17. Blanchard, O. (1997). The medium run. *Brookings Papers on Economic Activity*, 28(2), 89-157.
18. Blanchard, O. (2017). *Macroeconomía*. Pearson.
19. Blecker, R. (2014). The Mexican and U.S. economies after twenty years of Nafta. *International Journal of Political Economy*, 43(2), 5-26.
20. Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*. Norton Company.
21. Cho, I. (2016). Offshoring and labor share in manufacturing industries in developed countries. *Job Market Paper*, 1-45.

22. Dao, C., Das, M., Koczan, Z., & Lian, W. (2017). Why is labor receiving a smaller share of global income? Theory and empirical evidence. *IMF Working Paper*, 17(169), 2-72.
23. De Loecker, J., & Warzynski, F. (2012). Markups and firm-level export status. *American Economic Review*, 102(6), 2437-2471. <http://dx.doi.org/10.1257/aer.102.6.2437>
24. De Serres, A., Scarpetta, S., & De la Maisonneuve, C. (2002). Sectoral shift in Europe and the United States: how they affect aggregate labor shares and the properties of wage equations. *Economics Department Working Papers*, (326), 4-49.
25. Dussel, E. (2004). Pequeña y mediana empresa en México: condiciones, relevancia en la economía y retos de política. *Economía UNAM*, 1(002), 64-84.
26. Elsby, M., Hobijn, B., & Sahin, A. (2013). The decline of the U.S. labor share. Federal Reserve Bank of San Francisco. *Working Paper Series*, (2-44).
27. Feenstra, R., & Hanson, G. (1997). Foreign investment and relative wage: evidence from Mexico's maquiladoras. *Journal of International Economics*, (42), 371-393.
28. Gollin, D. (2002). Getting income shares right. *Journal of Political Economy*, 110(2), 458-474.
29. Gould, J., & Lazear, E. (1994). *Teoría microeconómica*. Fondo de Cultura Económica.
30. Grossman, G., & Rossi-Hansberg, E. (2008). Trading tasks: a simple theory of offshoring. *American Economic Review*, 98(5), 1978-1997. <http://www.aeaweb.org/articles.php?doi=10.1257/aer.98.5.1978>
31. Hall, R. (1988). The relation between price and marginal cost in U.S. industry. *Journal of Political Economy*, 96(5), 921-947.
32. Hatzichronoglou, T. (1997). Revisión del sector de alta tecnología y clasificación de productos. *Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE)*, 9(216), 1-25.
33. Hernández, E. (2000). Políticas de estabilización y ajuste y distribución funcional del ingreso en México. *Comercio Exterior*, 157-168.
34. Hernández, E. (2004). Panorama del mercado laboral de profesionistas en México. *Economía UNAM*, 1(2), 98-109.
35. Hicks, J. (1963). *The Theory of Wages*. Palgrave Macmillan.
36. Huesca, L., Castro, D., & Camberos, M. (2014). Cambio tecnológico y empleo en el sector manufacturero de las regiones mexicanas. En D. Castro-Lugo & R. E. Rodríguez-Pérez (Eds.), *El mercado laboral frente a las transformaciones económicas en México* (pp. 235-286). Plaza y Valdés Editores.

37. Hutchinson, J., & Persyn, D. (2012). Globalization, concentration and footloose firms: in search of the main cause of the declining labour share. *Review of World Economics*, (148), 17-43. 10.1007/s10290-011-0112-z
38. Ibarra, C., & Ros, J. (2019). The decline of the labor income share in Mexico, 1990-2015. *World Development*, (122), 570-584. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2019.06.014>
39. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2019). *Conjunto de datos abiertos 2019, 2014, 2009, 2004. Censos económicos*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
40. Kaplan, D., & Pérez, F. (2006). El efecto de los salarios mínimos en los ingresos laborales de México. *El Trimestre Económico*, 73(289), 139-173.
41. Karabarbounis, L., & Neiman, B. (2014). The global decline of the labor share. *The Quarterly Journal of Economics*, 61-103.
42. Katz, L., & Murphy, K. (1991). Changes in relative wages, 1963-1987: supply and demand factors. *NBER Working Papers Series*, (1-38).
43. Krusell, P., Ohanian, L., Ríos-Rull, J., & Violante, G. (2000). Capital-skill complementarity and inequality: a macroeconomic analysis. *Econometrica*, 68(5), 1029-1053.
44. López, J., & Malagamba-Morán, A. (2017). The wage-share in an open economy. Discussing Mexico's experience. *Metroeconomica*, 68(4), 833-858. 10.1111/meca.12146
45. Lustig, N., López, F., & Ortiz, E. (2014). Los determinantes de la disminución de la desigualdad en América Latina. *Banco de Desarrollo de América Latina*, 265-281.
46. Romer, P. (1990). Endogenous technological change. *Journal of Political Economy*, 98(5), 71-102.
47. Samaniego, N. (2014). La participación del trabajo en el ingreso nacional: el regreso a un tema olvidado. *Journal of Economic Literature*, 11(33), 52-77.
48. Solow, R. (1956). A contribution to the theory of economic growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 70(1), 65-94.
49. Susskind, D. (2017). A model of technological unemployment. *Discussion Paper Series*, (819), 1-40.
50. Tirole, J. (1988). *The Theory of Industrial Organization*. Massachusetts Institute of Technology.
51. Vázquez-López, R. (2021). Productividad laboral y competitividad externa en el sector manufacturero mexicano tras la apertura comercial, 1996-2007. *Cuadernos de Economía*, 40(82), 137-164. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4026673
52. Zeira, J. (2010). Machines as engines of growth. *Discussion Papers*, (1-36).

ANEXO

Tabla A1. Participación del trabajo en el ingreso en el sector industrial manufacturero por nivel de subsector tecnológico (estadísticos descriptivos por industria, 21 subsectores 2004-2019)

Actividad económica	Media	Máximo	Mínimo	Coef. de variación
Baja tecnología				
Industria alimentaria	2,63	3,39	2,04	22,47
Industria de las bebidas y del tabaco	0,40	0,81	0,18	71,37
Fabricación de insumos textiles y acabado de textiles	2,10	2,60	1,59	19,74
Fabricación de productos textiles, excepto prendas de vestir	1,57	0,89	0,66	6,36
Fabricación de prendas de vestir	1,06	1,37	0,76	29,99
Curtido y acabado de cuero y piel, y fabricación de productos de cuero, piel y materiales sucedáneos	1,16	1,27	1,09	6,46
Industria de la madera	1,14	1,31	1,02	11,18
Industria del papel	0,73	0,83	0,60	14,50
Impresión e industrias conexas	0,40	0,44	0,34	11,09
Fabricación de muebles, colchones y persianas	1,27	1,51	1,04	15,56
Media tecnología				
Industria química	1,87	2,17	1,47	17,43
Fabricación de maquinaria y equipo	2,66	3,75	1,47	35,32
Fabricación de accesorios, aparatos eléctricos y equipo de generación de energía eléctrica	1,61	1,93	1,42	14,15
Fabricación de equipo de transporte	2,91	4,05	1,78	40,19
Industria del plástico y del hule	0,87	0,91	0,82	4,86
Fabricación de productos a base de minerales no metálicos	1,52	1,92	1,19	22,06
Industrias metálicas básicas	1,23	2,14	0,87	49,65
Fabricación de productos metálicos	3,84	4,76	3,41	16,60
Otras industrias manufactureras	1,00	1,22	0,80	17,51
Fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón	0,38	0,58	0,25	38,29
Alta tecnología				
Fabricación de equipo de computación, comunicación, medición y de otros equipos, componentes y accesorios electrónicos	3,57	4,57	2,73	21,40

Nota: el CV es la desviación estándar de la participación de los salarios dividida por la media, se reporta como porcentaje.

Fuente: elaboración propia.

ANÁLISIS ECONOMETRICO DE LAS ADUANAS EN MÉXICO: UNA ESTIMACIÓN DE HAUSMAN-TAYLOR Y AMEMIYA-MACURDY

América Ivonne Zamora Torres
René Augusto Marín-Leyva

Zamora Torres, A. I., & Marín-Leyva, R. A. (2023). Análisis econométrico de las aduanas en México: una estimación de Hausman-Taylor y Amemiya-MaCurdy. *Cuadernos de Economía*, 42(90), 723-743.

Esta investigación analiza los efectos de las importaciones sobre la recaudación del impuesto general a la importación en México, para una muestra de 49 aduanas y tres submuestras. Para el análisis se utilizaron estimadores de Hausman-Taylor y Amemiya-MaCurdy. Los resultados indican que las operaciones a la importación y el valor de las importaciones son significativos y positivos. Los recintos fiscalizados estratégicos son significativos y positivos en el panel completo, pero

A. I. Zamora Torres

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales, Morelia, Michoacán, México. Correo electrónico: america.zamora@umich.mx

R. A. Marín-Leyva

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales, Morelia, Michoacán, México. Correo electrónico: rene.marin@umich.mx

Sugerencia de citación: Zamora Torres, A. I., & Marín-Leyva, R. A. (2023). Análisis econométrico de las aduanas en México: una estimación de Hausman-Taylor y Amemiya-MaCurdy. *Cuadernos de Economía*, 42(90), 723-743. <https://doi.org/10.15446/cuadernos.v42n90.98987>

Este artículo fue recibido el 12 de octubre de 2021, ajustado el 17 de marzo de 2023 y su publicación aprobada el 24 de abril de 2023.

no concluyentes en las submuestras; el número de empleados es significativo; las relaciones en el panel completo, aduanas marítimas y fronterizas son negativas, en las interiores positivas.

Palabras clave: aduanas de México; impuesto general a la importación; datos panel; Hausman-Taylor; Amemiya-MaCurdy.

JEL: F17, C33, C55, H25, H71.

Zamora Torres, A. I., & Marín-Leyva, R. A. (2023). Mexican customs econometric analysis: A Hausman-Taylor y Amemiya-MaCurdy estimation. *Cuadernos de Economía*, 42(90), 723-743.

This research analyzes the effects imports have on the collection of import tariffs in Mexico, in a sample of 49 customs and three subsamples. For this analysis, Hausman-Taylor and Amemiya-MaCurdy estimators were applied. Results indicate that import operations and the value of imports are significant and positive in each case. The Strategic Bonded Warehouses are significant and positive in the whole panel, but not conclusive in the subsamples; the number of employees is significant in each case; the relationships in the whole panel, maritime, and border customs are negative, while for inland customs, they are positive.

Keywords: Mexico customs; general import tax (IGI); panel data; Hausman-Taylor; Amemiya-MaCurdy.

JEL: F17, C33, C55, H25, H71.

INTRODUCCIÓN

Las fronteras son un elemento esencial de los sistemas nación de los países, desde tiempos antiguos han servido como un medio de protección para las sociedades, para separar los regímenes y para permitir a los países tener un control respecto del movimiento de mercancías. Sin embargo, esta línea divisoria ha ido cambiando con el paso del tiempo, reformulándose y evolucionando con las propias sociedades. No sin diversos reveses debido en gran medida al aumento del flujo de mercancías y a la falta de coordinación en la propia frontera como entre países vecinos.

En el siglo XIX las aduanas rara vez se enfocaban en defender físicamente las fronteras donde fueron fortificadas, las grandes excepciones son las *limes* en Roma, la Gran Muralla China y La Pale en Irlanda. Aun cuando los límites entre países siempre fueron claramente marcados por los gobiernos, la función principal de las aduanas era tener un control asertivo sobre los nodos de transporte, lo que además significó la oportunidad de recolectar un ingreso, sin en ese momento poner mucha atención sobre el destino final de los bienes (Lawson y Bersin, 2020).

En el siglo XX hubo una mayor regulación de los sistemas de control y una mayor organización de los mismos. Por ejemplo, los gobiernos europeos a partir de este siglo empezaron a incrementar los controles jurisdiccionales entre países (Krell, 2002; Martin *et al.*, 1965).

Esto conllevó la creación de organismos nacionales y supranacionales creados con la finalidad de coordinar, regular y organizar el paso por las ahora conocidas como aduanas. Los creadores de políticas advertidos de esta situación han mostrado disposición para coordinar esfuerzos en este sentido, como lo evidencian las declaraciones de cooperación en Norteamérica (Longo, 2016; The White House, 2010, 2011). No obstante, aún hacen falta políticas coherentes para optimizar las aduanas.

Entidades internacionales como la Organización Mundial del Comercio (OMC) han, con el paso de los años, implementado una serie de directrices respecto al adecuado manejo de la mercancía y las reglas de operación del comercio internacional, buscando implementar políticas justas, equitativas, antidiscriminatorias y equilibradas para una mayor apertura comercial plasmadas en el Acuerdo General sobre Aranceles Aduaneros y Comercio. Sin embargo, las reglas específicas en cuanto a los pasos obligados entre países (comúnmente conocidos como aduanas) se han instaurado a través de la Organización Mundial de Aduanas (OMA) y dentro de las propias reglamentaciones internas de los países como son la Administración de Aduanas en México.

Recientemente se instauró un cambio en la administración de las aduanas en México, puesto que siempre han dependido de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), por medio del Servicio de Administración Tributaria (SAT). No obstante, el 14 de julio del 2021 el presidente de los Estados Unidos Mexicanos a través del decreto publicado en el Diario Oficial de la Federación y dado a conocer mediante el comunicado 043 informa sobre la creación de la Agencia

Nacional de Aduanas de México como órgano administrativo desconcentrado de la SHCP. Acorde con el decreto, el objetivo es reforzar la estrategia nacional anti-corrupción y la seguridad nacional, intensificando la coordinación con las fuerzas armadas y las instituciones de seguridad en los puntos de acceso al país, al tiempo que se priorizará reducir la evasión y elusión fiscal. Entre los principales cambios de esta nueva estructura se dota de autonomía técnica, operativa, administrativa y de gestión. Además, tendrá el carácter de autoridad fiscal y aduanera y facultades para emitir resoluciones en el ámbito de su competencia. Contará con oficinas en las entidades federativas y sus plazas más importantes, así como en el extranjero, a efecto de garantizar una adecuada desconcentración geográfica, operativa y de decisión en asuntos de su competencia.

Así mismo, la Agencia tiene por objeto organizar y dirigir los servicios aduaneros y de inspección, para aplicar y asegurar el cumplimiento de las normas jurídicas que regulan la entrada y salida de mercancías del territorio nacional. Además, garantizará el respeto de los lineamientos relativos al cobro de las contribuciones y aprovechamientos aplicables a las operaciones de comercio exterior, así como las normas que le sean expresamente instruidas por el secretario de Hacienda y Crédito Público.

Para muchos países el papel de las aduanas como recolectoras de impuestos es primordial, sin embargo, las aduanas también enfrentan diversas formas de evasión de impuestos en el proceso de importación. Entre las diferentes formas de evasión de impuestos en el marco del comercio internacional destaca el contrabando de bienes y productos, donde no solo se evaden impuestos al comercio exterior sino que se deja de cumplir con barreras arancelarias y no arancelarias, dando como resultado no solo una disminución de los ingresos sino también un riesgo para la nación al no cumplir con las barreras no arancelarias (Yubiwini y Patunru, 2018).

Por lo que cabe preguntarse, ¿cuál es la relación entre el número de operaciones a la importación, el valor de las importaciones, los recintos fiscalizados estratégicos (RFE) y el número de empleados de las aduanas en México y la recaudación vía el impuesto general de importación (IGI)? Por lo anterior, el objetivo de la presente investigación es analizar el impacto de las importaciones y otros determinantes exógenos que no cambian en el tiempo en el nivel de recaudación del IGI en México.

El principal aporte de este trabajo es el análisis de los efectos de las importaciones en la recaudación tributaria a través de un modelo de panel de datos con una muestra completa de todas las aduanas de México y tres submuestras de las aduanas marítimas, fronterizas e interiores. Otro aporte en la estimación del panel de datos mediante dos estimadores que robustecen los hallazgos, la estimación de Hausman y Taylor (1981) y Amemiya y MaCurdy (1986), que permiten introducir variables instrumentales que se explican en detalle en la metodología.

Esta investigación se divide en cinco apartados, el primero corresponde a esta introducción; en el segundo se realiza una revisión de literatura respecto al papel

de las aduanas como recolectoras de impuestos, así mismo se presentan trabajos en torno a dicho tema; en el tercero se desarrolla la metodología econométrica y los datos a emplearse, mientras que en el cuarto apartado se presentan los resultados de la investigación para posteriormente en el quinto apartado entregar las conclusiones del estudio.

LAS ADUANAS COMO RECOLECTORAS DE IMPUESTOS

El origen de las aduanas remonta al año 27 a. C. El imperio romano estableció aduanas como puntos de control del comercio internacional y recolección de impuestos (Delgado-Orozco, 2013). Según Cabello-González y Cabello-Pérez (2012) Anco Marcio establece un impuesto a las mercancías que se importaban y exportaban. De este mismo modo, en diferentes regiones del mundo se fijaron estos mecanismos de control con diversos nombres como es el *Commonwealth*, creado en 1931 en la Conferencia de Ottawa, donde se daban derechos arancelarios preferenciales a los 53 países miembros de dicha comunidad.

No obstante, la unificación de los criterios a seguir por las aduanas vino después de la Segunda Guerra Mundial con la creación de la OMA y la OMC, esta última tiene su antecedente en el Acuerdo General sobre Aranceles Aduaneros y Comercio.

En la actualidad las aduanas en el mundo operan bajo la tutela de la OMA que representa a 183 administraciones aduaneras, y que juntas conforman el 98 % del comercio mundial de mercancías. De tal manera que la OMA dispone de una serie de instrumentos legales, acuerdos y convenciones que ejecuta constantemente desde 1953. Así como numerosas recomendaciones para sus países miembros, entre las cuales destacan recomendaciones relacionadas con el sistema armonizado, con los procedimientos y la facilitación, con las tecnologías de la información y con el cumplimiento y la aplicación; declaraciones destinadas a alentar a los 44 miembros a tener en cuenta cuestiones específicas de aplicación; políticas de protección de datos personales; resoluciones de controversias y términos y condiciones estándar de la OMA (Decisión del Consejo n.º 331, WCO, 2021).

Cabe recordar que la administración de las aduanas tiene como funciones principales: facilitar el comercio exterior asegurando la fiscalización de la mercancía y salvaguardar la seguridad de las naciones. Dentro de esta primera función de las aduanas logran a su vez dos objetivos muy importantes para las economías: incrementar el flujo del comercio de mercancías y recolectar las contribuciones pertinentes relacionadas con los bienes y productos que entran y salen del territorio nacional, generando un ingreso significativo en las arcas de los gobiernos por concepto de tributaciones.

Por su parte, la OMC tipifica las declaraciones aduaneras fraudulentas de flujos financieros ilícitos de la siguiente manera:

- Como una sobrevaloración de los productos importados a fin de disfrazar la fuga de capital como una forma de pago comercial.
- Como una sobrevaloración de los productos exportados con el propósito de incorporar procedimientos ilícitos dentro de las cuentas financieras domésticas.

Dichos flujos financieros ilícitos aunados a la baja valuación de los productos importados y exportados con la finalidad de evadir impuestos ocasionan desequilibrios en la economía (OMC, 2018).

Yubiwini y Patunru (2018) hacen un análisis respecto a la clasificación arancelaria basada en los seis dígitos del sistema armonizado y donde muestran evidencia de evasión de impuestos derivada de la discriminación de las tarifas, que dan como resultado un incremento del contrabando de mercancías y de evasión fiscal.

Las contribuciones de la importación de bienes se determinan a partir de la valoración en aduana de los productos, sumándose al costo de las importaciones, lo cual disminuye la competitividad obtenida de las importaciones, razón por la que algunos importadores tratarán de disminuir los costos del proceso de comercio. Estrategias de evasión van desde reportar un valor menor de los bienes o no reportar el monto real de bienes. Fisman y Wei (2004) comprueban que los niveles arancelarios y la evasión de impuestos en las exportaciones e importaciones entre China y Hong Kong están indudablemente asociados. Proporcionan pruebas del contrabando por medio de informes con datos insuficientes del valor de las importaciones. En segundo lugar, los contrabandistas pueden clasificar erróneamente sus productos como productos diferentes (a menudo similares): sobre los que el arancel es menor o nulo. Fisman y Wei (2004), Van Dunem y Arndt (2006), Stoyanov (2012) y Levin y Widell (2014) encuentran evidencia de contrabandistas que clasifican falsamente sus mercancías como otros bienes que están sujetos a arancel más bajo. Muestran que cuando el arancel de productos similares es menor que el del bien real, la evasión fiscal tiende a aumentar.

Por lo cual, diversos artículos investigan el potencial que ofrece el análisis de la información de las aduanas para valorar el vínculo entre el flujo del comercio internacional y la recaudación de las respectivas contribuciones relacionadas con el movimiento de bienes entre fronteras, donde destacan los análisis realizados por De Boyrie *et al.* (2005), Hong *et al.* (2014), Hong y Pak (2017), McNair y Hogg (2009) y Pak y Zdanowicz (1994), que en sus estudios pretenden identificar las transacciones comerciales con precios por unidad con anomalías.

Entre los diferentes estudios sobresale la importancia de los flujos comerciales para la recaudación de los gobiernos, que a través de estos fondos las economías fondearán las diversas necesidades de las sociedades que gobiernan. De ahí la trascendencia de analizar la relación entre las cargas impositivas derivadas del comercio exterior en la economía mexicana.

Cabe señalar que, para el caso de México, como de muchas otras economías el peso de las contribuciones recae particularmente en las importaciones, dejando a las exportaciones con una carga mínima de contribuciones. De tal manera que, la gran mayoría de las exportaciones están exentas del pago del impuesto general de exportación, así como de otras contribuciones, dejando cargas mínimas como el derecho de trámite aduanero (DTA), esto con el objetivo de incentivar las exportaciones y bajo el conocimiento de que la mercancía al llegar a su país destino tendrá que observar las cargas impositivas acorde con su respectiva fracción arancelaria y apejándose a las barreras arancelarias y no arancelarias dispuestas por el país en cuestión.

Claro que no siempre significa una carga impositiva sustancial, ya que México es actualmente uno de los países mejor conectados al estar suscrito en trece tratados internacionales, lo cual permite tener preferencias arancelarias con 47 economías en el mundo. Esto se traslada a una serie de preferencias, trato nacional o de nación más favorecida, y con ello eliminación total o parcial de aranceles.

Así mismo, con la firma de tratados comerciales internacionales también México ha dado preferencias arancelarias, de tal forma que muchas importaciones no gravan contribuciones o tienen una carga arancelaria preferencial, lo que ha disminuido la recaudación obtenida por concepto de importaciones. No obstante, las recaudaciones derivadas de la importación son altamente significativas para el país, pese a que estas han decaído en los últimos dos años como efecto del COVID-19, mostrando una variación de $-1,5\%$, lo que representa un total de 974000057,9 millones de pesos mexicanos; esto a su vez representa un total de 6,8 millones de pedimentos de importación y 2,6 millones de pedimentos de exportación (SAT, 2021).

Como se observa en la tabla 1, la recaudación aduanera ha ido creciendo a reserva de una leve disminución en el 2013 respecto del 2012 y no es sino hasta el 2019 donde vuelve a presentar una pequeña contracción.

Sin embargo, la recaudación en aduanas en el 2020 presentó una caída aún más fuerte que el 2019 con una disminución de $-13,7\%$ (ver figura 1), siendo esta la caída más grande acorde con los registros del SAT, lo que significa una recaudación de 865,601 millones de pesos mexicanos por operaciones derivadas del comercio exterior; pese a estas la recuperación de la economía frente la pandemia derivada del COVID-19 depende en gran medida del sector externo y particularmente del flujo comercial entre México y Estados Unidos; por lo cual la operación de las aduanas tendrá un papel altamente significativo en el crecimiento económico y recuperación de México.

Desagregando las contribuciones al comercio exterior, acorde con las cifras del SAT (2021) en el 2009, el IGI representó el $6,7\%$ del total de las recaudaciones del comercio exterior, el DTA el $0,2\%$, el impuesto especial sobre productos y servicios (IEPS) el $23,1\%$ y el impuesto al valor agregado (IVA) el $69,7\%$, esto

Tabla 1.

Recaudación aduanera en México

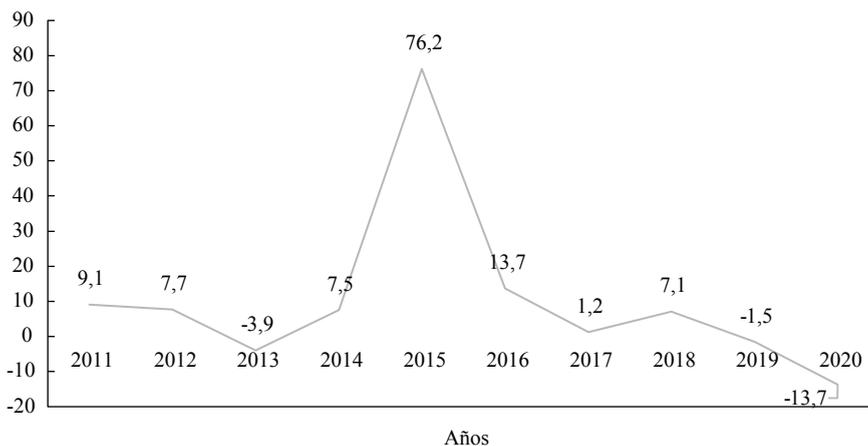
Año	Millones de pesos mexicanos	Millones de dólares estadounidenses
2010	385 735,00	4 871 331,59
2011	420 969,00	5 232 686,77
2012	453 394,00	5 970 700,25
2013	435 853,00	5 565 668,47
2014	468 728,00	6 235 582,33
2015	825 791,00	13 114 386,87
2016	938 738,00	17 543 698,99
2017	950 164,00	17 964 370,68
2018	\$ 1 017 671,00	19 577 242,33
2019	\$ 1 002 335,00	19 302 366,03
2020	865 601,00	18 608 344,06

Nota. El cálculo a dólares estadounidenses se realizó con el tipo de cambio, pesos por dólar de los Estados Unidos de América (cotización interbancaria) del Banco de México.

Fuente: elaboración propia con base en SAT (2021).

Figura 1.

Variación porcentual de la recaudación en México, 2011-2020



Fuente: elaboración propia con base en SAT (2021).

considerando que el IVA simplemente presentó una caída anual de 8,1 %. Tal comportamiento se distribuye de manera similar año con año con ligeras variaciones

en sus porcentajes, esto se ratifica al observar el comportamiento de la distribución de las contribuciones al comercio exterior del 2020, donde el porcentaje recaudado por concepto de IGI fue de 6,7 %, el DTA representó un 0,2 %, mientras que el IEPS recaudado fue del 24,4 % y el IVA de 68,3 %.

Por lo que habrá que poner especial atención a la mejora recaudatoria, a la simplificación administrativa de las aduanas y a la eficiencia de procesos, tanto de flujo comercial como de pago de las contribuciones derivadas del mismo. Así como mejorar la relación costo-beneficio –con la finalidad de aminorar el costo que implica el proceso aduanero en la cadena de suministro de los productos– y acrecentar la recaudación derivada del paso de los productos por las aduanas.

Algunos investigadores como Grainger *et al.* (2018) y Mann (2012) afirman que los costos que implica el paso por las aduanas pueden llegar a afectar la cadena de suministro. Wilson *et al.* (2005) abonan a la importancia de la facilitación comercial acompañada de políticas aduaneras que permitan eficiencia en los procesos y con ello cumplir los objetivos de la administración aduanera. Sin embargo, no todos los estudiosos del tema coinciden respecto a los procedimientos a seguir para el control adecuado de los bienes, el movimiento de transporte, la operación de vehículos y la detención a tiempo de la evasión fiscal, entre otros asuntos. Ejemplo de esto se observa en las más de sesenta medidas regulatorias que han tenido países como Gran Bretaña u Holanda referentes a la recolección de impuestos, seguridad, medioambiente y salud, protección al consumidor, políticas comerciales, etc. (Grainger, 2007).

METODOLOGÍA

La muestra de este trabajo consiste en un panel balanceado con 49 aduanas de México y cubre un período del 2012 al 2020 con observaciones mensuales. Este trabajo estima el impacto que tiene el número de operaciones a la importación, el valor de las importaciones, los RFE y el número de empleados de las aduanas en México sobre la recaudación del IGI; para ello se realizó la estimación en una muestra completa, es decir, el total de aduanas existentes en México. Con la finalidad de explicar las dinámicas particulares de los tipos de aduanas existentes –marítima con 17 aduanas, fronteriza con 21 aduanas e interior con 11 aduanas– se hicieron tres estimaciones adicionales, estos modelos están basados en submuestras que atienden a los tipos de aduanas que ya se comentaron.

Para la estimación de la muestra y las submuestras se utilizaron dos estimadores, en un primer momento se usa el estimador de Hausman y Taylor (1981) cuyas características se describen a continuación.

En esencia, el modelo propuesto por Hausman y Taylor (1981) es una regresión de variables instrumentales, donde los instrumentos se derivan de regresores que se supone que no están correlacionados con los efectos individuales. Técnicamente,

son las medias transversales de estas variables las que deben descorrelacionarse, no las variables en sí mismas.

Consideremos un modelo de efectos fijos de la manera en que se muestra en la ecuación (1).

$$y_{it} = X_{1it}\beta_1 + X_{2it}\beta_2 + W_{1i}\gamma_1 + W_{2i}\gamma_2 + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

Donde:

X_{1it} es un vector $1 \times k_1$ de observaciones sobre variables exógenas que varían en el tiempo que se supone que no están correlacionadas con μ_i y ε_{it} ;

X_{2it} es un vector $1 \times k_2$ de observaciones sobre variables endógenas que varían en el tiempo que se supone (posiblemente) correlacionadas con μ_i pero ortogonales con ε_{it} ;

W_{1i} es un vector $1 \times g_1$ de observaciones sobre variables exógenas invariantes en el tiempo que se supone que no están correlacionadas con μ_i y ε_{it} ;

W_{2i} es un $1 \times g_1$ de observaciones sobre variables endógenas invariantes en el tiempo que se supone (posiblemente) correlacionadas μ_i pero ortogonales a ε_{it} ;

μ_i es el efecto aleatorio a nivel de panel no observado que se supone que tiene media cero y varianza finita σ_μ^2 y que es independiente e idénticamente distribuido (iid) sobre los paneles;

ε_{it} es el error idiosincrásico que se supone que tiene media cero y varianza finita σ_ε^2 y que es iid sobre todas las observaciones en los datos;

β_1 , β_2 , W_1 y W_2 son vectores de coeficientes $k_1 \times 1$, $k_2 \times 1$, $g_1 \times 1$ y $g_2 \times 1$, respectivamente;

e $i = 1, \dots, n$, donde n es el número de paneles en la muestra y, para cada i , $t = 1, \dots, T_i$.

Con esta convención de notación, el estimador de Hausman-Taylor de los coeficientes de interés se puede obtener mediante la regresión de variables instrumentales.

$$\check{y}_{it} = \check{X}_{1it}\beta_1 + \check{X}_{2it}\beta_2 + \check{W}_{1i}\gamma_1 + \check{W}_{2i}\gamma_2 + \check{\mu}_i + \check{\varepsilon}_{it} \quad (2)$$

En un segundo momento se utiliza el estimador de Amemiya y MaCurdy (1986) con el fin de fortalecer los hallazgos del modelo de Hausman-Taylor.

El modelo Amemiya-MaCurdy es un pariente cercano del modelo de Hausman-Taylor. La única diferencia entre los dos es que el modelo Amemiya-MaCurdy hace la suposición adicional de que los regresores (y no solo sus medias) no están correlacionados con los efectos individuales. Al hacer esa suposición, el modelo Amemiya-MaCurdy puede aprovechar un conjunto más eficiente de variables instrumentales.

Amemiya y MaCurdy (1986) imponen requisitos más estrictos a los instrumentos que varían dentro de los paneles para obtener un estimador más eficiente. Espe-

cíficamente, el modelo Amemiya-MaCurdy asume que X_{1it} es ortogonal a μ_i en cada período; es decir, $\text{plim}_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_{1it} \mu_i = 0$ para $t = 1, \dots, T$. Con esta restricción, derivan el estimador Amemiya-MaCurdy como la regresión de variables instrumentales de (2) utilizando los instrumentos \tilde{X}_{1it} , \tilde{X}_{2it} , X_{1it}^* , y W_{1t} . La condición de orden para el estimador Amemiya-MaCurdy es ahora $Tk_1 > g_2$.

Datos y variables

A fin de dar pauta a la puesta en marcha de las especificaciones econométricas al detalle, la ecuación del modelo econométrico se presenta en la fórmula (3).

$$\ln IGI_{it} = \ln OM_{1it} \beta_1 + \ln VM_{2it} \beta_2 + \ln RFE_{1t} \gamma_1 + \ln L_{2t} \gamma_2 + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

Aquí se incluyó como variable dependiente el logaritmo del IGI en México. En cuanto a las variables independientes el logaritmo del número de operaciones a la importación en México (OM) se presenta como una variable exógena que varía en el tiempo. El logaritmo del valor de las operaciones a la importación (VM) se introduce al modelo como variable explicativa con variación en el tiempo, pero es endógena en el modelo, los RFE se introducen como una variable que no varía en el tiempo, pero es endógena al modelo. Finalmente, el número de empleados de las aduanas en México (L) es una variable exógena e invariante en el tiempo.

Por otro lado, se ha utilizado una variable *dummy* con el propósito de tomar en cuenta dos cambios estructurales importantes en la muestra: el inicio del confinamiento por el COVID-19 y la entrada en vigor del nuevo Nafta 2.0 (T-MEC).

Las relaciones esperadas en la estimación del modelo son de la siguiente naturaleza, primero, se espera que el signo del coeficiente β_1 sea positivo, ya que al incrementar las operaciones a la importación se debe aumentar la recaudación; el coeficiente β_2 positivo, ya que los incrementos en el valor de las importaciones conducen necesariamente a un aumento en los impuestos recaudados por el mismo concepto; el coeficiente γ_1 positivo, puesto que entre más RFE existan mayores serán las recaudaciones por importación en México. Por último, γ_2 negativo, lo anterior debido a que entre mayor número de empleados menores serán las recaudaciones por importación, esto resultado de los rendimientos decrecientes.

Los datos de las series se definen así: en cada una de las series se empleó para el cálculo el logaritmo natural de la propia serie, estas se obtuvieron en su totalidad de la Ventanilla Única de Comercio Exterior Mexicano (VUCEM) y para el IGI es la recaudación bruta por este impuesto.

Para el análisis del número de operaciones a la importación, esta se define como la cantidad de operaciones de importación que se registran en las aduanas de México, por otro lado, el valor de las operaciones a la importación viene en millones de pesos mexicanos y es el valor en la aduana de las mercancías, se tiene el número de

RFE existentes en las aduanas de México; en último lugar, el número de empleados de los RFE.

Cabe mencionar que, antes de realizar el análisis econométrico se efectuó un análisis factorial de correspondencia de componentes principales, donde derivado del mismo se incorpora en la tabla 2, la prueba de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) y Bartlett con un valor de 0,798.

Tabla 2.

Prueba de KMO y Bartlett

Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adecuación de muestreo		0,798
Prueba de esfericidad de Bartlett	Aprox. chi-cuadrado	76770,402
	gl	78
	Sig.	0,000

Fuente: elaboración propia con base en el período de la muestra derivado del análisis factorial de correspondencias.

RESULTADOS

Como se ha dicho con anterioridad, la recaudación aduanera ha revelado una importante evolución a lo largo de los últimos diez años, la tabla 1 da muestra de ese crecimiento sostenido. Continuando con el análisis, los resultados empíricos se presentan y discuten a continuación. Por un lado, los resultados se estiman a nivel de la muestra completa. Por otro, se consideran tres submuestras principales: aduanas marítimas, fronterizas e interiores. La lista de cada categoría se detalla en la tabla 3.

Tabla 3.

Aduanas de la muestra

Tipo de aduana	Nombre de la aduana
Marítima	Manzanillo, Lázaro Cárdenas, Veracruz, Coatzacoalcos, Cancún, Ciudad del Carmen, Acapulco, Ensenada, Altamira, Tuxpan, La Paz, Dos Bocas, Mazatlán, Guaymas, Progreso, Tampico y Salina Cruz
Fronteriza	Nuevo Laredo, Tijuana, Ciudad Juárez, Nogales, Agua Prieta, Colombia, Ciudad Acuña, Ciudad Reynosa, Tecate, Ciudad Camargo, Ciudad Miguel Alemán, Matamoros, Piedras Negras, San Luis Río Colorado, Ojinaga, Puerto Palomas, Naco, Sonoyta, Mexicali, Subteniente López y Ciudad Hidalgo
Interior	México, Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, Puebla, Aguascalientes, Torreón, Guanajuato, Chihuahua, Monterrey, Toluca, Querétaro y Guadalajara

Fuente: elaboración propia con base en SAT (2021).

Se sospecha que las variables que varían en el tiempo (OM y VM) se encuentran correlacionadas con el efecto aleatorio individual no observado. Por lo que se procedió a inspeccionar estas variables para determinar si tienen suficiente variación dentro del panel para servir como sus propios instrumentos. Los hallazgos de la tabla 4 indican que se puede proceder con estas variables para ambas estimaciones.

Tabla 4.

Estadísticas descriptivas de las variables que varían en el tiempo

Variable		Media	DE	Mín.	Máx.
OM	Total	16044,23	29438,64	0	205661
	Entre		29526,65	1,688679	174930,2
	Dentro de		3526,801	-63642,92	46775,08
VM	Total	1,21e+10	2,36e+10	0	3,41e+11
	Entre		2,36e+10	1724836,3	1,22e+11
	Dentro de		8,83e+09	-3,40e+10	3,29e+11

Fuente: elaboración propia con base en el período de la muestra resultado del análisis econométrico de la variación dentro del panel de las variables.

Resultados en la muestra completa

Los resultados de la tabla 5 señalan la relación existente entre las variables explicativas, es decir, las importaciones, el valor de las importaciones, los RFE y el número de empleados y la variable dependiente que se ha definido como la recaudación por el IGI.

En el caso del número de operaciones a la importación (OM) y del valor de las importaciones (VM) se observa un signo positivo –que cabe decir es el sentido que se esperaba– y que además es significativo tanto en el modelo de Hausman-Taylor como en el modelo de Amemiya-MaCurdy, de lo cual se deduce que las operaciones a la importación están ligadas al valor de las importaciones. Así mismo, la elasticidad encontrada en el caso del valor de las importaciones es destacable, esta elasticidad indica que a medida que se incrementan las importaciones en un 100 % se tiene un impacto en la recaudación de 0,26 %, lo que conduce a pensar que si bien el aumento de las importaciones tiene un impacto positivo, este no es proporcional al aumento de las recaudaciones, lo que se explica por la aplicación de nuestros socios comerciales de los tratados internacionales que en algunos casos eximen del IGI y en otros casos los productos de los países suscritos a los tratados tienen tasas arancelarias preferenciales. No obstante, como se mencionó en la tabla 1 el monto de recaudación sigue siendo altamente significativo para el país.

En cuanto a los RFE los resultados evidencian una relación positiva y con una alta elasticidad, lo que plantea entonces que las recaudaciones son muy sensibles a contar con inmuebles ubicados dentro de la circunscripción de las aduanas, los

cuales se utilizan para la introducción de mercancías bajo este régimen específico. Este hallazgo es particularmente interesante, puesto que mucho se ha especulado respecto a la necesidad, uso y nivel de recaudación que generan los RFE, debido sobre todo a que estos son operados por concesionarios y no directamente por la administración aduanera.

Otro de los componentes importantes del modelo y que se introdujo como una variable invariante en el tiempo es la cantidad de empleados en las aduanas (L), el signo negativo es el esperado de acuerdo con los rendimientos decrecientes, con ello se puede concluir que para la muestra completa la recaudación revela una gran sensibilidad al incremento de los trabajadores, ya que la inclusión de más empleados llevará consigo una importante disminución de la recaudación.

Tabla 5.

Resultados de la estimación con la muestra de aduanas totales

Variable	Hausman-Taylor		Amemiya-MaCurdy	
	Coficiente	ES	Coficiente	ES
<i>lnOM</i>	7313,32***	264,34	7312,10***	260,54
<i>lnVM</i>	0,0026***	0,0001	0,0026***	0,0001
<i>lnRFE</i>	3,42e+07***	7 609 518	3,42e+07	7 609 517
<i>lnL</i>	- 1 769 050***	319 664,1	- 1 768 977	319 664
<i>Dummy</i>	1,39e+07***	5 706 182	1,39e+07	5 706 127
Wald Chi ²	784,04***		783,85***	
Observaciones	5,145		5,145	

Nota: *** indica significancia estadística al 1 %.

Fuente: elaboración propia con base en el período de la muestra resultado de la estimación completa.

Resultados de las submuestras –marítima, fronteriza e interior–

Uno de los componentes más relevantes de esta investigación es que se emplearon dos estimaciones econométricas con la finalidad de verificar el comportamiento de los coeficientes. Se constató que en la muestra completa las estimaciones son homogéneas en su comportamiento, y en ese orden de ideas, se puede decir que en las submuestras el comportamiento de los estimadores tampoco evidencia mucha variación, por consiguiente, se valida el uso de ambos de estimadores para generar certeza en los coeficientes obtenidos.

Al analizar los resultados de las submuestras presentados en las tablas 6, 7 y 8 se observa que las recaudaciones que se dan en las aduanas interiores son más sensibles al número de operaciones a la importación, comparativamente con lo que

sucede en las aduanas marítimas y fronterizas. Estos hallazgos pueden ser explicados por la importancia relativa que guardan las aduanas del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, el de Guadalajara y León, donde pese a que están en zonas delimitantes del país sí se advierte un significativo volumen de movimiento de mercancía en dichas aduanas; particularmente acorde con la Administración General de Aduanas (AGA) (2021) Nuevo Laredo fue la principal entrada de ingresos para el año 2021, al representar 15,35 % de la recaudación en aduanas, con 135 000 11 millones de pesos mexicanos. Los resultados del número de empleados para el caso de las aduanas marítimas son poco concluyentes, ya que no son significativos, no obstante, los signos son los esperados.

Tabla 6.

Resultados de la estimación con la submuestra de aduanas marítimas

Variable	Hausman-Taylor		Amemiya-MaCurdy	
	Coficiente	ES	Coficiente	ES
<i>lnOM</i>	24932,19***	1425,95	25054,39***	1424,28
<i>lnVM</i>	0,0044***	0,0006	0,0043***	0,0006
<i>lnRFE</i>	- 5813473	1,17e+07	- 5805772	1,17e+07
<i>lnL</i>	- 981589,2	868328,3	- 988364,1	868317,6
<i>Dummy</i>	4,24e+07***	1,11e+07	4,25e+07***	1,11e+07
Wald Chi ²	310,52***		314,26***	
Observaciones	1,785		1,785	

Nota: *** indica significancia estadística al 1 %.

Fuente: elaboración propia con base en el período de la muestra resultado de la estimación de las submuestras.

Tabla 7.

Resultados de la estimación con la submuestra de aduanas fronterizas

Variable	Hausman-Taylor		Amemiya-MaCurdy	
	Coficiente	ES	Coficiente	ES
<i>lnOM</i>	1049,217***	143,63	1059,89***	143,60
<i>lnVM</i>	0,0029***	0,0007	0,0029***	0,0007
<i>lnRFE</i>	- 332076,7	4414703	- 316425,9	4414649
<i>lnL</i>	- 449226,9***	84379,94	- 448466***	84378,68
<i>Dummy</i>	- 9381896**	4026972	- 925246	4026777
Wald Chi ²	74,53***		75,27***	
Observaciones	2,205		2,205	

Nota: *** y ** indican significancia estadística al 1 % y 5 % respectivamente.

Fuente: elaboración propia con base en el período de la muestra resultado de la estimación de las submuestras.

Dentro de este marco de análisis se tiene que la recaudación obtenida por el IGI es comparativamente más sensible en las aduanas marítimas, seguida por las aduanas interiores y finalmente una menor sensibilidad en las aduanas fronterizas. De acuerdo con los coeficientes estimados en las aduanas marítimas un incremento del valor de las operaciones a la importación conduce a un aumento en la recaudación por el orden del 0,44 %, en el caso de las aduanas interiores esta elasticidad es del 0,29 % y del 0,28 % en las aduanas fronterizas.

Los resultados anteriores confirman los resultados respecto del primer análisis, donde se revisa la sensibilidad de las aduanas totales, denotando que la disminución de sensibilidad en las aduanas fronterizas se explica particularmente por las aduanas de frontera norte, es decir, las colindantes con Estados Unidos, país con el cual México tiene suscrito un tratado de libre comercio –antes TLCAN o Nafta y recientemente actualizado como T-MEC–. Estados Unidos, Canadá y México suscribieron acuerdos de desgravación arancelaria y, por ende, la eliminación del IGI para una gran variedad de productos, indicando así la disminución de la sensibilidad de la recaudación obtenida por el IGI, siendo esta de 0,28 % en aduanas fronterizas acorde con los resultados mostrados.

Por otra parte, el nivel de sensibilidad respecto de la recaudación obtenida por el IGI presentado en las aduanas marítimas podría explicarse por el volumen de comercio con países con los cuales México no tiene tarifas arancelarias preferenciales y en particular por el comercio entre México y China en lo que a importaciones se refiere. Cabe señalar que después de Estados Unidos es China nuestro segundo socio comercial con una balanza deficitaria a su favor. En cuanto al número de empleados, los resultados son concordantes con lo encontrado en el panel completo, lo que da evidencia de que incrementar el número de trabajadores no siempre es una estrategia adecuada.

Tabla 8.

Resultados de la estimación con la submuestra de aduanas interiores

Variable	Hausman-Taylor		Amemiya-MaCurdy	
	Coficiente	ES	Coficiente	ES
<i>lnOM</i>	6822,68***	295,83	6823,01***	293,85
<i>lnVM</i>	0,0028***	0,0007	0,0028***	0,0007
<i>lnRFE</i>	- 2,34e+07***	6 558 133	- 2,34e+07***	6 558 132
<i>lnL</i>	719424,6***	227448	719413,6***	227448
<i>Dummy</i>	6745 118	5 958 429	6 763 280	5 958 382
Wald Chi ²	612,76***		612,81***	
Observaciones	1,155		1,155	

Nota: *** indica significancia estadística al 1 %.

Fuente: elaboración propia con base en el período de la muestra resultado de la estimación de las submuestras.

En el caso de las submuestras de los RFE los resultados obtenidos muestran que la variable no es estadísticamente significativa para el caso de las aduanas marítimas, ni fronteras y en las aduanas interiores no tiene la relación esperada.

Otra de las variables analizadas es el número de empleados, la cual es significativa y con la relación esperada tanto en las aduanas marítimas como en las fronteras. Estos resultados son concordantes con la muestra completa, y se pueden interpretar en el sentido ya expuesto con anterioridad, es decir, hay evidencia de rendimientos decrecientes en la recaudación cuando son introducidas unidades adicionales de trabajo en estas aduanas, estos resultados se dan en ambas estimaciones. Dicho resultado puede evidenciar la eficiencia de la implementación de diversos sistemas digitales y electrónicos dentro del sistema de la administración aduanera, partiendo de la VUCEM puesta en marcha en el 2012, donde a través de un solo portal se agrupan los diversos trámites a realizar en el proceso de importación, lo que ha permitido la entrega de información electrónica en un solo punto de contacto, atención permanente, mejor logística y certidumbre jurídica, entre otras ventajas. Además, se han hecho otros ajustes en la misma dirección, como es el caso del Documento de Operación para Despacho Aduanero y recientemente el Proyecto de Integración Tecnológica Aduanera, modernizando así los sesenta puntos de revisión, lo que abarca el 99% de la operación aduanera.

CONCLUSIONES

El comercio internacional permite a México ser partícipe de la sinfonía de los sistemas globales en el mundo, entre sus ventajas los productores nacionales pueden ofertar sus productos en lugares distantes y obliga a las empresas a ser cada vez más competitivas.

Así mismo, las importaciones permiten a los consumidores beneficiarse de este con una vasta variedad de productos a precios competitivos y con entregas cada vez más eficientes. Ahora bien, en materia de impuestos se pueden inferir dos funciones: una de índole proteccionista y otra de recaudación de dividendos, que más tarde faculten a las naciones para utilizar el insumo recabado para el crecimiento del país a través del uso eficiente del estado de estos, siendo este medio uno de los principales de donde los países obtienen recursos. Por lo cual, resulta relevante el estudio del impacto de la recaudación del IGI y en especial la determinación de la relación entre el número de operaciones a la importación, el valor de las importaciones, los RFE y el número de empleados de las aduanas en México con este.

Para lo cual se efectuó un análisis por medio de los estimadores de Hausman-Taylor y Amemiya-MaCurdy, en este sentido, se encontró que con la aplicación de ambos modelos se pueden obtener resultados robustos que hagan posible llegar a través de estas inferencias a conclusiones como las que aquí se han venido delineando. En relación con lo expuesto en la metodología, el uso de variables instrumentales deja constancia de la importancia de lograr capturar los efectos de las variables invariantes en el tiempo (RFE y el número de empleados) en la recau-

dación en México. Por otra parte, se debe considerar la naturaleza propia de los modelos de datos panel que tienen la ventaja de permitir que la heterogeneidad no observada influya en las variables de interés.

De los resultados obtenidos se desprenden diversas conclusiones, partiendo de la relevancia de la relación entre IGI y el valor de las importaciones, donde de manera global se presenta una elasticidad de 0,26 %, mientras que al hacer el análisis por tipo de aduana esta relación es más estrecha en las aduanas marítimas y menos sensible en las aduanas fronterizas con valores de 0,44 % y 0,28 % respectivamente. Esto da cuenta, por una parte, del dinamismo y diversidad de origen de las mercancías en las aduanas marítimas frente a las aduanas fronterizas; así mismo, denota el incremento del volumen de operaciones con los países de Asia. Este hallazgo es hoy más valioso que nunca debido a que en este momento se llevan a cabo las negociaciones para la puesta en marcha del Tratado Integral y Progresista de Asociación Transpacífico. Siendo uno de los casos controversiales la petición de adherirse al tratado realizado por China el 16 de septiembre del 2021, seguida de la solicitud de Taiwán el 22 de septiembre del mismo año.

Lo cual abre el abanico para una diversidad de reflexiones, entre ellas, si México está listo para un tratado con China. No obstante, en lo que respecta al tema del IGI cabría esperarse una disminución en el grado de elasticidad entre el IGI y el valor de las importaciones, así como la disminución del valor obtenido entre estas variables en el grupo de aduanas marítimas.

Otra conclusión significativa es la importancia de los sistemas de digitalización implementados por la administración aduanera para agilizar el flujo del comercio internacional. Los resultados obtenidos mostraron rendimientos decrecientes poniendo de manifiesto la eficiencia de los sistemas implementados en dicho sentido y la importancia de la actualización constante en pro de un mayor flujo del comercio exterior por parte de la administración de aduanas.

Por último, cabe señalar que las contribuciones impositivas derivadas de la actividad de las 49 aduanas de México representaron el 29 % de la recaudación total nacional, esto se logró en su momento debido entre varios factores a la creación de diversas áreas de fiscalización del comercio exterior y a los sistemas de digitalización implementados. Para el primer semestre del 2021 la recaudación vuelve a incrementar en un 13,3 % tras la caída de la recaudación de impuestos al comercio exterior a causa del COVID-19, lo que representa un monto de 476 853 millones de pesos mexicanos (SHCP, 2021), esto pone de manifiesto no solo que ha ido mejorando el sistema de la AGA, sino que además este deberá seguir implementando mejoras, puesto que se espera que el comercio exterior y el flujo de efectivo derivado de este coadyuven a México a contrarrestar los efectos económicos negativos derivados del COVID-19, lo que suma a la relevancia del tema aquí estudiado y a sus diversas implicaciones.

REFERENCIAS

1. Amemiya, T., & MaCurdy, T. E. (1986). Instrumental-variable estimation of an error-components model. *Econometrica*, 54(4), 869-880. <http://www.jstor.org/stable/1912840>
2. Cabello-González, J. M., & Cabello-Pérez, M. (2012). *Las aduanas y el comercio internacional*. ESIC.
3. De Boyrie, M. E., Pak, S. J., & Zdanowicz, J. S. (2005). Estimating the magnitude of capital flight due to abnormal pricing in international trade: the Russia-USA case. *Accounting Forum*, 29(3), 249-270. <https://doi.org/10.1016/j.accfor.2005.03.004>
4. Delgado-Orozco, J. (2013). *Multifuncionalidad y homologación de actividades dentro del plan de modernización de aduanas en México* [Tesis de pregrado, Universidad Latina de América]. México.
5. Fisman, R., & Wei, S. J. (2004). Tax rates and tax evasion: evidence from “missing imports” in China. *Journal of Political Economy*, 112(2), 471-496. <https://doi.org/10.1086/381476>
6. Grainger, A. (2007). Supply chain security: adding to a complex operational and institutional environment. *World Customs Journal*, (2), 17-29.
7. Grainger, A., Huiden, R., Rukanova, B., & Tan, Y. H. (2018). What is the cost of customs and borders across the supply chain?... and how to mitigate the cost through better coordination and data sharing. *World Customs Journal*, 12(2), 1-30.
8. Hausman, J. A., & Taylor, W. E. (1981). Panel data and unobservable individual effects. *Econometrica*, 49(6), 1377-1398. <https://doi.org/10.2307/1911406>
9. Hong, K., Pak, C., & Pak, S. (2014). Measuring abnormal pricing – an alternative approach: the case of US banana trade with Latin American and Caribbean countries. *Journal of Money Laundering Control*, 17(2), 203-218. <https://doi.org/10.1108/JMLC-11-2013-0043>
10. Hong, K. P., & Pak, S. J. (2017). Estimating trade misinvoicing from bilateral trade statistics: the devil is in the details. *The International Trade Journal*, 31(1), 3-28. <https://doi.org/10.1080/08853908.2016.1202160>
11. Krell, A. (2002). *The Devil's Rope: A Cultural History of Barbed Wire*. University of Chicago Press.
12. Lawson, C., & Bersin, A. (2020). Collaborative border management. *World Customs Journal*, 14(1), 31-40.
13. Levin, J., & Widell, L. M. (2014). Tax evasion in Kenya and Tanzania: evidence from missing imports. *Economic Modelling*, (39), 151-162. <https://doi.org/10.1016/J.ECONMOD.2014.02.021>
14. Longo, M. (2016). A “21st Century Border”? Cooperative border controls in the US and EU after 9/11. *Journal of Borderlands Studies*, 31(2), 187-202.

- <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/08865655.2015.1124243?journalCode=rjbs20>
15. Mann, C. L. (2012). Supply chain logistics, trade facilitation and international trade: a macroeconomic policy view. *Journal of Supply Chain Management*, 48(3), 7-14. <https://doi.org/10.1111/J.1745-493X.2012.03270.X>
 16. Martin, S. C., McCallum, H. D., & McCallum, F. T. (1965). The wire that fenced the west. *Journal of Range Management*, 18(5), 289. <https://doi.org/10.2307/3895504>
 17. McNair, D., & Hogg, A. (2009). *False profits: Robbing the poor to keep the rich tax-free*. Christian Aid. <http://peacewomen.org/sites/default/files/False%20profits-%20robbing%20the%20poor%20to%20keep%20the%20rich%20tax-free.pdf>
 18. Organización Mundial del Comercio (OMC). (2018). *Informe anual 2018*. https://www.wto.org/spanish/res_s/booksp_s/anrep18_s.pdf
 19. Pak, S. J., & Zdanowicz, J. S. (1994). A statistical analysis of the US merchandise trade data base and its uses in transfer pricing compliance and enforcement. *Tax Management Transfer Pricing Report*, 3(1), 50-57.
 20. Secretaría de Hacienda y Crédito Público. (SHCP). (2021). *Estadísticas oportunas de finanzas públicas*. <http://presto.hacienda.gob.mx/EstoporLayout/estadisticas.jsp>
 21. Servicio de Administración Tributaria. (2021). Administración General de Aduanas. http://m.sat.gob.mx/que_sat/Paginas/aduanas.aspx
 22. Stoyanov, A. (2012). Tariff evasion and rules of origin violations under the Canada-U.S. Free trade agreement. *The Canadian Journal of Economics*, 45(3), 879-902. <http://www.jstor.org/stable/23270565>
 23. The White House. (2010, 19 de mayo). *Declaration by The Government Of The United States Of America and The Government Of The United Mexican States Concerning Twenty-First Century Border Management*. <https://obamawhitehouse.archives.gov/the-press-office/declaration-government-united-states-america-and-government-united-mexican-states-c>
 24. The White House. (2011, 4 de febrero). *Declaration by President Obama and Prime Minister Harper of Canada - Beyond the Border*. <https://obamawhitehouse.archives.gov/the-press-office/2011/02/04/declaration-president-obama-and-prime-minister-harper-canada-beyond-bord>
 25. Van Dunem, J., & Arndt, C. (2006). Confronting the issue of the elasticity of customs evasion in Mozambique: an empirical study. *Conference Papers* 331494, Purdue University, Center for Global Trade Analysis, Global Trade Analysis Project.
 26. Wilson, J. S., Mann, C. L., & Otsuki, T. (2005). Assessing the benefits of trade facilitation: a global perspective. *World Economy*, 28(6), 841-871. <https://doi.org/10.1111/J.1467-9701.2005.00709.X>

27. World Customs Organization (WCO). (2021). Legal instruments. <http://www.wcoomd.org/en/about-us/legal-instruments.aspx>
28. Yubiwini, & Patunru, A. (2018). Trade and tax evasion in Indonesia. *World Customs Journal*, 12(2), 107-120.

ACERCA DE CUADERNOS DE ECONOMÍA

La revista *Cuadernos de Economía* es publicada semestralmente por la Escuela de Economía de la Facultad de Ciencias Económicas (Universidad Nacional de Colombia). Es una de las más antiguas del país en el área económica. Su primera edición se realizó durante el primer semestre de 1979.

Nuestra publicación está disponible en índices y bases de datos nacionales e internacionales, tales como SCOPUS, Redalyc, SciELO Brasil, EBSCO, ESCI (Clarivate Analytics) / Thomson Reuters Web of Science (antiguo ISI)- SciELO Citation Index, Dialnet, Latinex -Sistema regional de información en línea, CIBERA (Biblioteca Virtual Iberoamericana España / Portugal, Ulrich's Directory, ProQuest, DOAJ (Directory of Open Access Journals), CLASE -Citas Latinoamericanas en Ciencias Sociales y Humanidades, IBSS -International Bibliography of the Social Sciences, e-revistas, HLAS -Handbook of Latin American Studies, RePEc -Research Papers in Economics, CAPES -Portal Brasileiro de Información Científica, SSRN (Social Sciences Research Network), Econlit -Journal of Economic Literature (JEL), DoTEc -Colombia, Pubindex, LatAm-Studies y Econpapers.

La revista tiene como objetivo divulgar, en el ámbito académico nacional e internacional, los avances intelectuales en teorías, metodologías y aplicaciones económicas, así como los resultados de investigaciones y trabajos especializados.

Su público está integrado por académicos (investigadores, docentes y estudiantes universitarios), miembros de instituciones gubernamentales y de entidades privadas, que se ocupen del estudio de la teoría económica, la política económica, el desarrollo socioeconómico y otros temas de interés para la disciplina.

El Editor y el Consejo Editorial de Cuadernos de Economía son las instancias que deciden sobre la publicación de las contribuciones. Es importante aclarar que el envío de material no exige su publicación y que el contenido de los artículos es responsabilidad de los autores y no compromete, de ninguna manera, a la revista o a la institución.

El autor interesado en someter a evaluación una contribución, debe hacerla llegar a la revista, conforme a las especificaciones contempladas en las *pautas para autores*. Esta información se encuentra disponible al final de cada número y en el sitio web: <http://fce.unal.edu.co/cuadernos/pautas.html>

Los evaluadores son seleccionados de acuerdo con sus conocimientos en los temas cubiertos por cada artículo. La evaluación toma en cuenta aspectos como la originalidad del contenido, el rigor conceptual, los aspectos metodológicos, la claridad y la coherencia, tanto en la argumentación como en la exposición, y la pertinencia de las conclusiones.

La versión en *pdf* de los artículos puede ser consultada y descargada en el sitio <http://fce.unal.edu.co/cuadernos/numeros-anteriores.html>. Para la adquisición en formato físico de números anteriores, el interesado puede comunicarse con la dirección de la revista: Facultad de Ciencias Económicas, Edificio 310, primer piso, Universidad Nacional de Colombia; al correo electrónico revcuaecono_bog@unal.edu.co o al teléfono 3165000 extensión 12308.

PAUTAS PARA AUTORES

La revista *Cuadernos de Economía* toma en consideración contribuciones académicas inéditas, artículos de investigación, revisiones bibliográficas, debates y reseñas analíticas, con redacciones en español, inglés, francés o portugués, que no hayan sido propuestos en otras revistas académicas. Los textos deben ser un aporte al avance del conocimiento en las áreas económica, política, social, administrativa y/o demográfica.

La recepción de artículos se realiza durante todo el año y no tiene ningún costo para los autores. El proceso de postulación se hace por medio del sistema de gestión editorial OJS en el siguiente enlace: <http://bit.ly/ZsvX1j>.

La revista podrá desestimar la publicación de un manuscrito si, por decisión interna, se determina que no cumple con ciertos estándares académicos o editoriales. Los manuscritos que pasen la revisión inicial serán enviados a evaluadores seleccionados de acuerdo con sus conocimientos en las temáticas abordadas en cada artículo. Con el fin de garantizar la imparcialidad de la evaluación emitida, nuestra publicación emplea el sistema de arbitraje doble ciego, es decir, que tanto los evaluadores como los autores permanecen anónimos.

La evaluación toma en cuenta aspectos como la originalidad del contenido, el rigor conceptual, los aspectos metodológicos, la claridad y la coherencia (tanto en la argumentación como en la exposición), y la pertinencia de las conclusiones. Los resultados del arbitraje pueden ser: aprobado sin modificaciones, publicación sujeta a incorporación de cambios y observaciones, reescritura del documento y rechazo del material. La tasa de rechazo de materiales sometidos a evaluación durante 2020 fue del 76%.

Culminado el proceso de arbitraje, las evaluaciones se enviarán a los autores, quienes contarán con un periodo máximo de 30 días para realizar los respectivos ajustes si hay exigencia de ellos. Posteriormente los artículos que superen el proceso editorial entrarán en lista de espera para ser publicados en números posteriores de la revista.

NORMAS EDITORIALES

1. Someter un artículo a *Cuadernos de Economía* supone el compromiso, por parte de los autores, de no someterlo simultáneamente a otras publicaciones, ya sea en forma parcial o completa.
2. En caso de que una versión preliminar del manuscrito sometido al proceso editorial haya sido presentada como documento de trabajo (*working paper*), se debe incluir la referencia completa.
3. Los trabajos se enviarán en LaTeX o archivo de texto (Word para Windows o Rich Text Format) y deben cumplir con los siguientes requerimientos: una extensión entre 4.000 y 10.000 palabras incluyendo notas y referencias bibliográficas (teniendo en cuenta que los artículos en economía tienen en promedio una extensión de 4.000 a 6.000 palabras); espacio sencillo; letra Garamond tamaño 13;

papel tamaño carta y márgenes de 3 cm. Para los documentos sometidos a la sección de reseñas la extensión máxima se reduce a 4.000 palabras.

4. El título del artículo debe ser explicativo y recoger la esencia del trabajo.
5. Los datos sobre el autor se indicarán en nota al pie de página con asterisco: nombre del autor, profesión u oficio, nivel de estudios, empleo actual, lugar de trabajo y, obligatoriamente, su correo electrónico (preferiblemente institucional).
6. Debe incluirse un resumen en español y otro en inglés con una extensión de 100 palabras cada uno. Deben ser claros y proporcionar la información suficiente para que los lectores puedan identificar el tema del artículo, metodología y principales resultados.
7. Es necesario especificar cuatro o cinco palabras clave en español y en inglés, y cuatro o cinco códigos de clasificación de la nomenclatura JEL, la cual puede ser consultada en la siguiente dirección web: <https://www.aeaweb.org/jel/guide/jel.php>
8. Se requiere que los cuadros, gráficas o mapas sean legibles, con las convenciones definidas, que se cite su fuente de información en la parte inferior y que se envíen los archivos en los programas empleados para su elaboración (hoja de cálculo para cuadros, tablas y gráficos, e imagen para figuras o mapas). Se debe indicar la página en la que deben ser insertados o si se incluyen como anexos. Si se utiliza material protegido por copyright, los autores se hacen responsables de obtener la autorización escrita de quienes poseen los derechos.
9. Los encabezados de cada sección se escribirán en negritas, alineados a la izquierda y en mayúscula sostenida. Los títulos de segundo nivel se escribirán en negritas, alineados a la izquierda, y combinando mayúsculas y minúsculas. Los títulos de tercer nivel irán en itálica, alineados a la izquierda, y combinando mayúsculas y minúsculas.
10. Las ecuaciones deben estar numeradas de manera consecutiva y entre paréntesis: (1), (2)... Esta numeración debe estar alineada a la derecha de la página.
11. Los símbolos matemáticos deben ser muy claros y legibles. Los subíndices y superíndices deben estar correctamente ubicados.
12. Si el documento propuesto incluye citas textuales es necesario seguir las siguientes indicaciones según normativa APA: si posee cinco líneas o menos irá precedida de dos puntos y entre comillas; si poseen más de cinco líneas o más de 40 palabras se ubicará en un párrafo aparte, a 4 centímetros del borde izquierdo de la hoja, con letra Garamond tamaño 12 y alineado a la derecha.
13. Las notas de pie de página serán, exclusivamente, de carácter aclaratorio o explicativo, no deben incluir referencias bibliográficas.
14. Para emplear una sigla o una abreviatura se indicará su equivalencia completa y a continuación, entre paréntesis, el término que será utilizado en el resto del documento.
15. Las referencias al interior del texto deben conservar el estilo autor-fecha, por ejemplo: López, 1998. Cuando la referencia se hace textualmente, el número de la

página de donde se tomó debe ir después de la fecha, separado por coma (López, 1998, p. 52), o si incluye varias páginas (López, 1998, pp. 52-53); en caso de tres o más autores se menciona el primero seguido de “*et al.*” (López *et al.*, 1998).

16. La redacción, las menciones en el texto, ya sean textuales o paráfrasis y las referencias bibliográficas deben seguir estrictamente el estilo APA. La bibliografía debe listar solamente las fuentes citadas en el trabajo en la sección de “Referencias”.
17. El autor cede los derechos de publicación a la Escuela de Economía de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Nacional de Colombia. Cuadernos de Economía se reserva el derecho de publicación impresa, electrónica y de cualquier otra clase, en todos los idiomas.
18. Se recomienda a los autores escribir con el mayor rigor, verificando la ortografía, empleando párrafos cortos y homogéneos, y utilizando adecuadamente los signos de puntuación. La revista puede realizar los cambios editoriales que considere pertinentes para dar al artículo la mayor claridad posible.
19. Excepcionalmente, es posible proponer la reproducción de textos difundidos en otros medios o que requieran traducción, siempre y cuando no impliquen costos adicionales para la publicación.
20. Algunos ejemplos y aclaraciones sobre el uso de normas APA pueden encontrarse en <http://www.apastyle.org/learn/faqs/index.aspx> y http://flash1r.apa.org/apastyle/basichtml5/index.html?_ga=2.198992360.670361098.1544630386-2074163288.1530031378

CONCERNING CUADERNOS DE ECONOMÍA

“Cuadernos de Economía” is published every six months by the Universidad Nacional de Colombia’s School of Economics (Economics’ Faculty). It is one of the oldest economic journals in Colombia; its first edition appeared during the first semester of 1979.

This is a refereed journal, indexed in SCOPUS, Redalyc, SciELO Brasil, EBSCO, ESCI (Clarivate Analytics) / Thomson Reuters Web of Science (antiguo ISI)- SciELO Citation Index, Dialnet, Latindex -Sistema regional de información en línea, CIBERA (Biblioteca Virtual Iberoamericana España / Portugal, Ulrich’s Directory, ProQuest, DOAJ (Directory of Open Access Journals), CLASE -Citas Latinoamericanas en Ciencias Sociales y Humanidades, IBSS -International Bibliography of the Social Sciences, e-revistas, HLAS -Handbook of Latin American Studies, RePEc -Research Papers in Economics, CAPES -Portal Brasileiro de Información Científica, SSRN (Social Sciences Research Network), Econlit -Journal of Economic Literature (JEL), DoTEc -Colombia, Publindex, LatAm-Studies y Econpapers.

The journal’s objective is to broadcast (within a national and international academic setting) intellectual advances regarding economic theory, methodology and applications, as well as the results of research and specialized work.

We aim at contributing to the academic debate among national and regional scholars allowing a wide spectrum of competing theoretical approaches. Its public consists of academics (researchers, teachers and university students), members of government institutions and private entities interested in studying economic theory, economic policy, socioeconomic development and other topics of interest for the discipline. Cuadernos de Economía can reject a manuscript if, after an initial internal revision, it is stated that the manuscript does not fulfill certain academic or editorial standards. Those manuscripts passing this first revision, will go through double blind refereeing.

Our publication uses double-blind refereeing (i.e. both the evaluators and the authors remain anonymous). The foregoing guarantees the impartiality of the concept being put forward. The referees are selected according to their knowledge of the topics being covered by each article. Evaluation takes into account such aspects as: the originality of the content, conceptual rigor, methodological aspects, clarity and coherence in both the argument and how it is expressed and the pertinence of the conclusions. The content of an article is the author’s responsibility and does not commit the journal or the institution in any way.

Any author interested in submitting a contribution to be evaluated must ensure that it reaches the journal conforming to the specifications laid down in the *author guidelines*. This information can be found at the end of each issue and on the journal’s web site: <http://www.ceconomia.unal.edu.co>. A PDF version of the journal’s articles can be consulted and downloaded from web site <http://fce.unal.edu.co/cuadernos/numeros-anteriores.html> If one is interested in acquiring back numbers in physical format then one can get in touch with the journal directly at the following address: Facultad de Ciencias Económicas, Edificio 310, Universidad Nacional de Colombia; at the following e-mail address: revcuaeco_bog@unal.edu.co, or on telephone 3165000, extension 12308.

AUTHOR GUIDELINES

Cuadernos de Economía takes into consideration for possible publication unedited academic contributions, research articles, reports and case studies, essays, bibliographic reviews, criticism and analytical reports of books written in Spanish, English, French or Portuguese which have not been previously published (except as a working paper) and which are not under consideration for publication elsewhere. If such material has been presented as a working paper, then the complete reference must be included. The texts must make a contribution towards advancing knowledge in economic, political, social, administrative and demographic areas.

Candidates must apply through the OJS editorial management system and include the documents listed following the link <http://bit.ly/ZsvX1j>.

In case it is decided that an article is publishable, then the peer evaluations will be sent to the authors so that they can make the respective adjustments (if so requested) within a maximum period of 30 days.

Cuadernos de Economía's editorial committee is the final body deciding on whether contributions should be published. It should be stressed that simply sending material does not oblige the journal to publish it. The journal's publication-team is committed to keeping authors informed during the different stages of the publishing process.

Articles will be received throughout the whole year.

EDITORIAL NORMS

1. Work must be sent in a Latex or text file (Word for Windows (.doc) or Rich Text Format (.RTF)) and must comply with the following requirements: material shall have between 4,000 and 10,000 words including notes and bibliographic references (be aware that documents in Economics have between 4.000 and 6.000 words); the text shall be written in single space, Garamond font size 13, on letter-sized pages having 3 cm margins.
2. Data concerning the authors must be indicated in footnotes by an asterisk: author's names, profession or job, level of studies, actual post held, place of work and (obligatorily) their e-mails and their address.
3. An analytical abstract in written in Spanish and English must be included, containing a maximum of 100 words. The summary must be clear and provide sufficient information for the readers to be able to easily identify the article's subject.
4. Four or five key words must be given in Spanish and English and four or five classification codes using JEL nomenclature which can be consulted at the following web site: <https://www.aeaweb.org/jel/guide/jel.php>
5. The article's title must be explanatory and illustrate the essence of the work.

6. Tables, graphs, plots and/or maps must be legible, having very clearly defined conventions; source information must be cited in the lower part of them and the files must be sent in the software used for drawing them (spreadsheet for tables, plots and graphs, and image for figures or maps). The page on which they must be inserted or whether they should be included as appendices must be clearly indicated. If material which is protected by copyright is to be used, then the authors are solely responsible for obtaining written authorization from those who hold the rights.
7. The headings for each section must be written in bold, aligned to the left and in sustained capitals. Second level titles must be written in bold, aligned to the left and combine capital and small case letters. Third level titles must be written in italics, aligned to the left and combine capital and small case letters.
8. Equations must be numbered in a consecutive manner and be placed within square brackets ([1],[2],[3] ...). Such numbering must be aligned with the right-hand side of the page.
9. Mathematical symbols must be clear and legible. Subscript and superscript must be correctly used.
10. If the proposed document should include textual citation, then the following indications should be followed: if the quotation has five lines or less then it must be preceded by a colon and be placed within inverted commas; if the quotation runs for more than five lines then it must be placed in a separate paragraph, 1 centimeters from the left-hand edge of the page, in Garamond font size 12 and aligned to the right.
11. Footnotes will be exclusively explanatory or explicative; they must not include bibliographic references.
12. If an abbreviation or acronym is to be used then it must indicate its complete equivalent and the term (placed within brackets) which will be used from that point on in the rest of the document.
13. Bibliographic references must retain the author-date style, inserted within the text (López, 1998). When a reference is given textually then the number of the page from which it was taken must be given after the date, separated by a comma (López, 1998, p. 52), if it includes several pages (López, 1998, pp. 52-53) and in the case of several authors (López *et al.*, 1998).
14. The bibliography must only list the sources cited in the work; the section is thus entitled Bibliographic References. Examples of the norms for citing other work as used by the journal are the rules of APA Style: <http://flash1r.apa.org/apastyle/basics/index.htm>.
15. All authors cede their publication rights to the Universidad Nacional de Colombia's School of Economics (Economics' Faculty). *Cuadernos de Economía* reserves printed and electronic publication rights and any other type of rights, in all languages.
16. The journal reserves the right to make any editorial changes which it considers pertinent for providing an article with the greatest clarity possible. It is thus recommended that authors write with the greatest rigor, verifying their spelling, use short, homogeneous paragraphs and use punctuation marks correctly.
17. Exceptionally, it may be proposed that texts be reproduced which have been broadcast in other media or which require translation, always assuming that this does not imply any additional publication costs.

À PROPOS DE LA REVUE CUADERNOS DE ECONOMÍA

La revue *Cuadernos de Economía* est semestriellement publiée par l'École d'Économie de la Faculté de Sciences Économiques (Université Nationale de Colombie). C'est l'une des plus anciennes du pays dans le domaine économique. Sa première édition a été réalisée pendant le premier semestre de 1979.

La revue a l'objectif de divulguer, dans l'enceinte académique nationale et internationale, les avancées intellectuelles dans des théories, des méthodologies et des applications économiques, ainsi que les résultats de recherches et de travaux spécialisés.

Son public est composé par les académiciens (chercheurs, enseignants et étudiants universitaires), les membres d'institutions gouvernementales et d'entités privées qui s'occupent de l'étude de la théorie économique, de la politique économique, du développement socioéconomique et d'autres sujets d'intérêt pour la discipline.

Notre publication emploie le système de paires évaluateurs en appliquant les normes d'un *arbitrage aveugle*, c'est-à-dire, que tant les évaluateurs comme les auteurs restent anonymes. Le précédent, afin de garantir l'impartialité du concept émis.

Les évaluateurs sont choisis conformément à leurs connaissances dans les sujets couverts par chaque article. L'évaluation prend en compte des aspects comme : l'originalité du contenu, la rigueur conceptuelle, les aspects méthodologiques, la clarté et la cohérence, tant dans l'argumentation comme dans l'exposé, et la pertinence des conclusions.

Le contenu des articles est responsabilité des auteurs et il ne compromet, d'aucune manière,

à la revue ou à institution. L'auteur intéressé à soumettre à évaluation une contribution, doit la faire arriver à la revue, conforme aux spécifications contemplées dans les paramètres pour les auteurs. Cette information est disponible à la fin de chaque numéro et dans le site web <http://fce.unal.edu.co/cuadernos/numeros-anteriores.html>

La version en pdf des articles peut être consultée et être téléchargée dans le site web: <http://www.ceconomia.unal.edu.co>. Pour l'acquisition dans un format physique de numéros précédents, l'intéressé peut s'adresser à la revue : Facultad de Ciencias Económicas, Edificio 310, Universidad Nacional de Colombia ; ou à la boîte mail : revcuaeo_bog@unal.edu.co ou au téléphone 3165000 extension 12308.

PARAMETRES POUR LES AUTEURS

La revue *Cuadernos de Economía* prend en considération, pour sa publication, de contributions académiques inédites, d'articles d'investigation, de rapports et études de cas, d'essais, de révisions bibliographiques, de critiques et des descriptions analytiques de livres, en Espagnol, en Anglais, en Français ou en portugais, qui n'aient pas été proposés dans d'autres revues académiques. Au cas où ils se sont présentés comme documents de travail, il faut inclure la référence complète. Les textes doivent contribuer à l'avancée de la connaissance dans les domaines économique, politique, social, administratif et démographique.

Le processus de postulation se fait par le système de gestion éditoriale OJS et les documents doivent être joints dans le link suivant <http://bit.ly/ZsvX1j>.

Dans le cas des articles à publier, les évaluations seront envoyées aux auteurs pour qu'ils puissent réaliser les ajustements respectifs, s'il y a exigence de d'eux, dans un délai maximum de 30 jours.

L'Editor et le Conseil d'Édition de *Cuadernos de Economía* sont les instances qui prend la décision de publier les contributions.

Il est important de clarifier que l'envoi de matériel n'oblige pas à effectuer son publication. L'équipe de travail de la revue se engage à maintenir informé au (aux) auteur (s) pendant les différentes étapes du processus éditorial.

La réception des articles se fait tout au long de l'année.

NORMES ÉDITORIALES

1. Les travaux seront envoyés en fichiers Latex ou de texte (*Word pour Windows ou Ritch Text Formart*) et doivent remplir les demandes suivantes : une dimension de 10.000 mots en incluant des notes et des références bibliographiques ; l'interligne simple ; lettre Garamond taille 13 ; papier lettre et marges de 3 cm.
2. Les données sur l'auteur seront indiquées en note de bas de page avec un astérisque : nom de l'auteur, son occupation ou office, le niveau d'études, l'emploi actuel, le lieu de travail et, obligatoirement, son courrier électronique.
3. On doit inclure un résumé en Espagnol et en Anglais de 100 mots au maximum. Celui-ci doit être clair et fournir l'information suffisante pour que les lecteurs puissent identifier le sujet de l'article.
4. Trois ou quatre mots clés en Espagnol et en Anglais, et trois ou quatre codes de classification de la nomenclature JEL, laquelle peut être consultée dans le site web: <https://www.aeaweb.org/jel/guide/jel.php>
5. Le titre de l'article doit être explicite et recouvrir l'essentiel du travail.
6. On requiert que les tableaux, les graphiques ou les cartes soient lisibles, avec les conventions très définies, qu'on cite sa source dans la partie inférieure et que soient

envoyés dans les programmes employés pour leur élaboration (feuille de calcul pour les tableaux et les graphiques, et d'image pour les figures ou les cartes). On doit indiquer la page dans laquelle ils doivent être insérés ou s'ils sont inclus comme annexes. Si on utilise du matériel protégé par copyright, les auteurs seront les responsables d'obtenir l'autorisation écrite de ceux qui possèdent les droits.

7. Les entêtes de chaque section seront écrits dans des caractères gras, alignés à gauche et en lettres capitales. Les titres de second niveau seront écrits dans des caractères gras, alignés à gauche, et en combinant de lettres capitales et minuscules. Les titres de troisième niveau iront dans *itálica*, alignés à gauche, et en combinant de lettres capitales et minuscules.
8. Les équations doivent être numérotées de manière consécutive et dans des crochets ([1],[2],[3] ...). Cette numération doit être alignée à droite.
9. Les symboles mathématiques doivent être très clairs et lisibles. Les indices doivent être correctement placés.
10. Si le document proposé inclut de cites textuelles, il est nécessaire de suivre les indications suivantes : s'il possède cinq lignes ou moins il sera précédée de deux points et ira entre des guillemets ; s'ils possèdent plus de cinq lignes se placera dans un paragraphe à part, à 1 centimètres du bord gauche de la feuille, avec lettre Garamond taille 13 et aligné à la droite.
11. Les notes de bas de page seront, exclusivement, de caractère explicatif, elles ne doivent pas inclure des références bibliographiques.
12. Pour employer un sigle ou une abréviation on indiquera son équivalence complète et ensuite, entre parenthèses, le terme qui sera utilisé dans le reste du document.
13. Les références bibliographiques doivent conserver le style auteur-date, insérées dans le texte (López, 1998). Quand la référence est faite de façon textuelle, le numéro de la page d'où est tiré l'extrait doit être mentionné après la date, séparé par une virgule (López, 1998, 52), si elle comprend plusieurs pages (López, 1998, 52-53), et dans le cas où il y aurait plusieurs auteurs (López *et al.*, 1998).
14. La bibliographie ne doit mentionner que les sources citées dans le texte, pour cette raison la section s'intitule Références bibliographiques. Les normes de citation employées par la revue sont celles de l'American Psychological Association (APA) : <http://flash1r.apa.org/apastyle/basics/index.htm>.
15. L'auteur cède les droits de publication à la Escuela de Economía de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Nacional de Colombia. Cuadernos de Economía se réserve le droit de publication en papier, électronique et de tout autre classe, dans toutes les langues.
16. La revue peut effectuer les changements éditoriaux qu'elle considère pertinents pour donner à l'article la plus grande clarté possible. Par conséquent, on recommande aux auteurs d'écrire avec la plus grande rigidité, vérifiant l'orthographe, employant de paragraphes courts et homogènes, et utilisant, adéquatement, les signes de ponctuation.
17. Exceptionnellement, il est possible de proposer la reproduction de textes diffusés dans d'autres moyens ou qui requièrent d'une traduction, pourvu qu'ils n'impliquent pas de coûts additionnels pour la publication.

Nota editorial

Jorge H. Maldonado 7

Artículos**Femicide in Latin America: An economic approach**

Carolina Álvarez Garavito y Hugo Nicolás Acosta González 11

Analysis of Principal Nonlinear Components for the Construction of a Socioeconomic Stratification Index in Ecuador

Katherine Morales, Miguel Flores y Yasmín Salazar Méndez 43

Índice de Desarrollo Local para Ecuador con datos del 2010

Adriana Vélez-Tamay, Viviana Carriel y Yonimiler Castillo-Ortega 83

Estructura productiva laboral y pobreza en México: análisis municipal en tres regiones

Owen Eli Ceballos Mina y Abelardo De Anda Casas 129

Factores detrás del aumento de precios en el sector agrícola a inicios del siglo XXI: rentas, salarios, petróleo y productividad

Hernán Alejandro Roitberg 169

Tratados de libre comercio y duración de las exportaciones: evidencia a nivel de firma para Colombia

Margalida Murillo y Cindy Paola Leal 201

La brecha de remuneraciones entre segmentos del mercado de trabajo en la Argentina

Jorge A. Paz 239



APUNTES DEL CENES
UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y
TECNOLÓGICA DE COLOMBIA
ESCUELA DE ECONOMÍA



ISSN 0120-3053
E-ISSN 2256-5779

VOL 40 N° 72
JUL - DIC 2021

<https://dx.doi.org/10.19053/issn.0120-3053>

Contenido

Editorial

Magnitud e implicaciones de la pobreza en Colombia
Luis E. Vallejo Zamudio

Artículos

El comportamiento económico desde la perspectiva biológica y psicológica
Cindy Cifuentes Gómez, Siervo Tulio Delgado, Jorge I González

Impacto de la amenaza financiera en el cambio de comportamiento del inversor: el efecto moderador del apoyo social durante la Covid19 en Pakistán
Hussain Mehdi, Muhammad Shaukat Malik, Huma Ali, Zeeshan Rasool

La afiliación a la seguridad social de los trabajadores y sus efectos en las finanzas de las empresas en México
Carlos Mauricio Tosca Vidal, Germán Martínez Prats, Candelaria Guzmán Fernández

Tipo de cambio, nivel de precios y divergencias: un análisis regional para la República Argentina
Ernesto Gabriel Pizarro Levi

Los trabajadores informales en Colombia
John Ariza, Alexander Retajac

La evaluación multicriterio en la ubicación de las ventas ambulantes en Tibasosa, Boyacá, Colombia
Andrés Fernando Pava Vargas, Luis Felipe Fajardo Pineda

La autonomía económica de las mujeres latinoamericanas
Edith Johana Medina Hernández, María José Fernández Gómez

La probabilidad de contagio y deceso por COVID-19 en pacientes indígenas y no indígenas durante la pandemia en México
Jorge Horbat Corredor

Desarrollo sostenible del cultivo agroindustrial de la palma de aceite en Norte de Santander - Colombia
Dennys Jazmín Manzano López, Eder Alexander Botello Sánchez, Mario de Jesús Zambrano Miranda

Apuntes del
CENES

Contacto:

Luis E. Vallejo Zamudio (*Editor*)
Ricardo Tejedor Estupiñán
(*Asistente Editorial*)
apuntes.cenes@uptc.edu.co

La revista se encuentra en los siguientes índices:

Scielo - Redalyc - Bibilat - Pubindex Categoría B - ESCI (WoS)

Agregadores: EBSCO - Dialnet - REDIB - CLASE - ProQuest

Directorios: DOAJ - Latindex - EconLit - Latinrev - DOTEC—RepEc - ERIH

Plus - Econpapers - EconBib -

Número
80
Abril - Junio



Nº
79
Enero - Marzo



Nº
78
Octubre - Diciembre



Nº
77
Julio - Septiembre

E-ISSN 2248-6968

ISSN 0121-5051

INNOVAR

REVISTA DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS Y SOCIALES

VOLUMEN
31
2021

Categoría B en el Índice Bibliográfico Nacional de Colciencias

EDITORIAL

Victor Mauricio Castañeda Rodríguez

CONTABILIDAD Y FINANZAS

Management accounting and control system in the u-model internationalization process. A case study

Ana Filipa M. Roque, Mário Raposo, Maria do Céu Alves

Cálculo de la rentabilidad financiero-fiscal de una operación de capital diferido a prima periódica. Un enfoque estocástico
María José Pérez, Antonio Alegre Escolano

MARKETING

Planteamiento estratégico para la financiación inclusiva del turismo por parte de los organismos financieros internacionales
Isabel Carrillo Hidalgo, Juan Ignacio Pulido

Segmentación por motivaciones y valoración del turismo interior en el destino Manta, Manabí, Ecuador
Nelson Garcia Reinoso

GESTIÓN Y ORGANIZACIONES

Propuesta de modelo para la autogestión del conocimiento para la productividad de las empresas de menor tamaño en la era del conocimiento
Héctor Gonzalo Rojas Pescio, Verónica Alejandra Roa Petrasic

Análisis de los efectos de la inversión en innovación sobre el progreso técnico del sector industrial de plásticos en Bogotá
Andrés Giovanni Guarín Salinas, Javier Hernando García-Estévez

La comunicación corporativa de la Responsabilidad Social Empresarial (RSE): El caso de las empresas de la provincia Sabana Centro de Cundinamarca
Jeffery Darío Buitrago Betancourt

La separación entre sostenibilidad organizacional y desarrollo sostenible: una reflexión sobre herramientas emergentes para disminuir la brecha Sebastián
Dueñas-Ocampo, Jesús Perdomo-Ortiz, Lidia Esperanza Villa Castaño

Relaciones con la organización y el trabajo en los millennials colombianos
Oscar Gallo, Diego René Gonzales-Miranda, Juan Pablo Román-Calderón, Gustavo Adolfo García

APORTES A LA INVESTIGACIÓN Y A LA DOCENCIA

Pensando la Contaduría Pública en su ejercicio profesional:
William Rojas Rojas, Andrés Mauricio Sánchez Crijalba

Cómo medir la apropiación social de la ciencia y la tecnología:
La definición de indicadores como problema
Jorge Manuel Escobar Ortiz

SUSCRIPCIONES Y CANJE INTERNACIONAL:

Por favor comuníquese con la **Coordinación de INNOVAR**

CORREO ELECTRÓNICO: revinnova_bog@unal.edu.co

TELÉFONO: (57) (1) 3165000, ext. 12367 | APARTADO AÉREO: 055051

WWW.INNOVAR.UNAL.EDU.CO

INNOVAR



Problemas del DESARROLLO

Revista Latinoamericana
de Economía

ISSN:0301-7036

Volumen 52, número 206, julio-septiembre 2021

Innovación y desigualdad salarial en las empresas manufactureras argentinas

María Celeste Gómez

La política de concesiones a los grupos mineros de México

Isidro Téllez Ramírez y Aleida Azamar Alonso

El impacto de la inversión pública sobre la privada en las entidades federativas de México

Francisco Salvador Gutiérrez Cruz y Juan Carlos Moreno Brid

Exploring the U-shape geographical bias in manufactured exports of MERCOSUR countries

Fernando Delbianco, Andrés Fioriti and Germán González

Transición energética, innovación y usos directos de energía geotérmica en México: un análisis de modelado temático

Diana Rivera Delgado, Fernando J. Díaz López y Graciela Carrillo González

The effects of telecommunications infrastructure on Latin America's economic growth

Fadi Fawaz, Ani Popiashvili and Anis Mnif

Convergencia dinámica de los intercambios comerciales entre China y México, 1993-2019

Xuedong Liu y Gerardo Covarrubias

Cadenas Cortas de Comercialización y seguridad alimentaria: el caso de El Mercado el 100

Laura Martínez Salvador, Loarry Gabriel Hernández y David Alvarado Ramírez

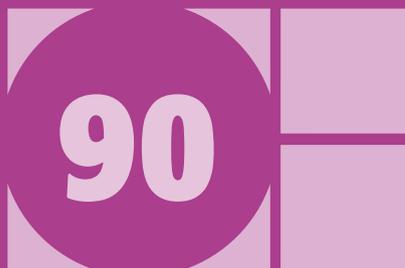
Publicación trimestral del Instituto de Investigaciones Económicas, UNAM

Suscripciones y ventas: revprode@unam.mx

Teléfono: (52) 55 56 23 01 05

<https://www.probdes.iiec.unam.mx>

Cuadernos de Economía, 42(90)
se terminó de editar, imprimir y encuadernar
en Proceditor, en julio del 2023,
con un tiraje de 40 ejemplares,
sobre papel bond blanco bahía de 70 g.
Bogotá, D. C., Colombia.



CUADERNOS DE ECONOMÍA

ISSN 0121-4772

ARTÍCULOS

ALEJANDRO MÁRQUEZ-VELÁZQUEZ	
Growth and the real exchange rate: The role of technology	403
ALVARO LALANNE	
Measuring upstreamness and downstreamness based on exports	429
KARLA FLORES-ZARUR Y WILLIAM OLVERA-LÓPEZ	
Una aplicación de juegos de señales para el análisis del intercambio de información en una cadena de suministro	465
NOEMI LEVY ORLIK	
La globalización de capital, las crisis del siglo XXI y el rezago de América Latina: ¿qué sigue?	487
JAVIER ROZO BONILLA Y ALEJANDRA SÁNCHEZ VÁSQUEZ	
<i>Greenium</i> en Colombia: estudio de caso del mercado de bonos verdes a partir de un modelo estructural de dos factores	517
GERMÁN SÁNCHEZ-PÉREZ, JORGE E. SÁENZ-CASTRO Y LUZ AYDÉE HIGUERA-CÁRDENAS	
Crecimiento multisectorial colombiano, 1975-2016	549
JOSÉ MAURICIO GIL LEÓN Y JHANCARLOS GUTIÉRREZ AYALA	
El comercio interindustrial e intraindustrial de un producto agrícola: una evaluación de la papa en Colombia, 1992-2019	573
OMAR CASTILLO NÚÑEZ	
La respuesta de la oferta de yuca al precio en los departamentos de Córdoba y Sucre, Colombia: una regresión cointegrante, 1976-2019	603
ELMER SÁNCHEZ DÁVILA	
The Peruvian mining boom and dutch disease. Empirical evidence from 2003 to 2020	629
FACUNDO BARRERA INSUA Y DEBORAH NOGUERA	
Determinantes salariales intersectoriales en la Argentina: un modelo de análisis para las dinámicas desiguales del capital y el trabajo	651
JOSÉ CARLOS ESPINOZA	
Crecimiento económico y alternancia política en México a nivel estatal	677
JONATHAN ANDREY BARRANDEY CHAVIRA	
La disminución de la participación del trabajo en el ingreso en México, 2004-2019	695
AMÉRICA IVONNE ZAMORA TORRES Y RENÉ AUGUSTO MARÍN-LEYVA	
Análisis econométrico de las aduanas en México: una estimación de Hausman-Taylor y Amemiya-MaCurdy	723

ISSN 0121-4772



9 770121 477005 9 0