

Finance for Climate Action: Postcovid-19 Recovery Challenges

Antonina Ivanova Boncheva¹ - Universidad Autónoma de Baja California Sur, México

Abstract

This paper is oriented to explore the new developments in climate action financing within the framework of Just Transition. This discourse is linked to the post COVID-19 recovery and the sustainable finance agenda. The study is done through extensive literature review, combining aspects PRISMA guidelines and the Recursive Content Abstraction (RCA) analytical approach. After presenting the Just Transition framework, we analyze the provisions on financing of the Paris Agreement. Next, the financing gaps are identified with the COVID -19 impact. We pay a special attention on the debt service, the related developing countries difficulties, and the challenges for sub-national governments. Then we analyze the efficient market theory and its distortion in the time of COVID-19 crisis. Based on the topics discussed, at the end the paper presents some final remarks.

JEL Classification: C73, F34, F53, H81, O16, Q54.

Keywords: climate action financing, just transition, Paris Agreement, PostCOVID-19 recovery.

Finanzas para la acción climática: desafíos de la recuperación postcovid-19

Resumen

Este artículo está orientado a explorar los nuevos desarrollos en el financiamiento de la acción climática en el marco de la Transición Justa. Este discurso está vinculado a la recuperación post COVID-19 y la agenda de finanzas sostenibles. El estudio se realiza a través de una extensa revisión de la literatura, combinando aspectos de las pautas PRISMA y el enfoque analítico de Abstracción de Contenido Recursivo (RCA). Tras presentar el marco de Transición Justa, analizamos las disposiciones sobre financiación del Acuerdo de París. A continuación, se identifican las brechas de financiamiento con el impacto de COVID -19. Prestamos especial atención al servicio de la deuda, a las dificultades de los países en desarrollo en este contexto, así como a los retos para los gobiernos subnacionales. Luego analizamos la teoría del mercado eficiente y su distorsión en la época de la crisis del COVID-19. Con base en los temas discutidos, al final el estudio presenta algunas consideraciones finales.

Clasificación JEL: C73, F34, F53, H81, O16, Q54.

Palabras clave: financiamiento de acción climática, transición justa, Acuerdo de Paris, reconstrucción posCOVID-19.

¹ Department of Economics, Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS)
Working Group 3 "Mitigation", Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)
Email: aivanova@uabcs.mx

* No source of funding for research development



1. Introduction: Just Transition and Redistribution Effects

COVID-19 has governments at all levels operating in a context of radical uncertainty. The regional and local impact of the COVID-19 crisis is highly heterogeneous, with significant implications for crisis management, policy responses, and financing options.

The Just Transition discussion gained importance since the Paris Agreement and is almost mainstreamed. Originating from civil society discourse and activism around issues of environmental and, primarily, labor/workers' rights, it is now morphed to be inextricably intertwined with the equity and justice presuppositions of climate change discussions as well as linked to the implicit and explicit underlying principles of equity in the UNFCCC. This was explicitly recognized in the Paris Agreement and the 2018 Just Transition Declaration signed by 53 countries at COP 24, which 'recognized the need to factor in the needs of workers and communities to build public support for a rapid shift to a zero-carbon economy.

Increasingly, Just Transitions is being linked to climate finance and investment. A variety of institutions who work, or, are affiliated with the banking and finance sectors are calling for actions, processes and instruments of finance and investment oriented towards climate change to be aligned with Just Transitions (CSIC, 2021). The argument as best outlined by Robin et al., (2020) is that finance will be crucial to making JT a reality as the scale and pace of finance has implications for both the impact and process of transitions.

Climate policies impose costs on specific sectors to create a public good. The climate benefits they produce are non-excludable; that is, everyone gains, including those who do not bear the costs of climate policies why workers in the fossil fuel and trucking industries view themselves as carrying the burden of climate protection—without much compensation. Unequal burden sharing fosters a sense of victimhood, leading to a backlash against climate policies. That imposes costs disproportionately on specific sectors did not focus on equity in terms of helping those who bear the costs of climate policies. These inequalities are growing in times of pandemics.

A second layer of argument is that the vast amounts of money dedicated to address climate change is focused on addressing mitigation such as phasing out fossil fuels and closing coal mines but not enough on addressing the impact of climate change on the people. Moreover, these are affected due to losses and damages from climate change or the population impacted by solutions to address climate change such as de-carbonization measures, which affect workers in the fossil fuel and transport sectors. Additionally, there are people harmed by polluting sectors: indigenous men and women, and poor communities. It is argued that very few resources are available to countries, investors, civil society, and international development institutions seeking to achieve a just transition (Just Transition Declaration, 2018; Robin et al., 2020).

The 2020 report of the International Energy Agency (IEA, 2020), informs that in 2020 global CO₂ emissions were reduced by 6%, the most significant reduction since the Second World War. To put it in context, it amounts to the fact that the European Union had not issued anything during that period.

The lowest emissions were around 14% below those of 2019 around April, during the first global peak of the pandemic. An important aspect is that the reductions were, of course, stronger in some sectors than in others. For example, in April 2020, aviation generated 70% fewer emissions

than in April 2019, and for the entire 2020, they were reduced by 45%, which is equivalent to taking about 100 million cars out of circulation. The demand for oil fell by just over 8.5% and that for coal by 4%.

However, it should not be forgotten that after the global financial crisis of 2008, global CO₂ emissions from the combustion of fossil fuels and cement production were initially reduced by 1.4%, then increased by 5.9% in 2010 (Ivanova, 2020). Similarly, it is currently detected that as activities have restarted in different regions, emission rates have returned to high levels. In fact, last December they had not only increased compared to the minimum value of previous months, but were even higher than those of December 2019.

That's why it is necessary to explore the evolution of climate financing during the economic recovery. The main objective of the paper is oriented to explore the new developments in climate action financing within the framework of Just Transition. This discourse is linked to the post COVID-19 recovery and the sustainable finance agenda. The steps to accomplish the task are the following specific objectives: (1) Present the Just Transition framework; (2) Explore the Paris Agreement, the Addis Ababa Action Agenda and their links to Sustainable development; (3) Discuss the availability and effectiveness of the public sector funding, debt service and the related developing countries difficulties identifying financing gaps under the COVID -19 impact. (4) Analyze some classical theories and their distortion in the time of COVID-19 crisis. We explore the efficient market theory, the competitive game model versus cooperative game model, and the public theory on finance, innovation, and creative destruction. These theories should be revised in their both theoretical basis, and practical performance.

The methodology is based on an extensive literature review, combining aspects of the "Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) guidelines"², and the Recursive Content Abstraction (RCA) analytical approach³. Secondary data were collected through review of relevant materials including peer-reviewed papers, conference presentations and official organization documents available on the internet. The documents were identified through a combination of searches, using keywords and terms associated with climate change finance and post COVID-19 recovery.

The paper is structured into three sections after this introduction. After presenting the Just Transition framework, we analyze the Paris Agreement, the Addis Ababa Action Agenda and their links to equity and sustainability, in the first section. The second section explores the availability and effectiveness of the public sector funding, debt service and the related developing countries difficulties identifying financing gaps under the COVID -19 impact. After presenting the current public financing and its challenges, in the third section we analyze the classical theories in the new pandemic environment: the competitive game model versus cooperative game model, the efficient market theory and its distortion in the time of COVID-19 crisis, and markets: public theory, financial

² PRISMA is an evidence-based minimum set of items for reporting in systematic reviews and meta-analyses. PRISMA primarily focuses on the reporting of reviews evaluating the effects of interventions, but can also be used as a basis for reporting systematic reviews with objectives other than evaluating interventions (e.g. evaluating etiology, prevalence, diagnosis or prognosis). According to PRISMA guidelines Scopus, Google Scholar databases and grey literature were searched.

³ For analysis, the configurative and recursive content abstraction (RCA) approach was used. This is because it was important to summarize the information from the various sources in a concise and coherent manner to aid effective discussions and meaningful conclusion.

innovation, and creative destruction. Based on the topics discussed, at the end the paper presents some final remarks.

2. Paris Agreement, Addis Ababa Action Agenda and Sustainable Development

The Paris Agreement states that it is necessary making finance flows consistent with a pathway towards low greenhouse gas emissions and climate-resilient development.” This reflects a broadened focus, beyond the costs of climate impacts/adaptation and mitigation, to recognizing that both imply a structural shift of and, potentially, additional scale of, investment, that needs to engage the wider financial system. The IPCC 1.5C report estimated that 1.5^oC pathways would require *increased investment* of 0.5-1% of global GDP between now and 2050, which is up to 2.5% of global savings / investment over the period. The overall *shift of investment* from high to low carbon-intensive infrastructure would be 5.6–8.3 % of annual capital income for relevant sectors, illustrating climate-related finance as a macroeconomic issue. For developing and emerging economies SDG-compatible infrastructure investments in the most relevant sectors (energy, water, transport, agriculture & urban) are estimated to be around 4-5% of their GDP (World Bank 2019).

The parallel 2015 UN Addis Ababa Conference on Finance for Development, and its resulting Action Agenda, aims to ‘address the challenge of financing ... to end poverty and hunger, and to achieve sustainable development in its three dimensions through promoting inclusive economic growth, protecting the environment, and promoting social inclusion.

The international community agreed in 2015 through the Addis Ababa Action Agenda (AAAA) “to address the challenge of financing and creating an enabling environment at all levels for sustainable development” (AAAA, 2015). At COP16 in Cancun, countries “established the Green Climate Fund (GCF) “as an operating entity of the Financial Mechanism” under Article 11 of the UNFCCC to help finance the transition to a low-carbon economy. Advanced economies pledged \$100 billion a year by 2020, but so far, only \$5 billion have been committed. Confronting the problem of insufficient funding remains a challenge (Geels et al., 2017).

Assumptions in modelled scenarios point to multiple challenges around mobilization of funds at the required scale including establishment of favorable policy environments to reduce the cost of capital (CoC) for both mitigation and adaptation projects. The CoC remains an important barrier to increased flows, being especially high in developing countries (Buhr et al. 2018) where much of the infrastructure still needs to be built (Ivanova 2019). Modelled scenarios are usually based on globally uniform cost of capital, but implementation of observed regionally differentiated rates leads to an increased burden of mitigation on developed economies. A major challenge facing investors is the “tragedy of the horizon”, the contrast between short-termism in the financial sector and the long-term lens required to estimate impacts from climate scenarios. The fulfillment of the nationally determined contributions (NDCs) of the developing countries are linked to financial contributions from the green climate funds (on national and subnational level).

Equity is important for all Sustainable Development Goals (SDG), such as goals for no poverty, zero hunger, gender equality, affordable clean energy, reducing inequality, but also for climate action

(Goal 4 10). In addition to the public good nature of the environment (Hardin 1968) and free riding, equity issues are important reasons why it is difficult to reach a significant global agreement, as it is hard to agree on the optimal level of greenhouse gas mitigation (or emissions) and how mitigation should be distributed among countries (Kverndokk 2018). First, optimal emission reductions depend on ethical considerations. Examples follow from simulations made on integrated assessment models. As these models use different ethical parameters such as the time preference rate and the valuation of consumption between agents with different consumption levels (concavity of the utility function), they also produce different optimal mitigation (IPCC, 2018). Second, treaties that are considered unfair may be hard to implement. Lessons from case studies show that people may not accept a distribution that is considered unfair, even if there is a cost of not accepting (Ivanova et al., 2020). Such assessment indicates the importance of policy as a driver of change at multiple levels and across many actors, with potential for benefits as well as costs at many levels. Policies at multiple levels within nation-states remains important and national-level legislation may be particularly important to the credibility and long-term stability of policy to reduce the risks and hence cost of finance and for encouraging private sector innovation at scale.

A new scenario user that has emerged since the AR5 is the climate-related financial risk disclosure. The community was jump started by the creation of the Task force on Climate-related Financial Disclosure (TCFD) in 2016 by the Financial Stability Board (FSB). The TCFD monitors and makes recommendations about the global financial system particularly with regard to climate-related financial risk and disclosure. Scenarios are needed to provide the foundational information that allows banks, businesses and other financial institutions to evaluate the physical (climate impacts) and transactional (emissions mitigation policies) financial risks. Scenarios need to include global, regional and local climate change information. Scenarios also need to provide the impacts of policies and measures on market prices and demands for commodities. Users need to provide their own assessments regarding the likelihood of alternative scenarios.

SD is a core concept within global development policy and agenda. It provides a development paradigm as well as concept that calls for improving living standards without jeopardizing the earth's ecosystems or causing environmental challenges such as deforestation and water and air pollution that can result in problems such as climate change and extinction of species (Zia and Kauffman, 2018).

Looked at as an approach, SD is an approach to development which relates the concept to the organizing principle for meeting human development goals while at the same time sustaining the ability of natural systems to provide the natural resources and ecosystem services upon which the economy and society depend. Considered from this angle, SD aims at achieving social progress, environmental equilibrium and economic growth (Zhai and Chang, 2019). Exploring the demands of SD, Ivanova et al. (2020) emphasized the need to move away from harmful socio-economic activities and rather engage in activities with positive environmental, economic and social impacts.

It is argued that the relevance of SD deepens with the dawn of every day because the population keeps increasing but the natural resources available for the satisfaction of human needs and wants do not. Griggs et al. (2014) maintain that, conscious of this phenomenon, global concerns have always been expressed for judicious use of the available resources so that it will always be possible to satisfy the needs of the present generation without undermining the ability of future generations to satisfy theirs. It implies that SD is an effort at guaranteeing a balance among economic

growth, environmental integrity and social well-being. This reinforces the argument that, implicit in the concept of SD is intergenerational equity, which recognizes both short and the long-term implications of sustainability and SD (Rosser, 2010). This is achievable through the integration of economic, environmental, and social concerns in decision-making processes. However, it is common for people to treat sustainability and SD as analogues and synonyms but the two concepts are distinguishable. Sustainability is the goal or endpoint of a process called sustainable development (Gray, 2010).

3. Public sector funding and debt instruments: consideration for developing countries under COVID-19 recovery

3.1 Consideration on availability and effectiveness of public financing

Drivers of public spending and alignment of public spending with the Paris Agreement debt levels have significantly increased over the past years with current and expected climate change impacts further burdening debt sustainability. Consequently, a debate has started about the appropriateness of the use of debt instruments in the context of international climate cooperation. Major challenges exist with regard to a robust calculation of indebtedness levels, in particular, the effect of climate change on the future GDP on the one hand and the appropriate use of debt instruments in particular in the context of adaptation and disaster response on the other hand. The methodology of rating agencies underpins the complexity of defining sustainable debt levels. Maastricht Treaty ceilings (3% of GDP government deficit and 60% of GDP (gross) government debt) are somehow artificial hurdle rates not considering aspects like maturity profile, GDP outlook and sensitivities, investor mixes and loan/debt terms.

With long-term economic impacts of climate change being in the focus of the modelling community, the volatility of GDP in the short term driven by shocks, such as COVID-19, is more difficult to analyze and requires country-specific deep-dives. IPCC scenario data is often not sufficient to perform such analysis with additional assumptions being (Acevedo 2016). For debt sustainability analysis, these more short-term impacts are, however, a crucial driver with transparency being limited to the significance of climate-related revision of estimates. Moody's takes into account the effects of both long-term climate trends as well as short-term shocks (Lafakis et al., 2019). IMF considers a 20-year time horizon with effect for the next 5 years and the period beyond 5 years being forecasted separately. A bottom-up approach is taken with country teams being responsible for the development of forecasts with a non-standardized approach regarding climate change impacts (IEA, 2019). The limited transparency resulting from this approach might result in a continued overestimation of future GDP as happened in the past increasing the vulnerability of highly indebted countries (Guzman, 2016). While climate change considerations have already affected country ratings and debt sustainability assessments (and financing costs), it is unclear whether current GDP forecasts are conservative enough. The review of the IMF debt sustainability framework leads to a stronger focus on vulnerability rather than only income thresholds when deciding upon eligibility for

debt relief and/or concessional resources (Mitchell, 2015), which could become a mitigation factor for the challenge described before.

With public funds becoming scarcer, a preference for loan rather than grant instruments could emerge in international climate cooperation requiring robust debt sustainability analysis as well as loan structures ensuring efficient debt restructuring and debt relief in events of extreme shocks and imminent over-indebtedness and sovereign debt default. In this context, the Commonwealth Secretariat flagged that the diversification of the lender portfolio made debt restructuring more difficult with more and more heterogeneous stakeholders being involved. This is a side effect of a stronger use of capital markets, which need to be carefully considered in the context of sovereign bond issuances. The use of debt-for-nature and debt-for-climate-swaps is still very limited and not mainstreamed but offers significant potential if used correctly although donor countries appear more reluctant to engage in debt relief given own resource constraints (Mitchell, 2015). At the same time, the limitation of the use of debt-based instruments as a response to climate-related disasters and counter-cyclical loans might be necessary (Griffith-Jones and Tyson, 2010).

3.2 COVID -19 and the Debt Service Suspension Mechanism

Before Covid-19, the situation was already alarming. For low and middle income countries, 2018 marked a new peak of debt levels amounting to 51% of GDP; between 2010 and 2018, external debt payments as a percentage of government revenue grew by 83 per cent in low- and middle-income countries, from an average of 6.71 per cent in 2010 to an average of 12.56 per cent in 2018. Global debt, also record high in 2018 with 230% of global GDP; Non-concessional debt on average 55% of debt of low-income countries; 50% of IDA countries are at high risk of debt distress or already in debt distress. Crisis will become the worst recession since the Great Depression and far worse than the Global Financial Crisis (-3% GDP in 2020).

However, investors in sovereign loans are much more diversified than during HIPC negotiations (and even more compared to the Latin America debt crisis) which private sector investors playing a stronger role in both bonds and syndicated loans. Creditor coordination problems are analyzed as one of the dominating reasons for inefficiency in sovereign distress situations (Ghosal and Miller 2003).

Considering the need for responses to short-term liquidity issues due to the COVID emergency, and long-term fiscal space, current action is rather focused the liquidity issue. IMF provides debt service relief to 25 countries, 6 months debt service; World Bank considers the debt service suspension as powerful, fast-acting measure, G20 economies allow for a suspension of bilateral debt as of May 1, 2020. World Bank provides some additional resources: 160 USD bn over the next 15 months, thereof 50 USD bn grants and highly concessional loans (+80 USD bn from other MDBs) An initiative of G20 considers postponement of up to 12 USD bn of public external debt for 77 countries, four year window for repayment.

The Debt Service Suspension Initiative (DSSI) potentially covers 77 LDC/IDA countries. The final list of possible beneficiaries was reduced to 73, as four countries (Eritrea, Sudan, Syria and Zimbabwe) are excluded due to being in arrears with the IMF and/or World Bank. Of those, 40 countries had confirmed their participation in the DSSI. Among the 33 countries that had not to date requested participation in the initiative, 12 countries were at high risk of debt distress in November

2020, according to the World Bank and IMF joint debt sustainability analyses. Many countries not participating in DSSI argued that they fear negative reaction from capital markets. S&P, Moody's and Fitch have stated that a private creditor standstill would lead to a downgrade of sovereign ratings (Fresnillo, 2020). Rating agencies had flagged the negative outlooks for many of those countries before and current investors must have been well aware of the risk so that an exclusion.

If focus remains on short-term support, underlying problems (more structural nature) of many low-income countries cannot be addressed (Fresnillo, 2020). The more longer-term discussion is not yet as much on the agenda as it needs to be, except, at least in EU, some kind of (very controversial) discussion about common liability bonds in the context of the Covid-19 recovery.

In order to ensure fiscal space for climate action in the coming decade of post pandemic recovery, a mix between debt relief, deferrals of liabilities, extended debt levels and sustainable lending practices including new solidarity structures need to be considered in addition to higher levels of bi/multilateral lending to reduce dependency on capital markets and to bridge the availability of sustainably structured loans for highly vulnerable and indebted countries. More standardized debt-for-climate swap, a higher share of GDP linked bonds or structures ensuring (partial) debt cancellation in case countries are hit by physical climate change impacts/shocks appear possible. The collective action clause might be a good example of a loan/debt term which became market standard. Definition of triggers is likely the most complex challenge in this context.

Delayed disorderly debt restructuring usually comes at very high costs, so a more relaxed view on and more standardized procedures for defaults might be needed as well. Many developing countries are perceived to delay any discussions on debt restructuring. However, inefficiencies and negotiation delays due to government behavior have received much less attention in the literature and there is barely any empirical evidence on the success or duration of restructurings of sovereign debt (Trebesch, 2008). Pitchford and Wright (2007) find that both creditor holdouts and creditor's free riding on negotiation effort contribute to a delay in debt restructuring. Interestingly, however, they also conclude that a reduction in delays via policy measures such as CACs (collective action clauses) would not be welfare improving. The paper on debt renegotiation by Bi (2008) argues that delays can be beneficial in that both creditors and debtors can share a larger "cake" once the debtor country has recovered. For this reason, both sides can have an incentive to delay a settlement if output is below a critical threshold. In the field of corporate finance, one can also find interesting empirical evidence on these issues. Franks and Torous (1994) study 45 distressed exchanges and reorganizations and come to an opposing result with regard to the latter. It is a striking feature, particularly during the late 1980s and early 1990s, that negotiations were suspended at the same time as payments were suspended. Bi also noted that some governments have explicitly justified negotiation delays with the wish to achieve an economic recovery first. Government behavior and political instability appear far more important in explaining lengthy restructurings. The volume of IMF credits has no systematic influence on the speed of crisis resolution (Trebesch, 2008).

3.3 Higher public spending levels driven by the impacts of Covid-19

Higher levels of public funding represent a massive chance but also a substantial risk. The missing alignment of public funding and investment activity with the Paris Agreement and sustainable development targets will result in significant carbon lock-ins and stranded assets and thus increase transitional risks. Many policy trackers have been established to monitor this alignment and flag inconsistencies.

Climate action above all faces a global ‘commons’ problem, that is not easily amenable to independent local (national) actions alone, leading to the tragedy of the global commons without international coordination and cooperation. The 2015 Paris Agreement (UNFCCC 2015) is a hybrid of collective action (international commitments and monitoring), but with voluntary and nationally determined actions, provided or conditional upon financing availability for most developing countries. Fragmented moderate national actions lead to clearly unsustainable climate outcomes, but the possibility of staged accession with regional leadership among a few large players (front-runner coalitions such as EU and China or ‘climate clubs’) does better, although still falling short of averting a rise in temperatures of above a ‘safe’ 2°C and higher costs of mitigation actions than if coordinated globally (Kriegler et al., 2015). Country actions most often proceed unilaterally for domestic political and economic reasons (McGrath and Bernauer, 2017), but do worse when faced with free riding.

There is a problem, however, when we turn to climate finance. Discussing Theory of Change (TOC) options for climate finance, as if national borders do not matter and that climate finance, wherever sourced globally, and in whatever form raised, finds its way seamlessly to needs and opportunities across national borders. It turns out that finance in general, and climate finance, has a particularly large ‘home bias’. Over 80% of climate finance is reported to originate and stay within borders, and even higher for private climate flows (over 90%). There are multiple reasons for such ‘home bias’ in finance - national policy support, differences in regulatory standards, exchange rate, political and governance risks, information market failures and credit rating home bias - which we examine in Section 15.6.3. There is evidence that trade and investment integration, as in EU, reduces the extent of this home bias (Gehring and Schneider, 2018), but recent trends towards ‘trade and investment disintegration’, globally or regionally, would make matters worse. Moreover, even in case of supranational institutions (EU budgets, MDBs, development finance institutions), the nationality of decision-makers appear to shift allocations towards ‘home’ countries (Gehring and Schneider 2018) and strategic choices. Such extensive home bias means that even if national actions are announced and intended to be implemented unilaterally and voluntarily, the ability to implement them requires access to climate finance that are constrained by the relative ability of domestic financial and capital markets, and access to global capital markets that requires supporting institutional policies in source countries. Enabling public policies and actions locally (cities, states, countries and regions), to reduce investment risks and boost domestic climate capital markets financing, and to enlarge the pool of external climate financing sources with policy support from source capital countries thus matter at a general level.

The particular context, however, is that the biggest problem in climate finance is likely to be in developing countries, even in the presence of such enabling policies and quite apart from any other considerations such as equity and climate justice (Klinsky et al., 2017) or questions about the equitable allocations of future ‘climate budgets’ (Ivanova et al., 2020). The differentiation between

developed and developing countries matter most on financing. Most developed countries have already achieved very high levels of incomes, have the largest pool of capital stock and financial capital (which can be more easily redeployed within these countries given the 'home bias' of financial markets), the most well-developed financial markets and the highest sovereign credit-ratings, in addition to starting with very high levels of per capita carbon consumption - factors that should allow the fastest adjustment to low carbon investments and transition in these countries from domestic policies alone. Whether this is happening at a fast-enough rate there is a different question, relatively unconstrained by access to well-developed financial markets and public resources.

The financial and economic circumstances are the opposite for virtually all developing countries, even within a heterogeneity of circumstances across countries. The dilemma, however, is that the fastest rates of the expected increase in future carbon emissions are in developing countries. The biggest problem of climate finance globally is thus likely to be the constraints to climate financing because of the opportunity costs and relative under-development of capital markets and financing constraints (and costs) at home in developing countries, and the relative availability or absence of adequate financing policy support internationally from developed countries. The Paris Agreement and commitment by developed countries to support the climate financing needs of developing countries thus continue to matter a great deal.

Other topic of concern are the subnational governments (OECD, 2020). That's why it is important to introduce activate or reorient existing multi-level coordination bodies that bring together national and subnational government representatives to minimize the risk of a fragmented crisis response. Support cooperation across municipalities and regions to help minimize disjointed responses and competition for resources. Promote inter-regional or inter-municipal collaboration in procurement especially in emergencies. Promote the use of e-government tools and digital innovation to simplify, harmonize and accelerate procurement practices at subnational level.

The goal of the Sub-national Climate Fund Global (SnCF Global or the "Fund") is to catalyze long-term climate investment at the sub-national level for mitigation and adaptation solutions through a transformative financing model. The SnCF Global's business model is designed to attract primarily private institutional investment and to deliver certified climate and Sustainable Development impacts and Nature-based Solutions at global scale (SDGs, NbS). The subnational level is key: 70% of known climate solutions are located within the boundaries of subnational authorities. Significant additional investment is needed in this sector to achieve the climate goals of the Paris Agreement. The SnCF Global presents a positive disruptive solution on how subnational climate projects should be structured, de-risked, and funded by both private and public investors, while monitored and benchmarked at the highest level of rigor and quality (OECD, 2020).

If it is assumed then that there is a role for substantial international or global coordination to accelerate public and publicly supported or mobilized private climate finance flows to developing countries (the reason clearly why finance was added as a third goal in the 2015 Paris Agreement), then group strategic behavior, and its dynamics between nation-states become paramount. One useful analytic tool in this regard is game theory to inform choices about factors and conditions that might lead to successful outcomes on climate finance.

4. Analysis of some classical theories and models in the new reality

4.1 Competitive game model versus cooperative game model

There are two contrasting models. One is a competitive 'game' where nation-states primarily focus rationally about their own self-interests and then making decisions on how to behave (cooperate or free ride on the actions of others). Fortunately, this need not always be the case. Still, in a competitive climate finance coordination 'game', individual nation-states will always want to minimize their individual financial contributions to the group goal while hoping that others will contribute more - leading inevitably to a prisoner's dilemma where the group outcome (total climate finance contribution of all members) will be far less than a more socially optimal possibility where everyone would contribute more and the sum of the efforts would be of greater benefit to all in terms of a global public good such as global warming. All that is needed to arrive at this outcome are two assumptions: those nation-states value their individual self-interest more than the collective values one in terms of financial contributions, and second that the group cannot exercise any costs of non-compliance by any member to freeride or 'cheat' on their obligations.

In a cooperative game, with repeated interactions, the picture changes. Here the challenge is the collective action problem that not all members are necessarily equally committed to the group outcome (raising the maximum possible climate finance for developing countries given their circumstances) for a variety of possible reasons (limited public finances, political costs at home, other), and therefore, to prevent the consequences of freeriding by some (which if allowed to happen, may attract more 'defectors' or free-riders over time and lead to less than socially optimal outcomes), deterrence rules have to be devised. The twin problems with deterrence in a global climate outcome game are that: (a.) it is not possible to exclude any member from the benefits; and (b.) it is difficult or even impossible to enforce these rules, as in the case of the competitive game. What is possible in climate finance is, however, smaller initial coalitions or clubs (Nordhaus, 2015) with more cohesive and cooperative group selection of 'like-minded' members (Stua, 2017), with greater specific deterrence measures tied to access to climate finance benefits and (pre-) commitment rules of membership so that exit becomes costly (costs of leaving are greater than the costs of staying). Over time, the benefits of membership in this smaller climate finance group - faster access to climate finance, lower costs of financing, and reciprocal spillovers of higher growth and economic benefits of higher investments rates in climate investments in developing countries to source capital developed countries - may induce the membership to grow, so long as these benefits are demonstrable and the rules of membership are consolidated.

The key questions then are the initial membership selection (Ostrom, 2015) on which members and how many would bring greatest value to the group (the 'Shapley' value in game-theoretic terms (Shapley, 1953) which depends on attributes (of the contribution a member makes to the group), the rules of club membership (such as up-front financial commitments or pre-commitments clearly specified), and the costs of exit (cannot access preferential terms of financing or its derivatives). These are in fact also reasons that multi-lateral development banks (MDBs) came into existence and have operated successfully in expanding areas of development financing, which

now includes climate finance as key goals. However, the MDBs have multiple financing objectives not necessarily restricted to climate (diffusion), and have inherited their own priorities and governance structures which may not be fully compatible with the narrower goal of accelerating climate finance dramatically. In addition, the membership has become so broad that it may be difficult to establish new rules of the game - calling for a smaller, more cohesive climate finance North-South club and specific instruments, such as the large-scale use of multi-sovereign guarantees, and using 'shadow' price for social value of carbon mitigation action (SVMA) to determine the value of such guarantees (Pottier, 2018).

4.2 Efficient Financial Markets and Financial Regulation

An influential efficient financial markets hypothesis (Fama 1970, 1991) proceeds from the assumption that in well-developed financial markets, available information at any point of time is already well captured in capital markets with many participants. In addition, market participants rapidly absorb any new information (say, effects of fossil fuels on global warming and its downsides) and changing prices; therefore, public interventions can do little to improve the working of such financial markets and are not generally justified.

The efficient financial markets hypothesis is perhaps the most extensively tested model of capital markets. It was widely believed to be correct earlier but is now increasingly discredited (Sewell, 2011), especially by repeated episodes of very large and continuing global financial crashes and crises, and other widely noted anomalies (or irrationalities). However, the jury is still out on whether a weaker form of the efficient markets hypothesis still applies (that given enough time, investors cannot do better than the market, even if the latter makes short-term errors). Specifically turning to climate future, the rational markets hypothesis would argue that given enough time and information becoming credibly available, the market for climate finance would adjust on its own and start to increasingly provide the incentives for the scale and needs of climate finance. It is arguable from this point of view that as a cascade of more credible scientific information has been accumulating about the effects of global warming, it is being accompanied by rising levels of climate finance, such as global green bonds, while banks and institutional investors are also progressively rebalancing their investment portfolios away from fossil-fuels and towards rising portfolios of low-carbon investments as fastest-growing energy source until 2040, which however will not be sufficient (IEA, 2019; Monasterolo and Raberto, 2017).

However, the efficient markets hypothesis is only reliable in a weak form and almost certainly wrong in the extreme form (Fama 1991). In the meantime, the world runs the risk of sharp adjustments, crises and irreversible 'tipping points' that could be sufficiently dangerous to destabilize long-term climate outcomes. That leads to the policy prescription towards financial regulatory agencies requiring greater and swifter disclosure of information about rising climate risks faced by financial institutions in projects and portfolios and central bank attention to systemic climate risk problems as one possible route of policy action (Dietz et al. 2016). The reality is that in practice, market adjustment has so far been weak: disclosure requirements of risks and information in private settings remain mostly voluntary and difficult to implement (Monasterolo and Raberto, 2017), credit rating systems have paradoxically raised costs of borrowing for poor countries for

climate and non-climate financing (Buhr et al., 2018). At the same time, little has been done to alter the ground conditions for climate investment to shift decisively towards low-carbon investments in developed country markets, where there is no real differentiation except labelling and terminology yet between green bond markets and overall bond markets. The absolute volume of green bond markets (nearing 1 trillion USD cumulative) although rising remains small relative to the overall size of global bond markets (about 80 trillion USD), and there is as yet no significant rating changes evident for fossil-fuel companies and oil majors, other than coal, despite significantly rising risks of 'stranded assets' in fossil fuel sectors (Diaz-Rainey et al., 2017). The Efficient Market Hypothesis (EMH) suggests that prices incorporate all the available information at any point in time, yet as we show a systemic factor, the health risk, was not always rationally incorporated in stock prices. The Runs-tests confirm our assumption that the market was not efficient during the examined period. The reason for this inefficiency could be that something is missing from traditional finance models, such as the impact of fear of COVID-19. For this reason, we employ a *Coronavirus Fear Index* (CFI) based on Google searches and using Granger causality, we provide empirical evidence that the fear drives the S&P500 performance, and using a GARCH model, we show that the fear negatively influences the performance of the US stock market (Vasileiou, 2020).

Nevertheless, financial markets are innovating in search of solutions. They appear to be internalizing the increased scientific information now available on climate change risks, and the impacts already becoming evident on the ground. The pandemic risks are increasingly incorporated also (SARS, MERS, and now COVID-19). As a result, many more instruments of what is best termed as 'financial engineering' are being deployed to enable larger-scale long-lived low-carbon investments at individual project levels, as also at a more 'macro' level of sectors, cities and states (C40 Cities Climate Leadership Group et al., 2016). These include securitizing renewable energy to spread the risks beyond the reach of single investors, non-recourse project financing to protect sponsoring companies from debt risks (including establishing bankruptcy-protected companies), bundling construction financing, debt financing (bank term loans and bond market private placements), mezzanine financing (mezzanine debt, leasing, tax equity), pool financing (inverted leases, asset-backed securities (ABS), equity inflows through Real Estate Investment Trusts (REITs), master limited partnership (MLPs), yield cost (contracted cash-flows to secure debt), and the use of government guarantees to secure offtake risks and to generally de-risk projects and lower the cost of capital. Recognizing and dealing with stranded fossil-fuel assets is also a key area of growing concern that financial institutions are beginning to grapple with. Larger institutions with more patient capital (pensions, insurance) are also increasingly beginning to enter the financing of projects and green bond markets. The combined influence of these factors is that the size of innovative project innovation has grown rapidly, financing in effect the very rapid increases in clean energy, solar and wind projects, and starting to enter other sectors, especially the financing of transport and energy in cities in both developed and developing countries. Nevertheless, the scale has not been nearly enough to bridge the overall financing needs and gaps. The scarcity of 'bankable' or implementable projects of scale is also sometimes mentioned (C40 Cities Climate Leadership Group et al., 2016). Banga (2019) suggests that developing countries have lacking appropriate institutional arrangements, such as the conflicts of different organizational goals and policies, as well as the minimum size of green bonds, which requires a certain size of green projects to finance, and high transaction costs. Those

institutional and market barriers are obstructing the wider use of green bonds in developing countries.

The situation in developing countries is inherently more challenging because domestic financial markets are not well developed, and there are large currency, political, governance and other risks for cross-border private flows. The case for efficient financial markets in developing countries, which are expected to account for nearly two-thirds of financing needs for climate mitigation investments, is worse (Hong et al., 2019). This happens because of weaker financial institutions, heightened credit rationing behavior, high-risk aversion since most developing country markets are rated as junk or below investment grade or just barely above investment grade (barring exceptions of high savings countries, such as China). Other restrictions are the limited long-term financial instruments and underdeveloped domestic capital markets, absence of significant domestic bond markets for investments other than sovereign borrowing, inadequate term and tenor of financing, and other related financial constraints, which make the efficient markets thesis practically inapplicable and unviable for most countries and circumstances. Subnational governments' effort to de-risk might turn out negative and encourage privatization of public services (Gabor, 2019). More generally, the development of subnational capital markets and robust domestic financial systems is a priority but takes a very long period of institutional change and can be expected to work only in a limited number of fast-growing and high savings middle-income countries and regions. More proactive interventions, such as publicly organized and supported low-carbon infrastructures through resurrected national development banks may therefore be justified (OECD, 2020).

High investment risks tend to obstruct low-carbon investments, especially in LDCs and developing countries. It is important to implement effective de-risking measures to reduce investment risks, but lacking research and data availability hinders designing de-risking measures (Dietz et al., 2016). Also, the traditional risk financing mechanisms, such as solidarity and insurance, does not appropriately cover the long-term trend in weather-related disasters or climate change adaptation that can incur losses and damages on long-term investments. Especially in developing countries, traditional risk financing mechanisms often fail to cover extreme losses and climate adaptation, and the risks bearers with low financial resilience suffer severely from losses and are forced to give up their productive assets. In addition to the traditional risk financing, innovative risk financing mechanisms, such as index-based micro-insurance programs, catastrophe bonds and contingent credits, for disaster-risk management and climate change adaptation can be beneficial to enhancing financial resilience of risk bearers, especially the most vulnerable communities and their governments.

The financial market may follow the adaptive market hypothesis, instead of efficient market hypothesis. For example, the UK energy system satisfied the conditions for adaptive markets hypothesis that is based on evolutionary economics theory. The theory considers 'institutional and structural constraints, behavioral routines, and fundamental uncertainties.' In this sense, the range of climate policies for low-carbon investments may not be limited to providing subsidy and market mechanisms for supporting a rational return but expanded to changing agents' behaviors and overcoming structural constraints.

4.3 Markets: Public Theory, Finance, and Creative Destruction

The extension of the case for public policy to supporting new markets and the role of new entrepreneurship and finance has a long tradition, going back to Schumpeter (1934). The logic as applied increasingly in climate finance is that investments are not just about progressively enlarging the space of low-carbon investments but replacing one system (fossil fuels energy system) rapidly by another (low-carbon energy system), establishing a wave of 'creative destruction'. Normally, this might be expected to proceed without public policy intervention over a longer time when profit opportunities in older technologies are exhausted and replaced by newer ones. But the scale and urgency might force options of change to occur faster, supported by state policy because excessive financierization may be impeding the establishment of new investments (Jerneck, 2017), the presence of strong complementarities between Schumpeterian (technological) and Keynesian (demand-related) policies (Dosi et al., 2017) and to avoid the lock-in damages of long-lasting infrastructure investments using fossil-fuel technologies.

A literature review of the policy-induced technological choices for low-climate investment conducted for the European Commission (Mercure et al. 2016), concludes that all surveyed branches of macro-innovation theory (under different models) could be grouped into two principal classes: 'equilibrium - optimization' theories that treat innovators as rational perfectly informed agents and reaching equilibrium under market price signals; and the other 'non-equilibrium' theory where market choices are shaped by history and institutional forces and the role of public policy is to intervene in processes, given a historical context, to promote a better outcome or new economic trajectory. One implication of the latter is that new technologies might not find their way to the market without price or regulatory policies to reduce uncertainty on expected economic returns. However, the review suggests that more evidence is needed (for use in simulation models) about the conditions under which policies that promote low-carbon, capital-intensive investment in the place of conventional, less capital-intensive alternatives would divert financial resources and displace investment elsewhere (significantly) in the economy and whether the pool of financial resources available is large enough. A key issue is the perception of risk by investors and financial institutions and modelling the financial sector more adequately (in the simulation models). Some reviews of the role of the financial system in other studies suggest that a systemic approach using multiple instruments (cutting subsidies to fossil fuels, supporting clean energy innovation and diffusion, levelling the institutional playing field and making risks transparent) is key to redirecting private investment, whereas others suggest that a bigger systemic push may be needed in particular, the role of 'institutional innovation intermediaries' (Polzin, 2017).

The Schumpeterian three-stage process of invention, innovation and diffusion was unpacked for eight core countries in the European wind-sector by Lam et al. (2018). They suggest that public R&D support did not necessarily induce significant effects on invention (patents), there were large cross-border knowledge spillovers (impact of international patents) indicating that openness to trade was important, capacity expansion had positive effects on learning-by-doing on innovation over time, and that feed-in-tariffs (FITs), in particular, had positive impacts on technology diffusion. The FITs program - long-term (10 to 25 years) power purchase contracts with guaranteed grid-access and cost-based prices - more generally has been associated with rapid increase in early renewables capacity expansion across the world (in over 50 countries) by reducing market risks in

financing and stability in project revenues. However, with later rapidly rising fiscal costs of subsidies and rapid gains in technology driving generation close to grid-parity, has now increasingly halted or switched to alternative designs of more cost-effective public support, with greater differentiation (location, size, technology), performance-based systems, progressive cost-reductions given technology changes and increasingly, reverse auctions instead of baseline FITs (Lam et al., 2018). More complex policy questions are also now becoming evident on the design of public risk-reduction innovation and diffusion support as the size of renewables electricity generation expands, such as storage options and costs (including meeting peak demands with more rapid demand-sensitive fossil-fuels such as gas turbines as a complement), scarcity pricing, electricity grid-interconnectivity across borders, factors driving decline in costs by scaled production and adoption of new technologies in major global manufacturing centers, innovation and technology transfer in global value chains (Zhai and Chang 2017), and equilibrating the marginal social cost of different sources of renewable energy.

5. Final remarks

There is growing recognition that the just transition is the next step in climate action. Not only is there a principled need to connect climate action with questions of social justice, but there is also a powerful economic case. The just transition neatly connects the climate agenda with the regional imbalances and development imbalances on world level.

The awareness of the need for solidarity at moments of disruption has been further deepened by the experience of the COVID-19 crisis. Regardless of the approach, environmental and climate groups seem to agree that support for effective climate policy depends on more equitable processes, policies, and investments. "Just transition" policies are hence seen as an important course correction in this regard.

Developing countries have lacking appropriate institutional arrangements, such as the conflicts of different organizational goals and policies, as well as the minimum size of green bonds, which requires a certain size of green projects to finance, and high transaction costs. Those institutional and market barriers are obstructing the wider use of green bonds in developing countries.

The multilateral development banks (MDBs) have multiple financing objectives not necessarily restricted to climate (diffusion), and have inherited their own priorities and governance structures which may not be fully compatible with the narrower goal of accelerating climate finance dramatically, and its membership has become so broad that it may be difficult to establish new rules of the game - calling for a smaller, more cohesive climate finance North-South club and specific instruments, such as the large-scale use of multi-sovereign guarantees

Innovative financial products with increased transparency on climate risk can facilitate investor identification and eventual uptake of low carbon investments. Innovative products may not necessarily increase financial flows for climate solutions in the near term; however, they can help build capacity on climate risk and opportunities within institutions and companies to pave the way for increased flows over time.

Some orientations of the climate action financing in the post COVID-19 recovery should be the following: Introduce, activate or reorient existing multi-level coordination bodies that bring together national and subnational government representatives to minimize the risk of a fragmented crisis response.

Support cooperation across municipalities and regions to help minimize disjointed responses and competition for resources. Promote inter-regional or inter-municipal collaboration in procurement especially in emergencies. Promote the use of e-government tools and digital innovation to simplify, harmonize and accelerate procurement practices at subnational level.

It is necessary to strengthen international, national and subnational-level support to vulnerable groups to limit further deterioration in their circumstances and to strengthen inclusiveness, including by simplifying and facilitating access to support programs, ensuring well-targeted services, introducing adequate and/or innovative fiscal support schemes, and identifying the needs for revising fiscal equalization policies.

National and subnational governments should foster the cooperative measures regarding COVID-19's fiscal impact on subnational budgets using shared evidence and data and taking into account the differentiated impact of the crisis. Help subnational governments reduce the gap between decreasing revenues and increasing expenditures during the COVID-19 crisis to avoid underfunded and unfunded mandates and possible sharp cuts in subnational spending. Special grant schemes could help close these gaps.

The new reality is distorting some classical models and theories. The macro-innovation theory is performing as 'non-equilibrium' theory where market choices are shaped by history and institutional forces and the role of public policy is to intervene in processes, given a specific socio-economic context, to foster a better outcome or new economic trajectory. The cooperative game model is gaining place versus the competitive game model, although not all members are necessarily equally committed to the group outcome.

Finally, some widely accepted hypothesis, as the efficient financial markets must be revised, as it is performing more as adaptive market hypothesis, including COVID-19 (and other pandemic) fear indexes.

References

- [1] Acevedo, S. (2016). Gone with the Wind: Estimating Hurricane and Climate Change Costs in the Caribbean. 40 pp. <https://www.imf.org/en/Publications/WP/Issues/2016/12/31/Gone-with-the-Wind-Estimating-Hurricane-and-Climate-Change-Costs-in-the-Caribbean-44333>.
- [2] Addis Ababa Action Agenda (AAAA) (2015), http://www.un.org/esa/ffd/wpcontent/uploads/2015/08/AAAA_Outcome.pdf
- [3] Banga, J., (2019). The green bond market: a potential source of climate finance for developing countries. *J. Sustain. Financ. Invest.*, 9, 17–32, <https://doi.org/10.1080/20430795.2018.1498617>.
- [4] Bi, R. (2008). "Beneficial" Delays in Debt Restructuring Negotiations. IMF Working Papers, <https://www.imf.org/en/Publications/WP/Issues/2016/12/31/Beneficial-Delays-in-Debt-Restructuring-Negotiations-21693>

-
- [5] Buhr, B., U. Volz, C. Donovan, G. Kling, Y. Lo, V. Murinde, and N. Pullin. (2018). *Climate Change and the Cost of Capital in Developing Countries*. Imperial College London; SOAS University of London; UN Environment, 32 pp. <https://eprints.soas.ac.uk/26038/> (Accessed June 6, 2019).
- [6] C40 Cities Climate Leadership Group, Siemens, and City. (2016). *New Perspectives on Climate Finance for Cities Finance Solutions for New and Emerging Infrastructure Approaches to Urban Climate Mitigation and Adaptation*. 136 pp. http://sg.siemens.com/zdoc/corporatecommunications/new_perspectives_lr.pdf.
- [7] CSIS [Center for Strategic and International Studies] (2021). *Pathways for Just Transition*, https://justtransitioninitiative.org/wpcontent/uploads/2021/02/JTI_Pathways_Report_WEB.pdf
- [8] Diaz-Rainey, I., B. Robertson, and C. Wilson. (2017). Stranded research? Leading finance journals are silent on climate change. *Clim. Change*, 143, 243–260, <https://doi.org/10.1007/s10584-017-1985-1>.
- [9] Dietz, S., A. Bowen, C. Dixon, and P. Gradwell, (2016). ‘Climate value at risk’ of global financial assets. *Nat. Clim. Chang.*, 6, 676–679, <https://doi.org/10.1038/nclimate2972>.
- [10] Dosi, G., M. Napoletano, A. Roventini, and T. Treibich. (2017). Micro and macro policies in the Keynes+Schumpeter evolutionary models. *J. Evol. Econ.*, 27, 63–90, <https://doi.org/10.1007/s00191-016-0466-4>.
- [11] Fama, E. F. (1970). Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work. *J. Finance*, 25, 383, <https://doi.org/10.2307/2325486>.
- [12] Fama, E. F. (1991). Efficient Capital Markets: II. *J. Finance*, 46, 1575, <https://doi.org/10.2307/2328565>.
- [13] Franks, J. R., and W. N. Torous. (1994). A comparison of financial restructuring in distressed exchanges and chapter 11 reorganizations. *J. financ. econ.*, 35, 349–370.
- [14] Fresnillo, I. (2020). The G20 Debt Service Suspension Initiative: Draining out the Titanic with abucket?https://d3n8a8pro7vnm.cloudfront.net/eurodad/pages/768/attachments/original/1594831184/DSSIShadowReport_designedIF_mp_CLEAN.pdf?1594831184.
- [15] Gabor, D. (2019). *Securitization for Sustainability: Does it help achieve the Sustainable Development Goals?* 30 pp
- [16] Geels, B. F. W., B. Sovacool, T. Schwanen, and S. Sorrell. (2017). Sociotechnical transitions for deep decarbonization: Accelerating innovation is as important as climate policy. *Science* Vol. 357 (6357), pp. 1242–1244, <https://doi.org/10.1126/science.aao3760>.
- [17] Gehring, K., and S. A. Schneider. (2018). Towards the Greater Good? EU Commissioners’ Nationality and Budget Allocation in the European Union. *Am. Econ. J. Econ. Policy*, 10, 214–239, <https://doi.org/10.1257/pol.20160038>.
- [18] Ghosal, S., and M. Miller. (2003). Co-ordination Failure, Moral Hazard and Sovereign Bankruptcy Procedures. *Econ. J.*, 113, 276–304.
- [19] Gray, R. (2010.) Is accounting for sustainability actually accounting for sustainability...and how would we know? An exploration of narratives of organisations and the planet, *Accounting Organizations and Society* 35(1):47-62, DOI: 10.1080/0969160X.2011.556420
- [20] Griffith-Jones, S., and J. Tyson. (2010). Reform of the European Investment Bank: How to Upgrade the EIB’s Role in Development. 38 pp. [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2010/410213/EXPO-DEVE_ET\(2010\)410213_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2010/410213/EXPO-DEVE_ET(2010)410213_EN.pdf).
- [21] Griggs, D., Smith, M. S., Rockström, J., Öhman, M. C., Gaffney, O., Glaser, G. and P. Shyamsundar. (2014). An integrated framework for sustainable development goals. *Ecology and Society*, Vol. 19, Issue 4, pp.49-52. DOI: 10.5751/ES-07082-190449
- [22] Hardin, G. (1968) *The Tragedy of the Commons*, *Science*, Vol. 162, Issue 3859, pp. 1243-1248. DOI: 10.1126/science.162.3859.1243

- [23] Hong, H., F. W. Li, and J. Xu. (2019). Climate risks and market efficiency. *J. Econom.*, 208, 265–281, <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2018.09.015>.
- [24] IEA. (2020). *Global Energy Review 2020*, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2020>.
- [25] IEA (2019) *Energy Efficiency 2019*. <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2019>
- [26] IPCC. (2018). *Global Warming of 1.5 °C. An IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5 °C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change*. <http://www.ipcc.ch/report/sr15/>
- [27] Ivanova, A. (2019) “Green financing for cities: current options and future challenges”, Cap. 8 en (Delgado, G.C., ed.) *Climate Change-Sensitive Cities: Building capacities for urban resilience, sustainability, and equity*, PINCC-UNAM; E-ISBN: 978-607-02-9973-5, pp. 283-306.
- [28] Ivanova, A., Zía, A., Ahmad, P. & Bastos-Lima, M. (2020). *Climate mitigation policies and actions: access and allocation issues*. *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics*, DOI 10.1007/s 10784-020-09483-7
- [29] Ivanova, A.(2020). *Cuando acabe la pandemia, el cambio climático seguirá aquí*, en *Perspectivas de Transformación en Tiempos de Emergencia*, Cuadernos de Transformación, Friedrich Ebert Stiftung, pp. 91-95, <http://www.fes-transformacion.org> herentes a diferentes escalas para enfrentar la crisis climática.
- [30] Just Transition Declaration (2018). *Solidarity and Just Transition Silesia Declaration*. https://cop24.gov.pl/fileadmin/user_upload/Solidarity_and_Just_Transition_Silesia_Declaration_2_pdf
- [31] Klinsky, S., Roberts, T., Huq, S., Okereke, C., Newell, P., Dauvergne, P., O'Brien, K., Schroder, H., Tschakert, P., Clapp, J., Keck, M., Biermann, F., Liverman, D., Gupta, J., Rahman, A., Messner, D., Pellow, D. & Bauer, S. (2017). Why equity is fundamental in climate change policy research. *Glob. Environ. Chang.*, 44, 170–173, <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.08.002>.
- [32] Krieglner, E., J. P. Weyant, G. J. Blanford, V. Krey, L. Clarke, J. Edmonds, A. Fawcett, G. Luderer, K. Riahi, R. Richels, S. K. Rose, M. Tavoni & D. P. van Vuuren. (2015). Making or breaking climate targets: The AMPERE study on staged accession scenarios for climate policy. *Technol. Forecast. Soc. Change*, 90, 24–44, <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2013.09.021>.
- [33] Kverndokk, S. (2018). Climate Policies, Distributional Effects and Transfers Between Rich and Poor Countries, *International Review of Environmental and Resource Economics*, 12(2-3): 129-176.
- [34] Lafakis, C., L. Ratz, F. Emily, and M. Cosma, (2019). *The Economic Implications of Climate Change*. 15 pp. <https://www.moodysanalytics.com/-/media/article/2019/economic-implications-of-climate-change.pdf>.
- [35] Lam, L. T., L. Branstetter, and I. L. Azevedo. (2018). A sunny future: expert elicitation of China’s solar photovoltaic technologies. *Environ. Res. Lett.*, 13, 034038, <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aaab70>.
- [36] McGrath, L. F., and T. Bernauer. (2017). How strong is public support for unilateral climate policy and what drives it? *Wiley Interdiscip. Rev. Clim. Chang.*, 8, e484, <https://doi.org/10.1002/wcc.484>.
- [37] Mitchell, T. (2015). *Addressing the Financing and Debt Challenges of Commonwealth Small States*. 12 pp.
- [38] Nordhaus, W. (2015). Climate Clubs: Overcoming Free-riding in International Climate Policy. *Am. Econ. Rev.*, 105, 1339–1370, <https://doi.org/10.1257/aer.15000001>.
- [39] Mercure, J.-F., F. Knobloch, H. Pollitt, R. Lewney, K. Rademakers, L. Eichler, J. Van Der Laan, and L. Paroussos, (2016). Policy-induced energy technological innovation and finance for low-carbon economic growth. 78 pp. https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/ENER_Macro-Energy_Innovation_D2_Final_%28Ares_registered%29.pdf.

-
- [40] Monasterolo, I., and M. Raberto. (2017). Is There a Role for Central Banks in the Low-Carbon Transition? A Stock-Flow Consistent Modelling Approach. SSRN Electron. J., <https://doi.org/10.2139/ssrn.3075247>.
- [41] OECD (2020). The territorial impact of COVID-19: Managing the crisis across levels of Government.C:/Users/UABCS-28127/Documents/DESARROLLO/POST-COVID/OECD%20THE%20TERRITORIAL%20IMPACT%20OF%20COVID%20document.pdf
- [42] Ostrom, E. (2015). *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*. Reissue 23. Cambridge University Press, 294 pp.
- [43] Pitchford, R., and M. L. J. Wright. (2007). Restructuring the Sovereign Debt Restructuring Mechanism.
- [44] Polzin, F. (2017). Mobilizing private finance for low-carbon innovation – A systematic review of barriers and solutions. *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 77, 525–535, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.04.007>
- [45] Pottier, A. (2018). Social value of mitigation activities and forms of carbon pricing. *Int. Econ.*, 155, 8–18, <https://doi.org/10.1016/J.INTECO.2018.06.001>.
- [46] Rosser, J.B. (2010). "Post-Keynesian perspectives and complex ecologic-economic dynamics", James Madispon University 2010, cob.jmu.edu/rosserjb/Complex.Dyn,PKecon.doc.
- [47] Schumpeter, J. (1934). *The Theory of Economic Development – An Inquiry into Profits, Capital, Credit, Interest, and the Business Cycle*. University of Illinois at Urbana-Champaign's Academy for Entrepreneurial Leadership Historical Research Reference in Entrepreneurship,.
- [48] Sewell, M. (2011). History of the Efficient Market Hypothesis. RN, 11/04.
- [49] Shapley, L. (1953). A value of n-person games. RAND Corporation
- [50] Stua, M. (2017). *From the Paris agreement to a low-carbon bretton woods: Rationale for the establishment of a mitigation alliance*. Springer International Publishing,
- [51] Trebesch, C., (2008). Delays in Sovereign Debt Restructurings. Should we really blame the creditors? <http://hdl.handle.net/10419/39906>.
- [52] UNFCCC (2015). Paris Agreement, https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf
- [53] World Bank. (2019). *Boosting Financial Resilience to Disaster Shocks: good practices and new frontiers*. World Bank Technical Contribution to the 2019 G20 Finance Ministers' and Central Bank Governors' Process,
- [54] Zia, A. and Kauffman, S. (2018). The Limits of Predictability in Predefining Phase Spaces of Dynamic Social Ecological Systems: "Command and Control" Versus "Complex Systems" Based Policy Design Approaches to Conserve Tropical Forests. *Journal of Policy and Complex Systems*. 4(2). doi: 10.18278/jpcs.4.2.9
- [55] Zhai, T. T., & Chang, Y. C. (2019). Standing of environmental public-interest litigants in China: Evolution, obstacles and solutions. *Journal of Environmental Law*, 30, 369–397. doi:10.1093/jel/eqy011

Estimación bayesiana del modelo de difusión con saltos de Merton

Miguel Antonio Alba Suarez¹ - Universidad Santo Tomás, Colombia

Miguel Ángel Alba Acosta - Universität Potsdam, Alemania

David Camilo Alba Acosta - Universidad Santo Tomás, Colombia

Resumen

En la literatura existen diferentes aportes en la forma como se puede identificar la evolución de los derivados financieros vía precios de los activos subyacentes. El Modelo de Difusión con Saltos de Merton (MDSM) es una de las referencias más importantes para modelar la dinámica estocástica de los rendimientos de los activos en comparación con el modelo de Black y Scholes (B&S). El objetivo principal de este trabajo es realizar un análisis comparativo entre el MDSM y el B&S desde un enfoque bayesiano utilizando métodos Markov-Chain-Monte-Carlo (MCMC).

Las simulaciones aplicadas al registro diario de algunas de las principales acciones que conforman el índice NASDAQ evidenciaron la superioridad en ajuste del MDSM sobre los rendimientos financieros vía MCMC. Algunas recomendaciones y limitaciones de esta investigación surgen en la propuesta adecuada para los valores usados como parámetros para las distribuciones a priori previas a la estimación de las distribuciones posterior para cada parámetro de cada modelo.

El mayor aporte dentro del marco estadístico de esta investigación es ilustrar la efectividad los métodos MCMC para MDSM en yuxtaposición a B&S.

Clasificación JEL: B23, C15, C53, F37, G13.

Palabras clave: Modelo de Difusión con saltos de Merton (MDSM), estadística bayesiana, MCMC, Modelo de Black & Scholes (B&S), procesos estocásticos.

On the Bayesian Estimation of Merton's Jump Diffusion Model

Abstract

In the literature there are different contributions on how to identify the evolution of financial derivatives via underlying asset prices. The Jump-diffusion-Merton's model (JDMM) is one of the most important references to model the stochastic dynamics of asset returns in comparison with the Black and Scholes (B&S) model. The main objective of this paper is to perform a comparative analysis between the JDMM and the B&S from a Bayesian approach using Markov-Chain-Monte-Carlo (MCMC) methods.

Simulations applied to the daily log of some of the main stocks that make up the NASDAQ index evidenced the superiority in goodness of fit of the JDMM over financial returns via MCMC. Some recommendations and limitations of this research arise in the appropriate proposal for the values used as parameters for the prior distributions used before estimating the posterior distributions for each parameter of each model.

The major contribution within the statistical framework of this research is illustrating the effectiveness of the MCMC methods for the JDMM in juxtaposition to B&S.

JEL Classification: C61, C63, G12, G17, G14.

Keywords: Merton's jump diffusion model (JDMM), Bayesian statistics, MCMC, Black & Scholes (B&S) model, stochastic processes.

¹ Autor de correspondencia. Email: miguelalba@usantotomas.edu.co
Facultad de Negocios Internacionales, Universidad Santo Tomás, Colombia

*Sin fuente de financiamiento para el desarrollo de la investigación



1. Introducción

En el mundo de los derivados financieros, uno de los productos más demandados en el mercado son las opciones, que tienen la característica de ser contratos que dan el derecho a su propietario de comprar o vender un activo denominado subyacente en un tiempo determinado.

En el ejercicio de valorar las opciones, la literatura ha contado con diferentes modelos entre los que se destacan: B&S (1973), Heston (1993), Duan (1995), Binomial (1979) y el modelo de Difusión con saltos de Merton (1975).

B&S es uno de los modelos más utilizados por el mercado; sin embargo, este se caracteriza por ser un proceso determinista, es decir, no tiene la particularidad de explicar el precio de las opciones a explosiones abruptas generadas por una volatilidad ininterrumpida. Ante esta situación, surge el modelo Merton, el cual se caracteriza en explicitar los cambios abruptos denominados “saltos” que se pueden presentar en un momento determinado, originado o causado por la volatilidad vía escenarios de comportamiento mixto vía caídas y subidas repentinas. Usualmente este modelo descrito es usado, cuando los rendimientos subyacentes son discontinuos (Merton, 1976); y por esta razón, es también considerado en la literatura y en el mercado, como un instrumento para resolver problemas cuando se presentan “colas pesadas” en las distribuciones de los rendimientos.

En general, los modelos de difusión con saltos han sido una herramienta con gran aplicabilidad por parte del sistema financiero; en estos modelos, el proceso que siguen los precios resulta ser un movimiento browniano, y la probabilidad de movimientos en las acciones en grandes intervalos en el corto plazo resulta ser pequeña, debido a que los precios a corto plazo en las opciones “out of the money” son mucho más pequeños de lo que se observa en los mercados. Asimismo, si los precios de las opciones en acciones se les permite un salto incluso cuando el vencimiento de estas se da en el corto plazo, existe una probabilidad que después de este cambio las opciones estén “in the money”.

En cuanto a las operaciones de derivados, se pueden incluir uno o más instrumentos con el fin de realizar operaciones de cubrimiento en todo el mercado; sin embargo, es necesario identificar que la presencia de saltos en los precios en el mercado no permite un perfecto cubrimiento, y las opciones permiten de alguna manera a los agentes cubrirse frente a situaciones adversas mitigando el riesgo, que no puede ser cubierto con un solo activo subyacente (Venegas-Martínez, 2008).

Desde una perspectiva de la gestión de riesgo, se ha corroborado que el uso de modelos de saltos es importante, ya que, su uso permite observar el riesgo del precio de los movimientos accionarios en pequeños intervalos de tiempo, los cuales no son previsible en la llamada difusión (Tankov & Voltchkova, 1992); por lo tanto, teniendo en cuenta el método de preservación del capital (CPPI) se observa que, al tomar desde el punto de vista matemático una proporción x_t del riesgo del activo en el portafolio como $x_t = m \frac{V_t - F_t}{V_t}$, siendo V_t el valor del portafolio, F_t el valor mínimo que puede tener este m un multiplicador, si el valor del portafolio tiende al valor mínimo F_t el riesgo se minimiza. En ese sentido, teniendo un modelo continuo, los portafolios nunca tenderán a este valor mínimo representado, y al tener una constante de multiplicación amplia se puede minimizar el riesgo; sin embargo, el riesgo en la mayoría de las situaciones se expresa con saltos esporádicos que aumentan la probabilidad que el inversionista ante un cambio brusco vía la tendencia baja para el

activo no pueda tener la oportunidad de diversificar sus inversiones antes de llegar al valor mínimo de la cartera.

De acuerdo con lo anterior, MDSM en la literatura es considerado como una de las metodologías de estimación más precisa para identificar y representar la dinámica estocástica de los precios cuando se presentan variaciones bruscas en los rendimientos (Castillo, 2009).

Desde el punto de vista de la estimación clásica para MDSM su ejecución resulta como una mixtura de normales producto de la distribución de los rendimientos de los activos. En ese sentido, cuando se examina el mercado que se caracteriza en muchas ocasiones por contar con casos de mayor complejidad, se requiere en la lectura de MDSM un número considerable de saltos lo que dificulta la estimación debido a la función de verosimilitud cuya característica principal es ser multimodal. Bajo esa óptica desde la lectura clásica, la magnitud de los saltos es tratada como una constante en el modelo.

Cabe de igual manera resaltar, que, a pesar de la volatilidad del mercado, así como las restricciones que se pueden generar, las estimaciones de MDSM logran superar las estimaciones de B&S; no obstante, la estimación bayesiana por medio de los algoritmos de “**Markov Chain Monte Carlo (MCMC)**” puede ser una solución mediática a estos problemas.

Conforme a lo explicitado, la construcción de los algoritmos de simulación vía Markov Chain Monte Carlo (MCMC) permite generar muestras de una distribución *a posteriori* a partir de una *a priori* y una verosimilitud dada. La noción de las cadenas de Markov se fundamenta en que cada valor generado depende del valor simulado inmediatamente anterior (Conchi, 2012), y, por otro lado, Monte Carlo se caracteriza por aproximar expresiones que se dificultan calcular analíticamente recolectando muestras, para el cómputo de aproximaciones, por medio de estimadores empíricos como lo son: la media de los datos.

La ventaja de estas técnicas de estimación descritas es poder expresar el precio final de una opción en términos de la expectativa del precio generado por el modelo sobre las distribuciones de los parámetros. Algunos autores como Gupta y Reisinger (2012) asumen que los modelos financieros pueden ser calibrados mediante la estimación bayesiana para los modelos de valoración de opciones, la cual, la convierte en una herramienta para generar una metodología consistente en la obtención de distribuciones *a posteriori* de los precios de ellas en el mercado. Asimismo, es necesario circunscribir que el comportamiento de los precios y rendimientos de los activos financieros subyacentes de las opciones se da por la hipótesis del mercado eficiente.

Es importante de igual manera resaltar que, el mercado es afectado por diferentes fundamentales que influyen necesariamente en el precio de los activos, los cuales en muchas ocasiones son externalidades que inciden en el comportamiento numérico de los mismos. Ante esta realidad, el modelamiento matemático y estadístico surge como respuesta para comprender y entender la volatilidad como los saltos, y dar una aproximación de lo que está sucediendo en el mercado con supuestos que simplifiquen las influencias exógenas a las series financieras propiamente dichas. Se puede entender en este contexto, que la aleatoriedad de un activo financiero se debe al comportamiento histórico reflejado en el tiempo presente, y a la respuesta que puede generar el mercado nuevas informaciones sobre el comportamiento del activo.

En general MDSM es una extensión de B&S; y por lo tanto, se considera que los procesos difusos capturan la volatilidad generada por distintas actividades de *trading*, y que los saltos capturan los componentes más significativos en los cambios de los precios de los activos debido a

nueva información; estos saltos generan asimetría y curtosis en los rendimientos de los precios (Tunaru & Zheng, 2017).

Lo explicitado anteriormente, de alguna manera reafirma que, las propiedades markovianas de las series financieras al no contar con ningún tipo de memoria, permiten la implementación de modelos independientes al comportamiento pasado, y al modelamiento de nuevas informaciones que afecte el precio del activo (Fathaleden Asiri, 2018).

Adicionalmente, el presente trabajo evidencia e ilustra los supuestos y consideraciones sobre la evolución del precio de los activos subyacentes con base en los modelos B&S y MDSM, utilizando metodologías de carácter bayesiano, así como propuestas sobre las distribuciones *a priori* asociadas al espacio de parámetros sobre la distribución de los procesos estocásticos vinculados a ambos modelos.

Finalmente, para la realización de los cálculos se utilizó el software R y la base de datos de Bloomberg. Las acciones que fueron objeto de estudio pertenecen al índice accionario NASDAQ, y el marco temporal de estudio fue el 23 de mayo de 2014 al 23 de junio de 2021.

2. Definición teórica de MDSM

Para hablar sobre el MDSM es necesario tener en cuenta algunas consideraciones matemáticas para su definición; en ese aspecto, la parte de difusión hace referencia al proceso estocástico de movimiento browniano que siguen los precios de las opciones. En este sentido, un proceso estocástico, es un modelo matemático que permite capturar el comportamiento ininterrumpido en un tiempo de determinado suceso o magnitud aleatoria con determinado espacio muestral.

En general, una sucesión de eventos aleatorios que se desarrolla en un transcurso de tiempo se le denomina proceso estocástico, es decir, la evolución de una variable aleatoria en determinado tiempo, inclusive en lapsos reducidos y de manera continua. La expresión matemática de los eventos aleatorios se puede explicitar de la siguiente manera:

$$X = \{X(t), t \in T\} \tag{1}$$

donde X es una colección de variables aleatorias, lo que quiere decir que para cada t en el índice T existe $X(t)$ es una variable aleatoria. A menudo se expresa t como la periodicidad y $X(t)$ como el estado del proceso en el tiempo t (Ross, 1996). En el caso de que el estado $X(t + 1)$ dependa de $X(t)$, se le conoce como un proceso de Markov, y se usa en períodos sucesivos donde no hay certeza del estado en un momento cualquiera.

En el caso del precio de las opciones, estas se caracterizan por seguir un proceso estocástico llamado "Movimiento Geométrico Browniano (MGB)", el cual consiste, en mostrar la relación entre los precios actuales para el activo, y los posibles valores que pueden tomar en el futuro. El movimiento browniano es un objeto familiar para cada operador de opciones desde la aparición de B&S (Tankov & Voltchkova, 1992).

Siguiendo con el MDSM en lo que concierne a los "saltos", hace referencia al proceso Poisson, el cual, se puede definir como una secuencia de variables exponenciales independientes $\{\theta_i\}_{i \geq 1}$ con un parámetro μ y $T_n = \sum_{i=1}^n \theta_i$, entonces el proceso

$$N_t = \sum_{n \geq 1} \mathbf{1}_{t \geq T_n} \quad (2)$$

Se le considera como un proceso Poisson con parámetro μ . En general las trayectorias del proceso Poisson son constantes a trozos y con saltos de uno en los tiempos T_i , y cada espacio entre los tiempos se distribuye de manera exponencial. Lo anterior, implica que, para cada $t > 0$ la variable aleatoria N_t se distribuya Poisson con parámetro μt . Este proceso guarda con el MGB la particularidad de estacionariedad en los incrementos, es decir que, para cada tiempo mayor a otro, el incremento en la variable aleatoria N_t en ambos tiempos es independiente de la historia del proceso hasta el tiempo mayor a t . Los procesos con intendencia y estacionariedad se les considera como procesos de Lévy.

En la aplicación financiera usualmente es raro encontrar un solo salto posible en procesos que se tienen; por lo tanto, se debe utilizar una generalización del proceso Poisson llamado “Proceso Poisson Compuesto (PPC)”, en el cual, los intervalos entre los saltos periódicos se componen exponencialmente, y cada salto puede tener una distribución arbitraria.

Sea A un proceso Poisson con un parámetro μ , entonces:

$$X_t = \sum_{i=1}^{N_t} Y_i \quad (3)$$

donde $\{Y_i\}_{i \geq 1}$ es una secuencia de variables aleatorias; a X_t se le conoce como PPC donde sus saltos son aleatorios y sus incrementos son independientes y estacionarios. La ley que gobierna el proceso en el tiempo t no es explícita, pero su función característica tiene la siguiente forma:

$$E(e^{iuX_t}) = \exp \left\{ t\mu \int_{-\infty}^{\infty} (e^{iux} - 1) f(dx) \right\} \quad (4)$$

donde la función característica tiene un rol importante en los procesos de difusión y saltos por su forma explícita del proceso.

En cuanto a los procesos de difusión con saltos y Lévy se puede afirmar lo siguiente: al combinar el MGB con una parte de los procesos de Poisson, se genera un proceso, donde los saltos tienen una evolución aleatoria entre los intervalos de tiempo como se muestra a continuación:

$$X_t = \alpha t + \sigma B_t + \sum_{i=1}^{N_t} Y_i \quad (5)$$

Y en donde, el modelo mejor conocido es el de Merton, en el cual, cada precio se puede expresar como $S_t = S_0 e^{X_t}$ con saltos Y_t normales. Al final la forma general para representar los procesos de levy $X_t = \alpha t + \sigma B_t + Z_t$, donde Z_t es el proceso encargado de provocar los saltos.

Al ser los rendimientos de los precios de las opciones calculados como $r_t = \ln \left(\frac{P_t}{P_{t-1}} \right)$, los precios de los subyacentes son tratados con procesos de levy exponenciales para asegurar

independencia y estacionaridad en los rendimientos. En este caso los saltos difusos corresponden a la siguiente expresión:

$$S_t = S_0 \cdot \exp \left\{ \alpha t + \sigma B_t + \sum_{i=1}^{N_t} Y_i \right\} \quad (6)$$

En donde los procesos tienden a ser un MGB después de cada salto, al ser valoración de opción se añade la tasa de interés en la definición del modelo de levy como $S_t = S_0 \cdot \exp\{r_t + X_t\}$. Según Tankov & Voltchkova (1992) este modelo puede ser considerado como una generalización de B&S teniendo en cuenta la siguiente diferenciación:

$$\frac{\partial S_t}{S_t^{(j)}} = \tilde{\alpha} dt + \sigma dB_t + dI_t \quad (7)$$

Donde I_t es un proceso Poisson compuesto y $S_t^{(j)}$ corresponde donde el salto fue realizado. Una serie de anotaciones realizadas por Tankov & Voltchkova (1992) describen que los modelos conformados por los procesos de levy resultan insuficientes en algunos casos debido a los incrementos estacionarios de los rendimientos de los activos al tener un horizonte de precios estático y a su vez la dependencia de los estados de X_t dado el horizonte de tiempo con momentos previamente definidos, los cuales en ocasiones no coinciden con la dependencia temporal de las observaciones. Una solución ilustrada es la combinación de modelos con saltos que guarden la volatilidad estocástica.

2.1 Modelo de Difusión con saltos de Merton (MDSM)

Una importante propiedad de B&S, radica en no involucrar de manera directa en sus parámetros, el riesgo provocado por las preferencias de los inversionistas, por lo que se considera que este hace suposiciones neutrales frente al riesgo. En este modelo, el parámetro asociado a la volatilidad se asume como constante; sin embargo, diferentes análisis empíricos han demostrado que la volatilidad implícita de los activos tiende a variar con la fecha de maduración del activo y su precio strike (Gugole, 2016).

MDSM resulta como una extensión de la noción propuesta anteriormente por el de B&S con la inclusión de saltos discretos en la definición de un movimiento browniano. En este proceso, el intervalo de llegada de los saltos sigue las propiedades del proceso compuesto de Poisson (intervalos exponenciales y saltos periódicos de manera normal).

2.2 Modelo de Black y Scholes (B&S)

B&S es el modelo matemático para la valoración de opciones creado en el siglo XIX, cuando el científico Robert Brown, después de ver que movimientos del polen en el agua describían un movimiento particular (movimiento browniano), esta clase de movimiento es usado en la

matemática para describir y modelar comportamientos aleatorios; su descubrimiento permitió cimentar las bases del cálculo estocástico donde se definen tasas de variación o cambio en donde uno o más términos en las funciones tiene un componente aleatorio y puede ser descrito por medio de la probabilidad.

B&S tomaron dos aproximaciones para hallar los precios de las opciones: la primera utiliza el modelo (Capital Asset Pricing Theory), y la otra utiliza el cálculo estocástico y la ecuación de difusión de calor con un cambio de variables. La solución propuesta a través del cálculo estocástico fue la realización de una ecuación diferencial que fue resuelta eventualmente a su proposición después de que encontraran que las propiedades del movimiento del calor, al pasar por un objeto, gozaban la misma particularidad que la valoración de los precios con su ecuación (Merton & Venegas-Martínez, 2021).

En general la valoración de opciones “call” con B&S puede escribirse con cinco variables:

- S : Precio del subyacente en el mercado
- K : Precio de ejercicio (Strike)
- t : Tiempo (americana, en principio o en cualquier momento), (europea al final)
- C : Precio (Prima) de la opción
- r : Tasa libre de riesgo correspondiente al tiempo de vida de la opción
- σ : La volatilidad o varianza correspondiente del logaritmo del precio de la acción, desviación estándar.

$$C = f(S, K, t, \sigma, r) \quad (8)$$

En general B&S cuenta con las siguientes particularidades:

- El subyacente es una acción que no paga dividendos durante la vida del contrato
- El precio del subyacente se comporta como un MGB, es decir los precios siguen una distribución lognormal y los rendimientos una distribución normal.
- Las ventas en corto activo subyacente están permitidas
- No hay costos de transacción
- Existe un mercado de crédito donde se puede prestar o pedir prestado a una tasa libre de riesgo.
- La información es simétrica

La anterior descripción del modelo permite que sea posible escribirlo de la siguiente manera:

$$C = S \cdot \Phi(d_1) - ke^{-rt} \cdot \Phi(d_2) \quad (9)$$

Donde

$$= \frac{\ln(S/K) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)t}{\sigma\sqrt{t}}$$

$$d_2 = \frac{\ln(S/K) + \left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right)t}{\sigma\sqrt{t}} \quad (10)$$

Donde $\Phi(d_1)$ y $\Phi(d_2)$, son distribuciones normales acumuladas.

En B&S el precio evoluciona conforme a la siguiente ecuación estocástica (SDE) mencionada previamente:

$$\begin{cases} S_{t=0} = S_0 > 0 \\ dS_t = \mu S_t dt + \sigma S_t dW_t \end{cases} \quad (11)$$

Donde $W_t, t \in \mathbb{R}_+$, es llamado como un proceso Wiener o la versión estándar de un movimiento browniano (Gugole, 2016). El término $\mu S_t dt$ es conocido como parámetro de tendencia y conforma la parte determinística del proceso, en cuanto al término $\sigma S_t dW_t$ es propuesto para dar una descripción del precio de la acción y la volatilidad es usada para controlar el tamaño de las fluctuaciones del precio (estocasticidad).

Se puede resolver la ecuación diferencial estocástica (SDE) planteada por medio de la siguiente solución:

$$S_t = S_0 \cdot \exp\left(\sigma W_t + \left(\mu - \frac{\sigma}{2}\right)t\right) \quad (12)$$

Donde S_t es lognormal para $t > 0$, y S se puede describir como un proceso de markov. De esta manera tenemos que:

$$\ln(S_t) = \ln(S_0) + \sigma W_t + \left(\mu - \frac{\sigma}{2}\right)t \quad (13)$$

Esta expresión resulta mas cómoda para la estimación del precio de las opciones en cuanto a la computación, y permite identificar que el logaritmo de los rendimientos se comporta de manera normal.

$$\ln\left(\frac{S_t}{S_0}\right) \sim N\left(\left(\mu - \frac{\sigma}{2}\right)t, \sigma^2 t\right) \quad (14)$$

(Gugole, 2016).

En cuanto al MDSM la similitud con la anterior ecuación diferencial estocástica se puede definir como:

$$dS_t = (\mu - \lambda k)S_t dt + \sigma S_t dW_t + S_t dP_t \quad (15)$$

Donde P_t , es un proceso Poisson compuesto con una tasa λ (parámetro de intensidad), este proceso puede escribirse también como $P_t = \sum_{i=1}^{N_t} (Y_i - 1), 0 \leq t \leq T$. P_t, Y_i, N_t , son variables

independientes. En la solución de la SDE definida sobre la dinámica del activo, $V_i = \ln(Y_i)$ se distribuye normal con media y varianza m, δ^2 respectivamente y $k = \mathbb{E}[Y_i - 1] = \exp\left\{m + \frac{\delta^2}{2}\right\} - 1$. Se asume particularmente que las variables V_i son independientes debido a que el precio asociado con cada salto sucede de manera aleatorio a un tiempo mayor a 0; cabe resaltar que otros investigadores parte de la idea de asumir a V_i como doble exponencial diferente al supuesto de normalidad idealizado por Merton (Kou, 2008).

Conforme a la ecuación y descripción descrita anteriormente, la solución a esta SDE se presenta como:

$$S_t = S_0 \cdot \exp\left\{\sigma W_t + \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} - \lambda k\right)t\right\} \prod_{i=1}^{N_t} Y_i \quad (16)$$

Teniendo en cuenta $V_i = \ln(Y_i) \sim N(m, \delta^2)$ se tiene que:

$$X_t = \ln\left(\frac{S_t}{S_0}\right) = \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} - \lambda k\right)t + \sigma W_t + \sum_{i=1}^{N_t} V_i \quad (17)$$

Donde los procesos W, N y la variable aleatoria V_i son mutualmente independientes. Una manera posible para encontrar la distribución para X_t , se debe tener en cuenta la discretización planteada por (Khaldi, Djeddour, & Meddahi, 2014) sobre el intervalo $(t, t + \Delta)$ es:

$$\Delta X_t = \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} - \lambda k\right)\Delta + \sigma \Delta W_t + \sum_{i=1}^{\Delta N_t} V_i \quad (18)$$

Donde la distribución ΔX_t se puede expresar como una ponderación entre densidades normales y la probabilidad de que i saltos ocurran (condición de los rendimientos sobre el evento $\{N_t = i\}$, lo que con $\Delta = 1$ conlleva a la siguiente expresión:

$$X_t = \left(\frac{S_t}{S_0}\right) \sim N\left(\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} - \lambda k\right)t + im, \sigma^2 t + i\delta^2\right) \quad (19)$$

La densidad de probabilidad para ΔX_t tiene la siguiente forma:

$$P(\Delta X_t) = f(x) = \sum_{i=1}^{\infty} \frac{(\lambda \Delta)^i}{i!} e^{-\lambda \Delta} \cdot \left[\frac{1}{\sqrt{2\pi(\sigma^2 \Delta + i\delta^2)}} \exp\left(-\frac{\left(x - \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} - \lambda k\right)\Delta - im\right)^2}{2(\sigma^2 \Delta + i\delta^2)}\right) \right] \quad (20)$$

Se puede notar que si $\theta = 0, \Delta = 1$, los saltos resultan ser simétricos y la distribución permite una mejor deducción para la estimación de los parámetros por el método de momentos como en el caso de (Khaldi, Djeddour, & Meddahi, 2014).

En cuanto al logaritmo natural de los precios, se puede encontrar de la siguiente forma analítica:

$$\ln(S_t) = \ln(S_0) + \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} - \lambda k \right) t + \sigma W_t + \sum_{i=1}^{N_t} V_i \quad (21)$$

Donde la densidad de probabilidad del logaritmo de los precios es:

$$P(\ln(S_t)) = \sum_{i=1}^{\infty} P(N_t = i) P(\ln(S_t) | N_t = i) \quad (22)$$

Donde $P(N_t = i)$ es la probabilidad de salto en el precio del activo i veces durante un intervalo t . $P(\ln(S_t) | N_t = i)$ la distribución condicionada de $\ln(S_t)$ dada la probabilidad de los saltos. En ese sentido, la densidad de $\ln(S_t)$ sería la siguiente:

$$P(\ln(S_t)) = \sum_{i=1}^{\infty} \frac{(\lambda t)^i}{i!} e^{-\lambda t} \cdot N \left(\ln(S_0) + \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} - \lambda k \right) t + im, \sigma^2 t + i\delta^2 \right) \quad (23)$$

La distribución citada es importante en cuanto a la disposición de los parámetros necesarios para modelar las series de tiempo -la estimación en el espacio de parámetros $\Theta = \{\lambda, \sigma, \delta, m\}$, los cuales, se puede lograr mediante máxima verosimilitud, estimación por momentos, estimación por PT (Passage Time) (Khaldi, Djeddour, & Meddahi, 2014), y metodologías bayesianas (Tunaru & Zheng, 2017)-.

Los supuestos descritos anteriormente, permiten la flexibilidad suficiente para realizar estimaciones bayesianas sobre los parámetros del modelo, ya que como bien se mencionó el logaritmo de los saltos se asume como normal.

Existen otras formulaciones sobre MDSM, en algunos casos se toma el componente del parámetro de tendencia (determinístico) de la SDE sobre la dinámica dS_t con un único parámetro $\mu = r - \lambda k$, resultando en la siguiente expresión:

$$\frac{dS_t}{S_t} = \mu dt + \sigma W_t + dP_t$$

$$dS_t = \mu S_t dt + \sigma S_t W_t + S_t dP_t \quad (24)$$

Donde μ y σ se asumen como constantes para la parte determinística y estocástica del proceso. La solución de la SDE en este caso se considera como:

$$S_t = S_0 \cdot \exp \left\{ \sigma W_t + \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) t \right\} \prod_{i=1}^{N_t} Y_i \quad (25)$$

Al tomar una discretización usando unidades la ecuación $\frac{dS_t}{S_t}$, puede ser aproximada como:

$$\frac{\Delta S_t}{S_t} = \mu + \sigma Z + B \cdot X \quad (26)$$

Donde B, X, Z son variables aleatorias independientes, B siendo una distribución Bernoulli y Z normal. Esta forma de discretización fue propuesta como medida de detección a los saltos del proceso en un contexto bayesiano por (Rifo & Torres, 2009).

En el caso X se sigue una distribución bernoulli con parámetro desconocido p y BX una distribución de la siguiente manera:

$$f(x) = \begin{cases} \lambda p, & \text{para } x=1 \\ 1 - \lambda p, & \text{para } x=0 \end{cases} \quad (27)$$

En el caso de la distribución de densidad para $\mu + \sigma Z + BX$, se tiene:

$$f(y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \left((1 - \lambda p) \exp \left(-\frac{1}{2\sigma^2} (y - \mu)^2 \right) + \lambda p \cdot \exp \left(-\frac{1}{2\sigma^2} (y - (\mu + 1))^2 \right) \right) \quad (28)$$

(Rifo & Torres, 2009)

3. Estudio de simulación para la estimación

Conforme al objetivo propuesto en este trabajo, que se focaliza en encontrar forma de implementar la estimación bayesiana para los parámetros para el comportamiento asociado a los procesos estocásticos de MDSM y B&S.

En este orden de ideas, durante los siguientes procedimientos se buscará explicitar una comparación entre distintos modelos para el ajuste y modelamiento del logaritmo de los rendimientos, con el objetivo de realizar un análisis sobre las estimaciones e intervalos de credibilidad de los parámetros, y posteriormente resaltar la importancia de la estimación bayesiana sobre MDSM tradicional y B&S. En ese sentido, se buscará evidenciar de una manera óptima la estimación de los parámetros diferente a la selección arbitraria de estos mismos en la simulación de los procesos asociados a ambos modelos.

Para realizar las simulaciones de los procesos anteriormente mencionados se tomaron las acciones de Apple, Nvidia y Tesla los últimos 252 días de precios de negociación (hasta el 23 de junio de 2021) con el objetivo de ilustrar como la inclusión de los componentes aleatorios en forma de saltos, resulta ser más apropiada para el modelamiento del precio de los rendimientos, y a su vez mostrar por qué vía la estadística bayesiana sobre los parámetros, puede ser recomendada en las

estimaciones de los parámetros asociados a los procesos estocásticos de los modelos anteriormente mencionados.

A continuación, se muestra el comportamiento histórico del precio de la acción de Apple, Nvidia y Tesla en el período del 23 de mayo de 2014 al 23 de junio de 2021.

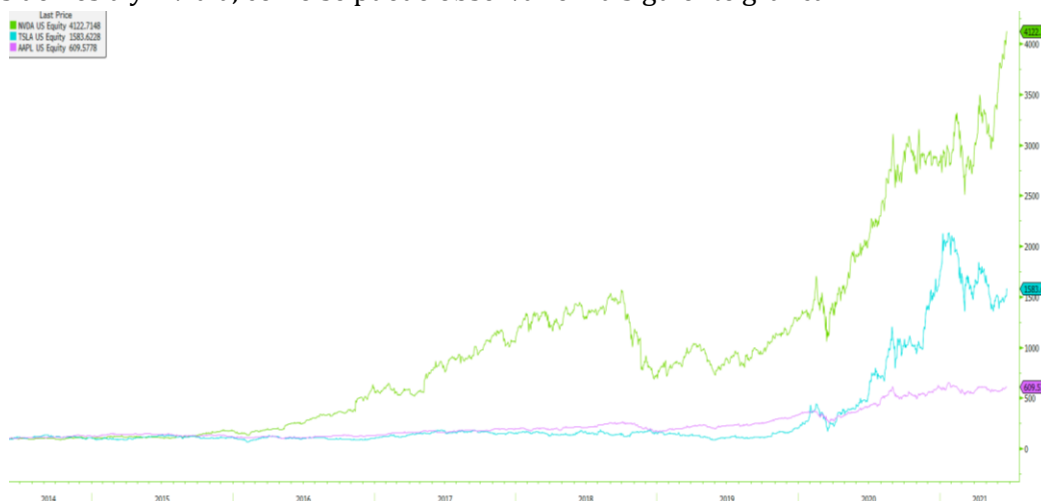


Gráfica 1. Precio acción Apple, Nvidia y Tesla

Fuente: Pantallazo tomado de la Plataforma Bloomberg el 23 de junio de 2021

Se puede evidenciar en el pantallazo de la plataforma Bloomberg que la acción de Apple ha presentado un comportamiento mixto durante el tiempo descrito no solamente por la situación generada por el COVID-19, sino también de alguna manera por la escasez de silicio que ha afectado las ventas de iPhone.

Cabe de igual manera resaltar, que los precios de las acciones tecnológicas sufrieron al igual que el mercado de renta variable, los efectos de la pandemia producida por el COVID-19; sin embargo, a pesar de esta coyuntura internacional, se ha evidenciado en el mercado mayor rentabilidad en las acciones de Tesla y Nvidia, como se puede observar en la siguiente gráfica:



Gráfica 2. Rentabilidad acción Apple, Nvidia y Tesla (período 23/mayo/2014 al 23/junio/2021)

Fuente: Pantallazo tomado de la Plataforma Bloomberg el 23 de junio de 2021

En el marco temporal descrito, se puede observar que la mayor rentabilidad en el período del 23 de mayo de 2014 al 23 de junio de 2021 la obtuvo la acción de Nvidia con un 4122% como consecuencia de la decisión de lanzamiento de una nueva línea de tarjetas gráficas que cuentan con la característica de potencializar los juegos electrónicos y sus transmisiones en línea.

Finalmente, los movimientos en las empresas de tecnología ha sido de naturaleza hacia al alza con excepción de marzo de 2020, que fue el pronunciamiento a nivel mundial de la Organización Mundial de la Salud, la cual manifestó que el mundo se encontraba amenazada por el COVID-19, el cual generó el desplome la mayoría de todos los activos del mercado de renta variable a nivel global y un apetito refugio en los bonos del tesoro americano correspondiente a los bonos de 10 años; no obstante, el auge de las tecnologías vía inteligencia artificial así como el desarrollo del comercio electrónico, ha propiciado el incremento del precio de las acciones de empresas vinculadas al sector tecnológico.

De otro lado, se puede evidenciar que con un p-valor arrojado, y un nivel de confianza del 95%, se demuestra que los rendimientos de cada una de las acciones citadas contaron con la característica de ser estacionarios ($P - valor \leq 0,01$)

Con base en lo anterior, se calcularon los correlogramas de autocorrelación y autocorrelación parcial con un máximo de 30 rezagos en el tiempo para cada una de las acciones.

De conformidad con los correlogramas de cada una de las acciones se escogió el siguiente modelo:

Cuadro 1. Modelos ARIMA una aproximación inicial

Acción	Modelo	Estadístico	P-valor(z)
Apple	Arima(0,1,1)	-0.999981	< 2.2e-16
Nvidia	Arima(0,1,1)	-1.000000	< 2.2e-16
Tesla	Arima(0,1,1)	-0.987554	< 2.2e-16

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con, el p-valor arrojado para cada una de las acciones, con un nivel de confianza del 95%, se puede afirmar que el modelo Arima(0,1,1) es significativo.

En lo que corresponde a la prueba de normalidad a continuación se muestra la prueba de normalidad Jar-Quebera, que tiene como objetivo conocer, si los residuales derivados del mejor modelo en cada una de las acciones (Apple, Nvidia y Tesla) se distribuyen con respecto a la distribución de probabilidad normal para los residuales.

Cuadro 2. Prueba de normalidad para los residuales

Acción	Estadístico de prueba	Grados de libertad	P-valor
Apple	70.246	2	5.551e-16
Nvidia	20.092	2	4.336e-05
Tesla	172.72	2	< 2.2e-16

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con el p-valor arrojado para cada uno de los instrumentos financieros, con un nivel de confianza del 95%, se puede afirmar que los residuales del mejor modelo no se distribuyen con respecto a la distribución de probabilidad normal.

En lo que atañe a la prueba de heterocedasticidad de McLeod-Li que tiene como objetivo conocer si las varianzas de los residuales del mejor modelo en cada una de las acciones, si son iguales o diferentes a lo largo del tiempo (Esta prueba se realizó teniendo en cuenta un rezago en el tiempo) arrojó los siguientes resultados:

Cuadro 3. Prueba de heterocedasticidad de los residuales

Acción	P-valor
Apple	0.7997394
Nvidia	0.0270482529
Tesla	0.15412589

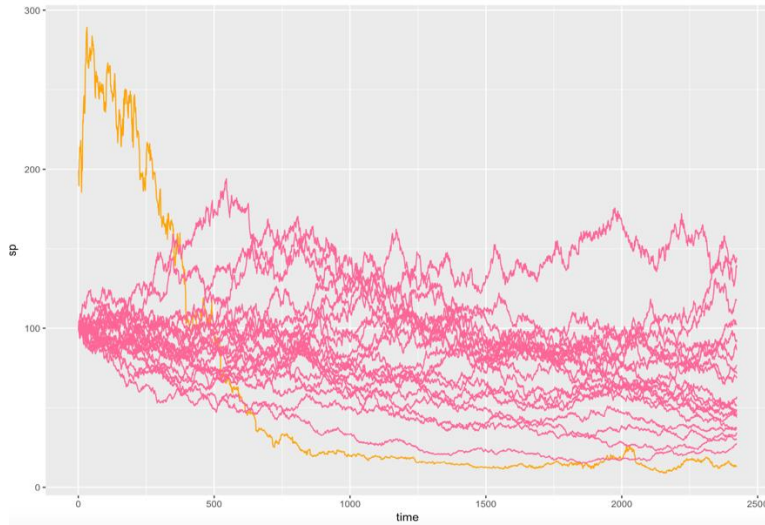
Fuente: Elaboración propia

De conformidad con el cuadro 3, el p-valor arrojado con un nivel de confianza del 95%, se puede afirmar que, los residuales del mejor modelo no poseen diferentes varianzas a lo largo del tiempo. Lo anterior quiere decir, que las varianzas de los residuales son iguales; por lo tanto, los rendimientos de la acción de Apple y Tesla no son volátiles.

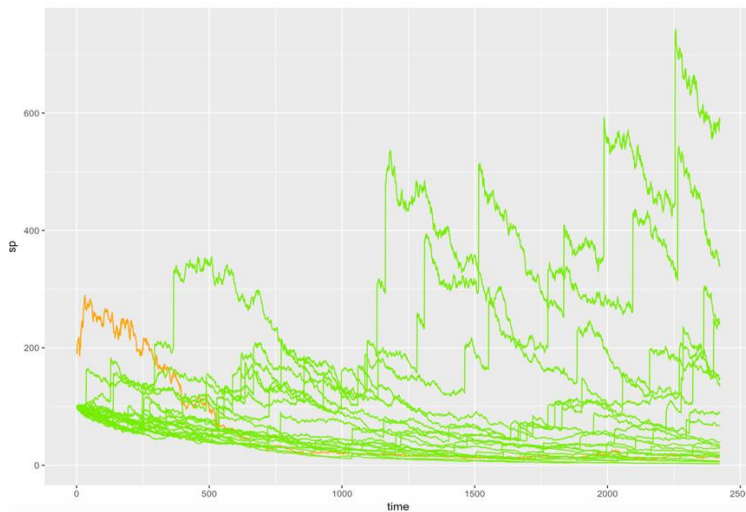
En lo que concierne a la acción de Nvidia con el p-valor arrojado, con un nivel del 95%, se puede afirmar que los residuales del mejor modelo poseen diferentes varianzas a lo largo del tiempo. Lo explicitado quiere decir, que las varianzas de los residuales no son iguales; por lo tanto, los rendimientos de cada una de las acciones son volátiles.

Para analizar el MDSM es necesario realizar distintas simulaciones con diversas combinaciones de parámetros, con el objetivo de encontrar y explicar de que manera óptima puede comportarse el mercado en el futuro; para esto, utilizando métodos implementados por (Khaldi, Djeddour, & Meddahi, 2014), se realizó una simulación inicial sobre la asunción de los supuestos en B&S y MDSM; para tal efecto, se comparan los procesos simulados del B&S en la gráfica 3 y los caminos simulados por el modelo MDSM en la gráfica 4 para el histórico de precios de la acción Nvidia hasta el 2018. Este período en específico se tomó en el caso de la acción Nvidia, como consecuencia del auge de nuevas tecnologías relacionadas al hito de la inteligencia artificial.

De acuerdo con lo anterior, se procedió a recortar la serie con el objetivo de presentar los saltos de los procesos simulados en este período por el modelo MDSM, ya que, desde 2016 (ultimo 25% del total de los precios, 2016-2018) se presentó el efecto de “salto” o “alza”, el cual, el modelo MDSM explica mejor el comportamiento de los precios; por lo tanto, se graficó el espejo de la serie original por objetivos de visualización.



Gráfica 3. Simulación proceso B&S en la acción de Nvidia
Fuente: Elaboración propia



Gráfica 4. Simulación modelo de difusión con saltos en la acción de Nvidia
Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la gráfica 3 y 4, en el caso de B&S al no contar con una diferenciación entre los saltos a manera de un proceso Poisson, no detecta de manera amplia los cambios en el precio de la acción, debido a que, la composición que presenta arroja un MGB ; En el caso de la inclusión de saltos, los cambios son más marcados y volátiles.

Los parámetros relacionados al parámetro de tendencia, y a la parte estocástica de los procesos simulados suelen ser determinados de manera empírica, como se puede observar en las gráficas 3 y 4.

Cabe resaltar que, el objetivo del presente trabajo es proporcionar soluciones a la estimación de los parámetros para B&S y MDSM de manera bayesiana generando intervalos de credibilidad asociados a los parámetros, con el fin de generar simulaciones del proceso, más cercanas al

comportamiento del logaritmo natural de los rendimientos para cada una de las acciones: Apple, Nvidia y Tesla.

3.1 Estimaciones sobre los parámetros

De acuerdo con el desarrollo investigativo, se busca por medio de la estimación bayesiana encontrar una propuesta mejor a la estadística clásica usada en la estimación de parámetros para MDSM en yuxtaposición con B&S; para tal efecto se sigue la estimación con la siguiente propuesta en parámetros y distribución:

Para la estimación de los parámetros se utiliza el muestreador de Gibbs; este es un algoritmo (MCMC) Markov Chain Monte Carlo usado para la obtención de la distribución de probabilidad de los parámetros usados, cuando se requiere realizar muestras de la distribución posterior calculada, a partir de la verosimilitud y las distintas distribuciones *a priori* asociadas a cada parámetro a estimar.

Dada la distribución posterior:

$$P(\Theta|x_1, \dots, x_t) = \frac{P(x_1, \dots, x_t|\Theta)P(\Theta)}{\int_{\Theta} P(x_1, \dots, x_t|\Theta)P(\Theta)} \quad (29)$$

Donde Θ es el espacio de parámetros, $P(x_1, \dots, x_t|\Theta)$ se le conoce como la verosimilitud de los datos, $P(\Theta)$ son las distribuciones asociadas al espacio de parámetros y $\int_{\Theta} P(x_1, \dots, x_t|\Theta)P(\Theta)$ se le conoce como constante de normalización.

El muestreador de Gibbs funciona como un algoritmo usando recursión entre muestras generadas por las distintas distribuciones condicionales asociadas al espacio de parámetros Θ .

A. Modelo de Black y Scholes (B&S)

Para la estimación de los parámetros de B&S es necesario recalcar las características y supuestos previamente mencionados sobre los movimientos geométricos brownianos.

Al ser x un MGB descrito por la ecuación estocástica:

$$dS_t = \mu S_t dt + \sigma S_t B_t \quad (30)$$

Con solución descrita como:

$$S_{t+1} = S_t \exp\left(\mu - \frac{1}{2}\sigma^2 + \sigma(B_{t+1} - B_t)\right) \quad (31)$$

Donde los rendimientos son distribuidos de manera normal:

$$R_t = \ln\left(\frac{S_{t+1}}{S_t}\right) \sim N\left(\mu - \frac{1}{2}\sigma^2, \sigma^2\right) \quad (32)$$

Siguiendo la reparametrización $\beta = \mu - \frac{1}{2}$, las distribuciones *a priori* de los parámetros pueden ser halladas fácilmente (Jones, Simon, & Hall Simon, 1998). El espacio de parámetros definido en este caso consiste en el siguiente conjunto $\Theta = \{\beta, h\}$. En el caso de esta investigación se proponen las siguientes *priors*:

$$\beta \sim N(0, e^{-6})$$

$$h \sim \text{Gamma}_1(0.1, 0.5)$$

donde $h = \frac{1}{\sigma^2}$, es la precisión. Por medio del muestreador de Gibbs con Rjags (Plummer, JAGS Version 4.3.0 User manual, 2017), (Plummer, CRAN R, 2019). usando 10000 iteraciones, 10 cadenas, removiendo las primeras 1000 observaciones para evitar el efecto del valor inicial (burning), tomando cada 5 observaciones (thinning), se obtuvieron los siguientes resultados sobre las estimaciones bayesianas e intervalos de más alta densidad para los parámetros del componente determinístico y estocástico del proceso para cada una de las acciones:

Cuadro 4. Estimación bayesiana parámetros B&S, logaritmo natural de los rendimientos de Apple, Nvidia y Tesla

Acción	Parámetro	Estimación	Desviación	2.5%	97.5%
Apple	β	0.000	0.000	-2e-5	3e-6
	σ^2	22.534	2.010	18.759	26.641
	desvío (deviance)	-1231.215	2.057	-1233.199	-1225.810
Nvidia	β	0.000	0.000	-2e-5	3e-6
	σ^2	11.524	1.021	10.830	13.599
	desvío (deviance)	-1060.297	2.000	-1060.907	-1054.874
Tesla	β	0.000	0.000	-2e-5	3e-6
	σ^2	5.128	0.459	4.815	6.058
	desvío (deviance)	-853.896	2.068	-855.337	-848.221

Fuente: Elaboración propia

Dadas las configuraciones de distribuciones *a priori*, Se puede observar a continuación la estimación por pérdida cuadrática de los parámetros B&S de la siguiente manera:

Cuadro 5. Estimación por pérdida cuadrática del parámetro σ^2 B&S

Acción	Estimación de σ^2
Apple	$\hat{\mu} = \hat{\beta} + \frac{1}{2}\hat{\sigma}^2 = 11.267$ $\hat{\sigma}^2 = 22.534$
Nvidia	$\hat{\mu} = \hat{\beta} + \frac{1}{2}\hat{\sigma}^2 = 11.524$ $\hat{\sigma}^2 = 5.762$
Tesla	$\hat{\mu} = \hat{\beta} + \frac{1}{2}\hat{\sigma}^2 = 5.128$ $\hat{\sigma}^2 = 2.564$

Fuente: Elaboración propia

El cuadro 6 muestra los intervalos de más alta densidad, donde la probabilidad de que el verdadero parámetro β se encuentre entre $-2e-5$ y $-3e-6$ es del 95% al igual que la probabilidad de que el verdadero valor de σ^2 para cada acción se encuentra en un rango que se detalla a continuación:

Cuadro 6. Intervalo de confianza del parámetro σ^2 B&S

Acción	Rango
Apple	18.759 a 26.641
Nvidia	10.830 a 13.599
Tesla	4.815 a 6.958

Fuente: Elaboración propia

Para revalidar la efectividad de las estimaciones realizadas bajo el enfoque bayesiano usando el muestreador de Gibbs, las gráficas de los cuadros 7, 8 y 9 (ver apéndice) muestran el diagnóstico sobre las cadenas de Markov simuladas para la estimación de los parámetros de la distribución posterior asociada al modelo B&S; estas gráficas permiten ver la efectividad de la estimación en términos de convergencia en distribución, autocorrelación y aleatoriedad de las distintas cadenas generadas por el algoritmo MCMC usado en Rjags.

En general, en las cadenas de Markov simuladas para los parámetros β , σ^2 (ver cuadros 7, 8 y 9 del apéndice), se pueden observar las distribuciones *a posteriori* asociadas a cada parámetro estimado, al igual que la aleatoriedad en las cadenas, en cuanto a la autocorrelación, para cada acción, en la cual los valores de las cadenas no presentan ningún tipo de patrón determinístico y el 75% de los lags en el diagrama de autocorrelación se encuentran por debajo de la banda. El gráfico de convergencia muestra la media móvil usada para la estimación del valor final de cada parámetro.

La estimación del desvío (deviance) (ver cuadro 9), su convergencia e intervalos de más alta densidad para media *a posteriori*, indican la efectividad y el ajuste del modelo usado basado en la selección de las distribuciones *a priori* mencionadas anteriormente.

Una vez realizadas las estimaciones sobre los parámetros de B&S, se realizan diferentes simulaciones del proceso sobre la serie del logaritmo natural de los rendimientos de cada una de las

acciones, el cuadro 10, muestra en detalle un total de 5 caminos simulados sobre el logaritmo natural de los rendimientos (serie de color negro) usando los parámetros encontrados de manera bayesiana.

Una vez calculadas las estimaciones de los parámetros, se realizan diferentes caminos simulados sobre la serie original del logaritmo natural de los rendimientos para cada una de las acciones citadas (Apple, Nvidia y Tesla) como se puede evidenciar en el cuadro 10.

Los caminos simulados usando la distribución *a posteriori* aproximada con los parámetros encontrados no reflejan el comportamiento de la serie original (logaritmo natural de los rendimientos para cada acción) ya que se puede observar en las distintas graficas por cada acción, como las series asociadas a los procesos que simulan el comportamiento de B&S presentan mayores fluctuaciones y no se parecen a la serie original (Ver cuadro 10).

B. Modelo de Difusión con saltos de Merton (MDSM)

Sea $\Theta = \{\lambda, \sigma, \delta, m, \mu\}$ el espacio de parámetros para la distribución de MDSM considerando los rendimientos expresados como $R_t = \ln\left(\frac{S_{t+1}}{S_t}\right)$. De esta manera se tiene la siguiente definición para la densidad posterior:

$$f(\Theta|x_1, \dots, x_t) \propto f(\Theta)f(x_1, \dots, x_t|\Theta) \tag{33}$$

$$f(\lambda, \sigma, \delta, r, m|x_1, \dots, x_t) \propto f(\lambda)f(\sigma)f(\delta)f(\mu)f(m)f(x_1, \dots, x_t|\lambda, \sigma, \delta, r, m)$$

$$f(x_1, \dots, x_t|\lambda, \sigma, \delta, \mu, m) = f_{R_{\Delta t}}(x) = \sum_{k=0}^{\infty} p_k(\lambda\Delta t)N\left(x\left|\left(\mu - \frac{1}{2}\sigma^2\right)\Delta t + mk, \delta^2\Delta t + \sigma^2k\right.\right)$$

Donde $f(\lambda), f(\sigma), f(\delta), f(\mu)$ y $f(m)$ corresponden a las distribuciones prior de los parámetros a estimar y $f(x_1, \dots, x_t|\lambda, \sigma, \delta, \mu, m)$ es la verosimilitud. En el caso $p_k(\lambda\Delta t) = p_k(\Delta N_t = k) = \frac{(\lambda\Delta t)^k}{k!}e^{-\lambda\Delta t}$ (Tang, 2018). Es necesario precisar el supuesto de independencia sobre la información *a priori* sobre los parámetros del modelo. En este orden, con el objetivo de encontrar convergencia y ningún tipo de autocorrelación en las cadenas de las estimaciones bayesianas para los parámetros se utilizaron las siguientes propuestas prior:

$$\begin{aligned} \lambda &\sim \text{Beta}(2,5) \\ \mu &\sim N(0,1) \\ m &\sim N(0, e^{-04}) \end{aligned}$$

En el caso de los parámetros σ y δ , se uso la precision como medida de varianza para ambos parámetros, siendo $\sigma^2 = \frac{1}{h}$ y $\delta^2 = \frac{1}{j}$, donde:

$$\begin{aligned} h &\sim \text{Gamma}_1(20,0.5) \\ j &\sim \text{Gamma}_1(10,0.5) \end{aligned}$$

Teniendo en cuenta la descripción de los parámetros mencionados anteriormente, así como sus distribuciones *a priori* se usó nuevamente el muestreador de Gibbs con Rjags para realizar la estimación bayesiana usando 3 cadenas, 10000 iteraciones, quitando de la cadena al menos 1000 observaciones cada 5 iteraciones. Se muestra la siguiente tabla la estimación e intervalos de más alta densidad para los parámetros mencionados:

Cuadro 11. Estimación bayesiana parámetros del modelo MDSM, logaritmo natural de los rendimientos.

Acción	Parámetros	Estimación	desviación	2.5%	97.5%
Apple	δ^2	20.557	1.919	16.915	24.597
	λ	0.287	0.159	0.042	0.637
	m	-3.11e-05	3.088e-05	-4.034e-05	5.573e-05
	μ	0.014	0.005	0.005	0.024
	σ^2	0.026	0.006	0.017	0.040
	Desvío (deviance)	-1227.926	3.366	-1231.788	-1219.285
Nvidia	δ^2	10.531	0.976	8.711	12.519
	λ	0.287	0.161	0.041	0.646
	m	0.000	0.000	0.000	0.000
	μ	0.011	0.006	-0.001	0.023
	σ^2	0.026	0.006	0.017	0.041
	Desvío (deviance)	-1057.858	3.267	-1061.652	-1049.676
Tesla	δ^2	4.715	0.433	3.892	5.597
	λ	0.284	0.160	0.041	0.644
	m	0.000	0.000	0.000	0.000
	μ	0.023	0.008	0.017	0.040
	σ^2	0.026	0.006	0.022	0.041
	Desvío (deviance)	-853.833	3-286	-856.223	-845.374

Fuente: Elaboración propia

En el caso de las anteriores estimaciones, se encontró un DIC (Criterio de información de desvío o Deviance information criterion) de -1409.6 a -848.4 (ver cuadro 12). Este valor indica la calidad del ajuste de la distribución *a posteriori* estimada, al logaritmo natural de los rendimientos; entre más bajo es el valor mayor es la calidad del ajuste.

Cuadro 12. DIC Criterio de información de desvío o Deviance information criterion

Acción	DIC Criterio de información de desvío o Deviance information criterion
Apple	-1222.3
Nvidia	-1052.5
Tesla	-848.4

Fuente: Elaboración propia

De otro lado, el DIC indica que la estimación planteada para cada una de las acciones fue la mejor, conforme a las diferentes propuestas para las distribuciones *a priori* de los parámetros mencionados anteriormente. Se puede observar en ese sentido que: en la estimación bayesiana, la desviación en la mayoría de los parámetros es cercana a 0, lo que indica que, los intervalos de más alta densidad son más estrechos siendo un buen indicio de una estimación adecuada.

Para analizar la calidad de las estimaciones de los parámetros calculados en detalle, se realizaron las gráficas de convergencia para las estimaciones (ver cuadro 13, 14, 15, 16, 17 y 18 del apéndice) en donde se puede observar que tanto en las cadenas como la distribución se encuentra total convergencia, así como ningún problema de autocorrelación.

De conformidad con lo anterior, en la estimación de los parámetros, se buscó reafirmar la importancia de la estimación bayesiana frente a una selección arbitraria para cada MGB asociado al de B&S, y los parámetros adicionales de salto asociados a los procesos de MDSM. En este caso, la estimación bayesiana logró delimitar de manera más detallada la selección el ajuste de los parámetros a los datos, ya que, amplía el espectro de posibilidades frente a la selección de un espacio aleatorio para los posibles valores de los parámetros.

Con el objetivo de validar de otro lado la eficacia de las estimaciones encontradas usando el muestreador de Gibbs para el cálculo de los parámetros del modelo MDSM, se simularon al igual que, en los cálculos de B&S, distintos caminos aleatorios usando los parámetros encontrados, el cuadro 19 muestra los distintos caminos simulados con el objetivo de ilustrar el ajuste apropiado del modelo MDSM a la dinámica estocástica del logaritmo natural de los rendimientos.

Como se puede observar en el cuadro 19, los caminos simulados presentan comportamientos similares a la serie del logaritmo natural de los rendimientos tanto en su rango de valores y la variabilidad de los procesos. Comparando los cuadros 10 y 19 se puede evidenciar como el modelo MDSM se ajusta mejor a los datos a lo largo del tiempo, al igual que la volatilidad de la serie analizada en comparación al MGB caracterizado por del modelo B&S.

En el cuadro 19 se puede observar en las distintas graficas por cada acción, como los caminos simulados usando la distribución asociada al modelo MDSM después de la estimación bayesiana realizada, capturan de manera efectiva la dinámica estocástica de la serie original (logaritmo natural de los rendimientos); esto se puede verificar, comparando visualmente la similitud de los caminos simulados con el comportamiento de la serie original para cada una de las acciones analizadas.

Se puede observar en el cuadro 19 que, para cada acción relacionada, como MDSM se aproxima a la realidad de los rendimientos en comparación al de B&S.

De otro lado, con una aproximación mejor a la estimación de los parámetros por medio de métodos bayesianos, MDSM posee un mayor grado de ajuste sobre el comportamiento en distribución del logaritmo natural de los rendimientos. En ese sentido se puede observar

explícitamente, como el modelo a través de diferentes procesos o caminos simulados se sobrepone a la distribución del logaritmo natural de los rendimientos reproduciendo su conducta leptocúrtica (ver cuadro 20).

Adicionalmente al método de estimación, se pudo observar, que el modelo al usar saltos aleatorios se aproxima de manera más exacta a la dinámica de los rendimientos en comparación a B&S. En esa misma línea, se puede decir, que una de las razones por las que en modelos con saltos difusos reflejan de mejor manera eventos sobre series que son difíciles de predecir, es su capacidad de capturar el comportamiento volátil del precio de cualquier instrumento financiero en el mercado; por lo tanto, este tipo de característica no se puede tomar en cuenta con modelos basados en movimientos geométricos Brownianos como lo es el caso de B&S.

4. Conclusión

Se logró con el desarrollo de esta investigación proponer distintas medidas en cuanto a las distribuciones *a priori* sobre el espacio de parámetros de los estimados en los procesos característicos de los modelos propuestos, y como consecuente intervalos de más alta densidad envolviendo de manera significativa las estimaciones. Por lo anteriormente expuesto, se logró encontrar de manera convergente un valor adecuado en estimación para los parámetros.

En lo que atañe a la serie de los rendimientos de NVIDIA el comportamiento de los procesos simulados por MDSM, describió casi de manera exacta la dinámica estocástica de la serie estudiada en comparación al B&S, el cual cuenta con mayor varianza en los valores simulados y comportamiento platicúrtico.

En la acción de Tesla, los caminos simulados basados en el modelo MDSM mostraron menor volatilidad comparados a la serie de rendimientos originales (serie negra) lo cual indica un comportamiento leptocúrtico en las estimaciones y menor ajuste en yuxtaposición a los modelos estimados para la acción de Apple; este comportamiento se verificó con las distribuciones ilustradas en el cuadro 19, en donde valores simulados por MDSM presentaron un acotamiento más cerrado en los valores de la distribución comparado con el B&S.

En cuanto a la estimación bayesiana, solamente teniendo en cuenta el comportamiento previo de los parámetros o supuestos frente a la aleatoriedad de estos mismos, se pudo observar una fluctuación sobre las posibilidades en asignación de distribuciones *a priori* logrando así encontrar valores óptimos para la estimación de los parámetros. En ese sentido, esto quiere decir que no se requiere asignar directamente unos posibles valores para los parámetros, (se requieren menos arranques con el objetivo de encontrar caminos simulados para los procesos); sino más bien, se necesita una asignación aleatoria a ellos por medio de supuestos en términos de distribuciones. Las distribuciones *a priori* propuestas mostraron como los resultados empíricos obtenidos vía técnicas bayesianas de estimación como el muestreador de Gibbs pueden llegar a ser de gran beneficio para ajustar de manera apropiada modelos en series de tiempo.

En lo que concierne a la comparación entre modelos, MDSM en la literatura clásica suele ser sinónimo de mejor desempeño en el modelamiento de los rendimientos como se comentó anteriormente, ya que, se adapta con los saltos a los distintos cambios del mercado, y se ajusta más a

la distribución de los rendimientos. En cuanto a la situación bayesiana esta afirmación se logra reafirmar con las simulaciones obtenidas.

A través de los cuadros 10 y 19 se pudo observar el ajuste de las estimaciones sobre el comportamiento de los logaritmos natural de los rendimientos para cada acción, encontrando un grado de ajuste más amplio usando el MDSM. En general se pudo observar cómo MDSM se adapta al comportamiento leptocúrtico y simula el comportamiento de colas pesadas de la distribución de los log rendimientos, característica general presente en este tipo de datos que conforma el mercado de renta variable tecnológico (NASDAQ); de igual manera, se observó el nivel de exactitud de las distintas propuestas prior sobre el MGB en B&S. Asimismo este último, conserva la ventaja frente a Merton en cuanto a la simplicidad, ya que requiere menos supuestos para la asignación de valores para los parámetros en su forma de estimación estándar y bayesiana.

Finalmente, durante la investigación se logró obtener convergencia en las estimaciones e intervalos de credibilidad validando las propuestas prior para ambos modelos. Estas propuestas fueron reevaluadas posteriormente sobre las distintas cadenas estimadas, presentando al final ningún tipo de problemas relacionados a autocorrelación sobre estas mismas. Una vez estimadas las distribuciones posteriores de los parámetros se pudo evidenciar por un ejercicio de simulación como los caminos aleatorios generados con MDSM se ajustan de mejor manera a la dinámica estocástica de las acciones analizadas.

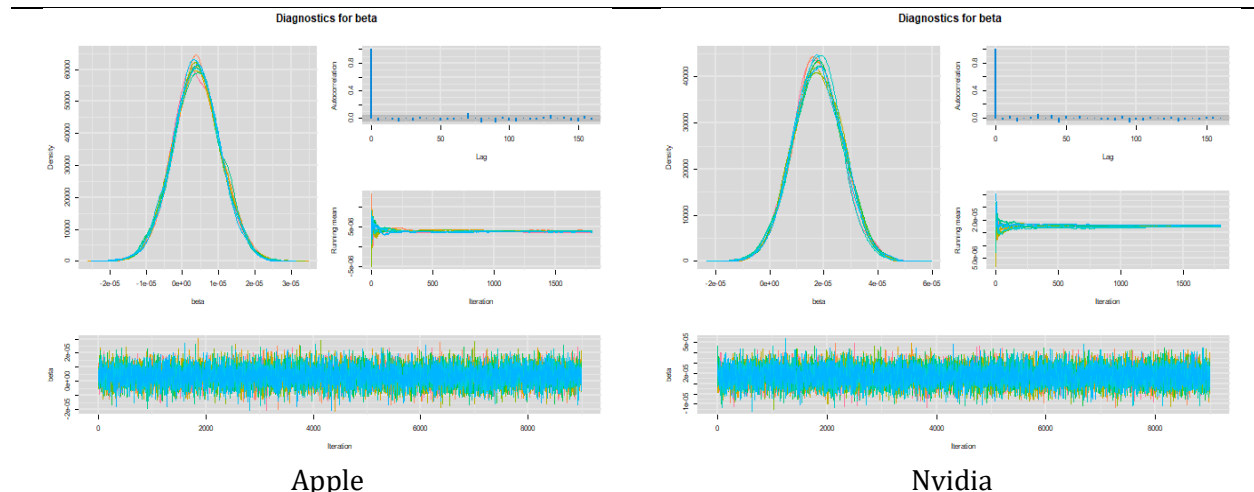
Referencias

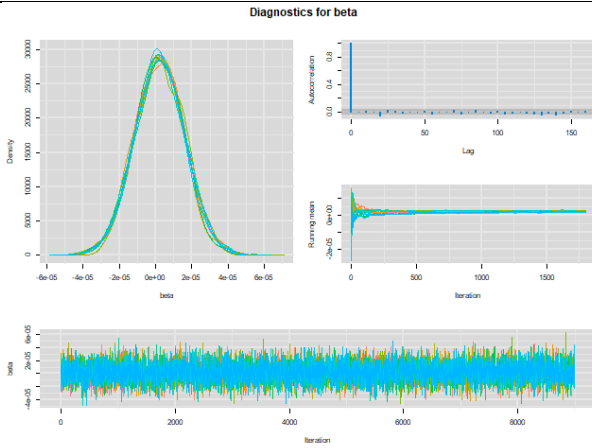
- [1] Castillo, M. (2009). Aplicación del modelo merton de difusión con saltos para evaluar opciones sobre el índice de precios y cotizaciones en un ambiente de alta volatilidad. *Escuela Superior de Economía*.
- [2] Conchi, A. (11 de 2012). *Metodos de cadenas de Markov Monte Carlo*. Obtenido de <http://halweb.uc3m.es/esp/Personal/personas/causin/esp/2012-2013/SMB/Tema8.pdf>.
- [3] Fathaleden Asiri, F. (2018). The Price of Stocks, Geometric Brownian Motion, and Black and Scholes Formula. *Theses, Dissertations, and Major Papers - University of Windsor - Scholarship at UWindsor*.
- [4] Gugole, N. (2016). Merton Jump-Diffusion Model Versus The Black and Scholes Approach for the log-returns and volatility smile fitting. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, 109(3), 719-736.
- [5] Gupta & Reisinger. (2012). Robust Calibration of Financial Models Using Bayesian Estimators. *Mathematical Institute*.
- [6] Jones, C. S., Simon, & Hall Simon, C. (1998). Bayesian Estimation of Continuous-Time Finance Models. *University of Rochester*.
- [7] K. K., D. K., & M. S. (2014). Comparison of Jump-Diffusion Parameters Using Passage Times Estimation. *Journal of Applied Mathematics*, Volume 2014, Article ID 975418, 5 pages.
- [8] Kou, S. (2008). Jump-Diffusion Models for Asset Pricing in Financial Engineering. *Handbooks in OR & MS, Vol 15*, 73-116.
- [9] Merton, R. (1976). Option Pricing when underlying stock returns are discontinuous. *Journal of Financial Economics* 3, 125-144.
- [10] Merton, R., & Venegas-Martinez, F. (2021). *Tendencias y perspectivas de la ciencia financiera: Un artículo de revisión* 16(1). *Revista Mexicana de Economía y Finanzas*, pp 1-15.

- [11] Plummer, M. (28 de June de 2017). Obtenido de JAGS Version 4.3.0 User manual: https://web.sgh.waw.pl/~atoroj/ekonometria_bayesowska/jags_user_manual.pdf
- [12] Plummer, M. (6 de Noviembre de 2019). CRAN R. Obtenido de Package 'rjags': <https://cran.r-project.org/web/packages/rjags/rjags.pdf>
- [13] Rifo, L. L., & Torres, S. (2009). Full Bayesian analysis for a class of jump-diffusion models. *Communications in Statistics - Theory and Methods, Volume 38, Issue 8*.
- [14] Ross, S. (1996). *stochastic processes* (second edition ed.).
- [15] Tang, F. (2018). *Merton Jump-Diffusion Modeling of Stock Price Data*. Sweeden: Linnæus University - Department of mathematics.
- [16] Tankov & Voltchkova. (1992). Jump-diffusion models: a practitioner's guide. *Laboratoire de Probabilités et Modèles Aléatoires*.
- [17] Tunaru & Zheng. (2017). Parameter Estimation Risk in Asset Pricing and Risk Management: A Bayesian Approach. *CEQUFIN*.
- [18] Venegas-Martínez, F. (2008). *Riesgos financieros y económicos: Productos derivados y decisiones económicas bajo incertidumbre*. México: Cengage Learning
- [19] Zhang, R. (2017). *Application of the Merton Jump Diffusion Model in S&P500*. Obtenido de Github: https://ionides.github.io/531w16/final_project/Project06/final_report.html#global-search-for-the-mles

Apéndice

Cuadro A1. Distribución y cadenas en la estimación de β , B&S, logaritmo natural de los rendimientos

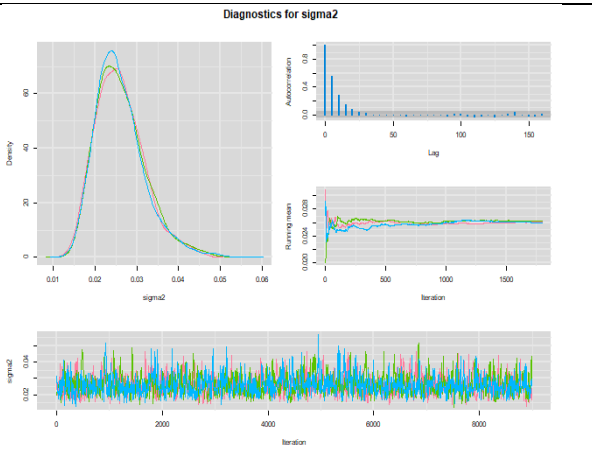




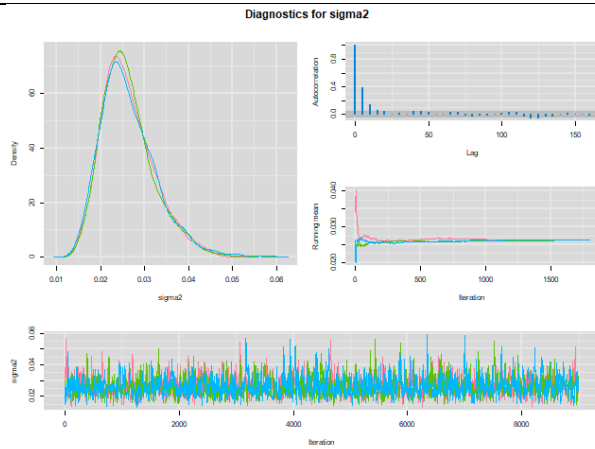
Tesla

Fuente: Elaboración propia

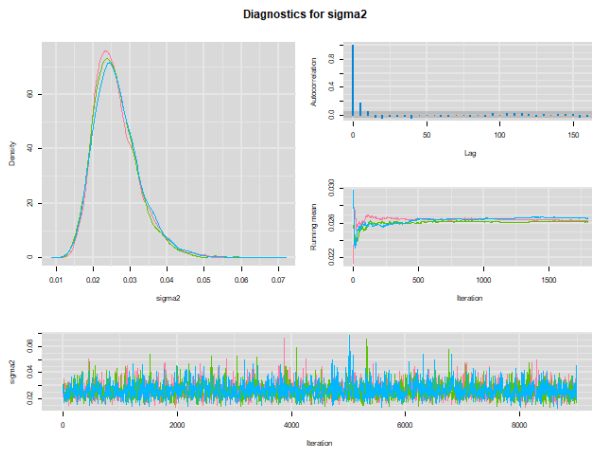
Cuadro A2. Distribución y cadenas en la estimación de σ^2 , B&S, logaritmo natural de los rendimientos.



Apple



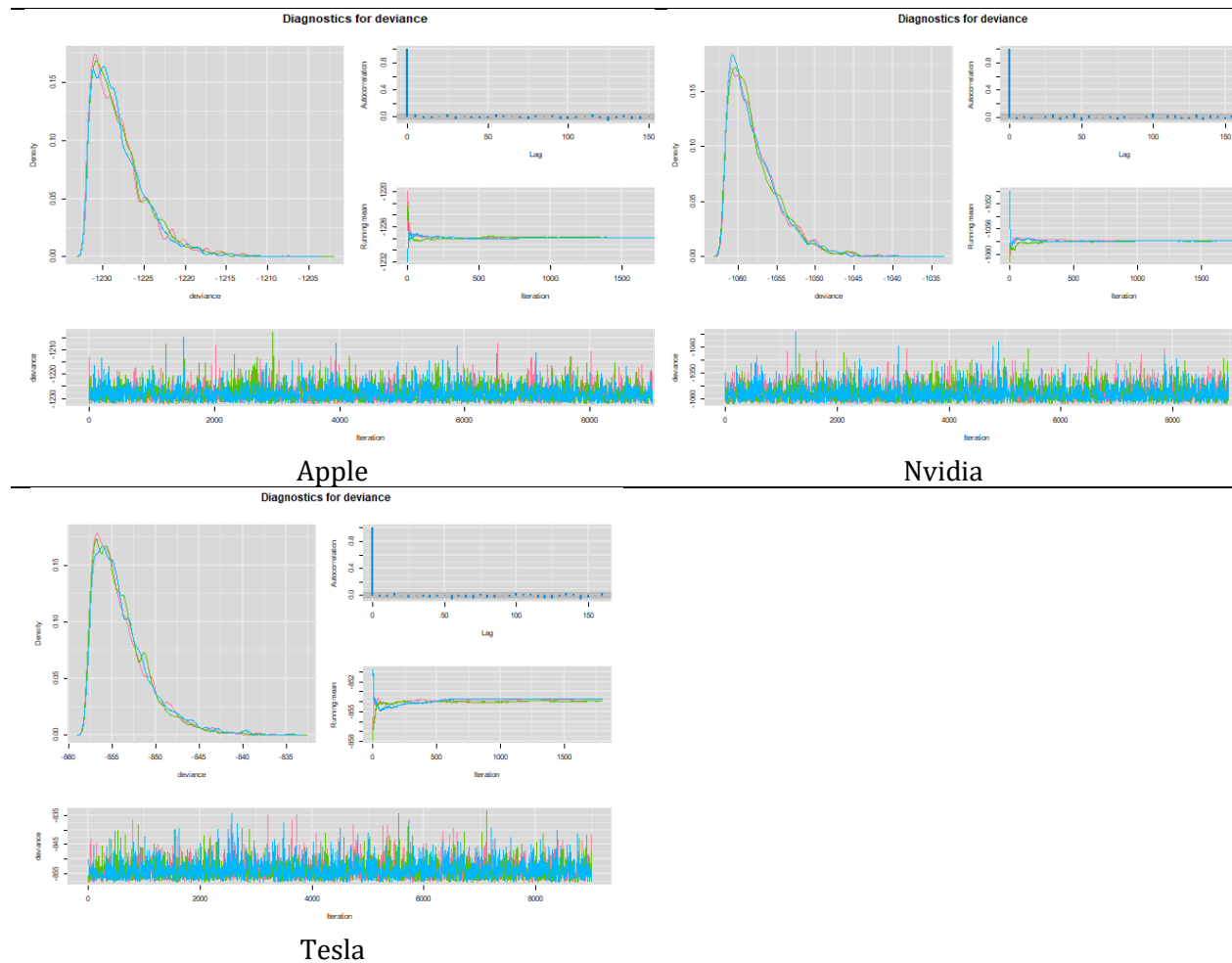
Nvidia



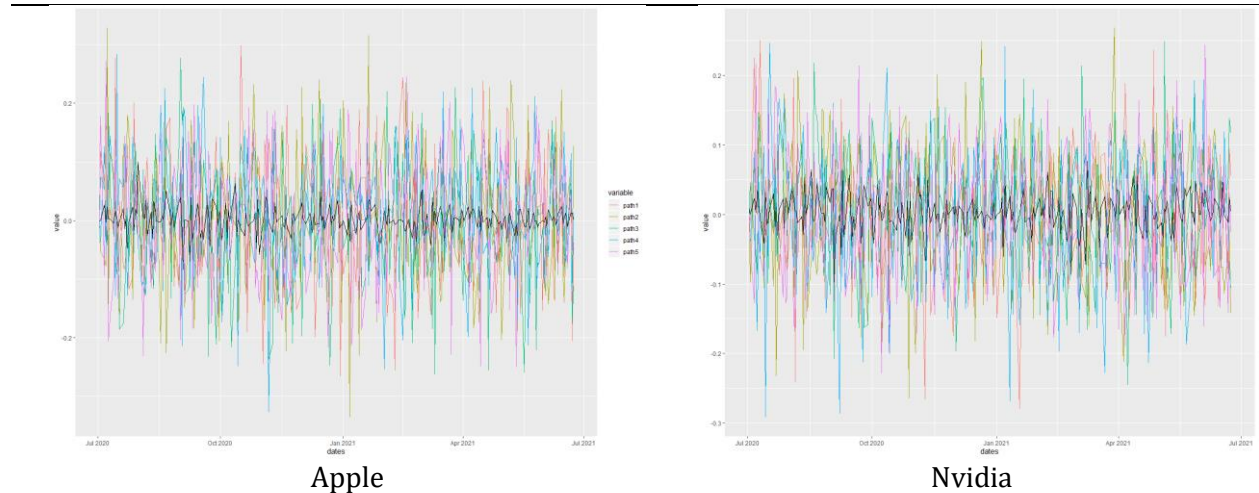
Tesla

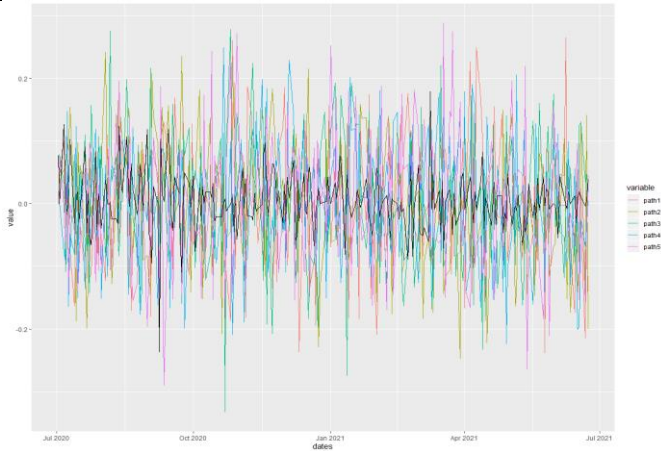
Fuente: Elaboración propia

Cuadro A3. Distribución y cadenas en la estimación para el desvío (deviance), B&S, logaritmo natural de los rendimientos



Cuadro A4. Caminos simulados sobre la serie original del logaritmo natural de los rendimientos para las acciones: Apple, Nvidia y Tesla (serie de color negro), usando las estimaciones encontradas de manera bayesiana para B&S.

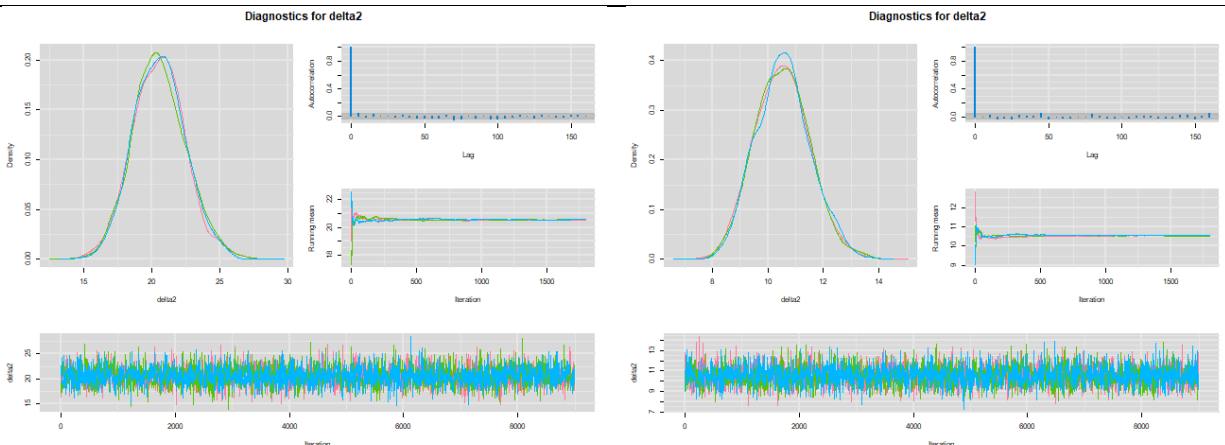




Tesla

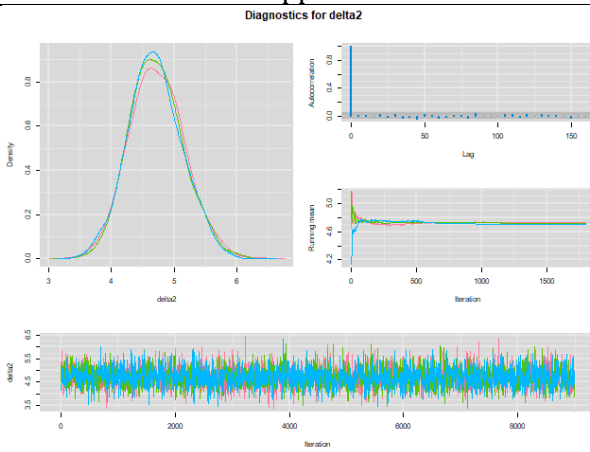
Fuente: Elaboración propia

Cuadro A5. Diagnósticos de convergencia para el parámetro δ^2 , modelo MDSM, logaritmo natural de los rendimientos.



Apple

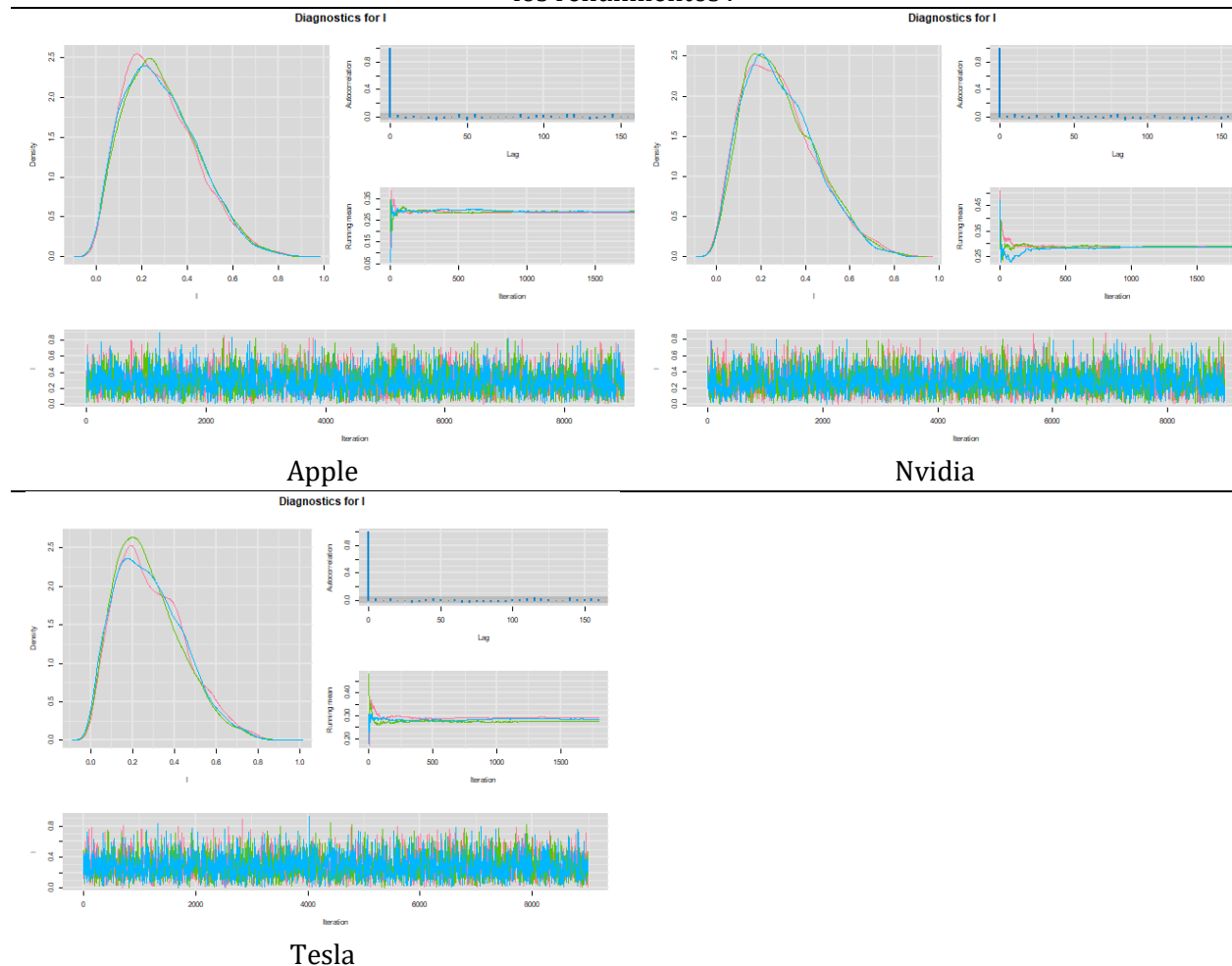
Nvidia



Tesla

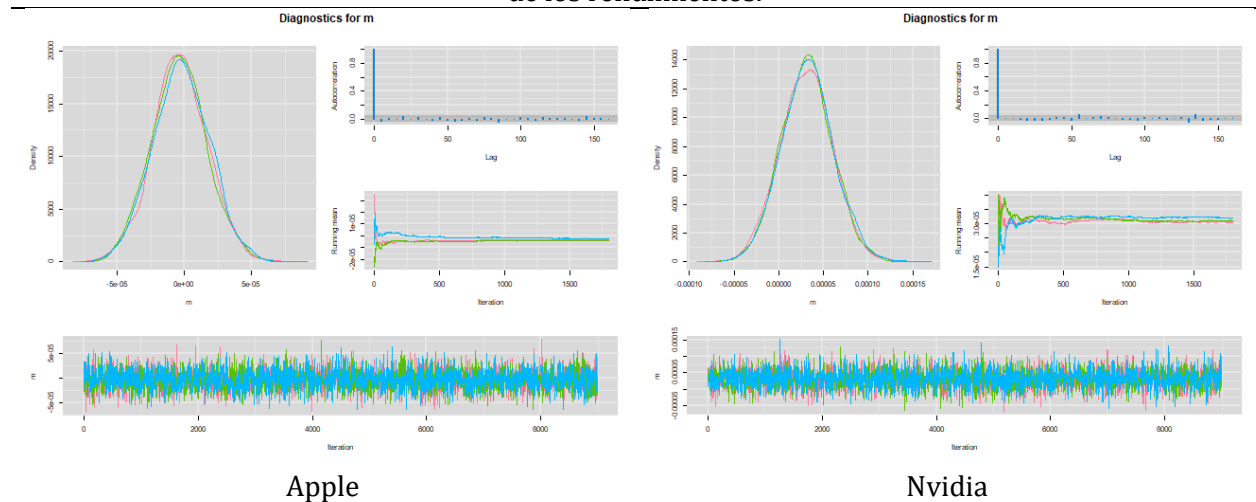
Fuente: Elaboración propia

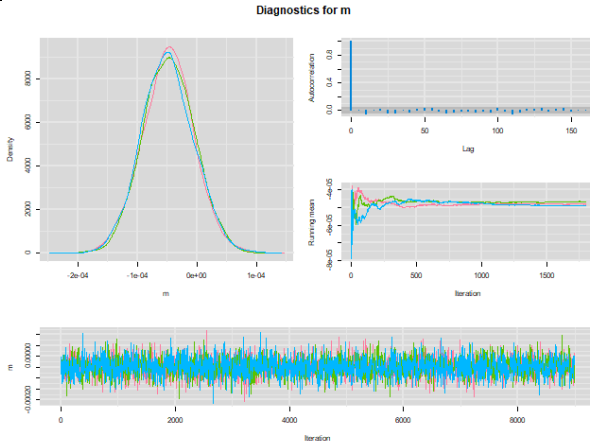
Cuadro A6. Diagnósticos de convergencia para el parámetro λ , modelo MDSM, logaritmo natural de los rendimientos .



Fuente: Elaboración propia

Cuadro A7. Diagnósticos de convergencia para el parámetro m , modelo MDSM, logaritmo natural de los rendimientos.

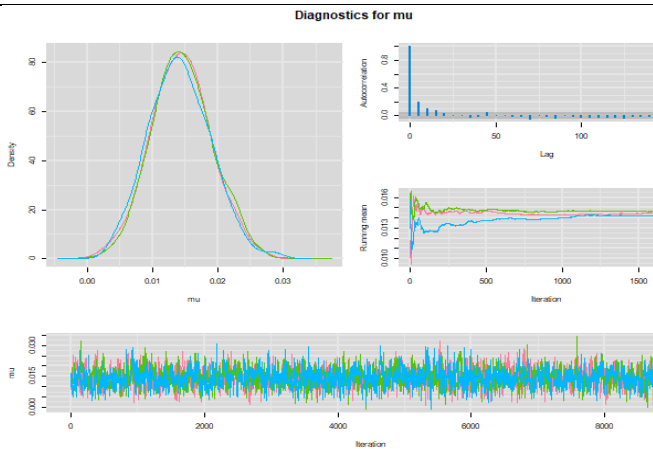




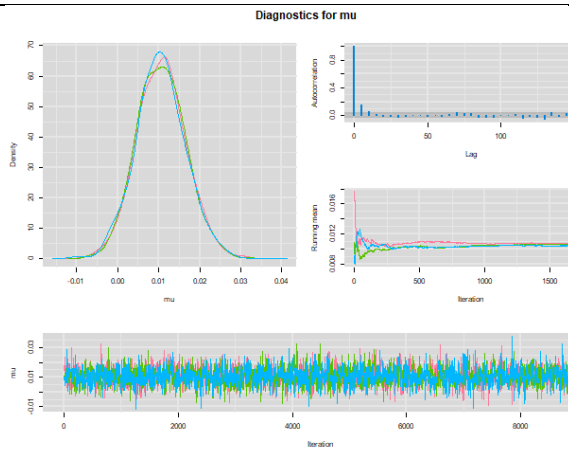
Tesla

Fuente: Elaboración propia

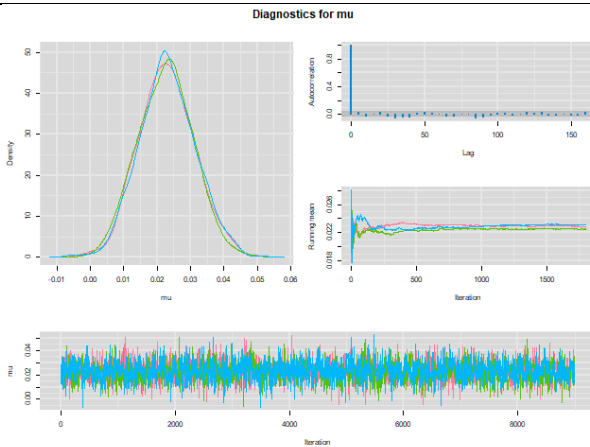
Cuadro A8. Diagnósticos de convergencia para el parámetro μ , modelo MDSM, logaritmo natural de los rendimientos.



Apple



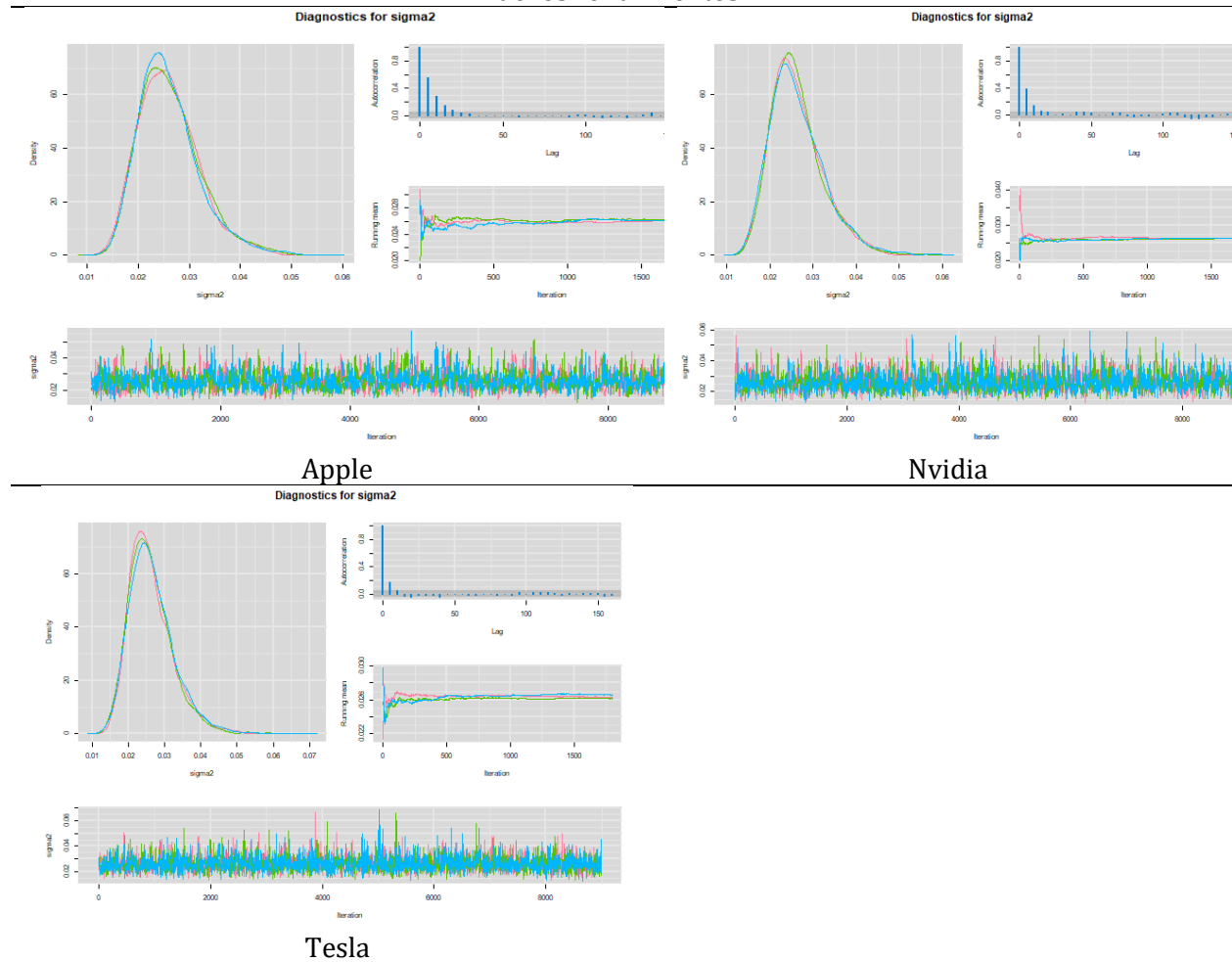
Nvidia



Tesla

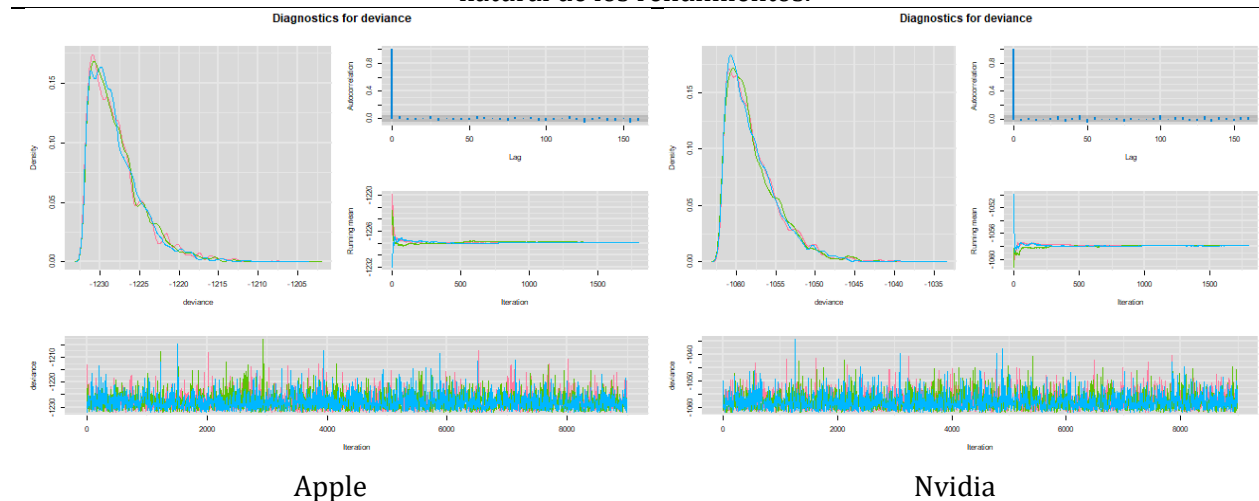
Fuente: Elaboración propia

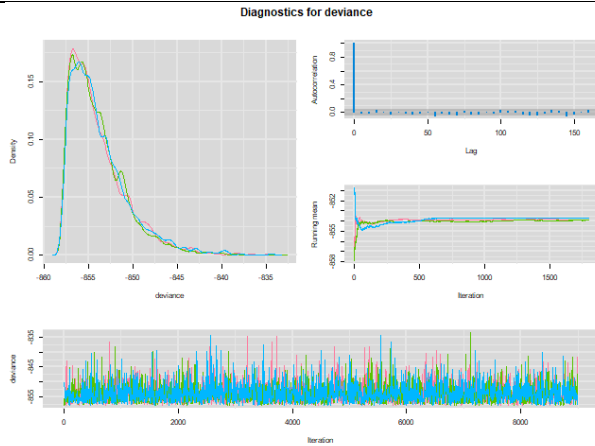
Cuadro A9. Diagnósticos de convergencia para el parámetro σ^2 , modelo MDSM, logaritmo natural de los rendimientos.



Fuente: Elaboración propia

Cuadro A10. Diagnósticos de convergencia para el desvío (deviance), modelo MDSM, logaritmo natural de los rendimientos.

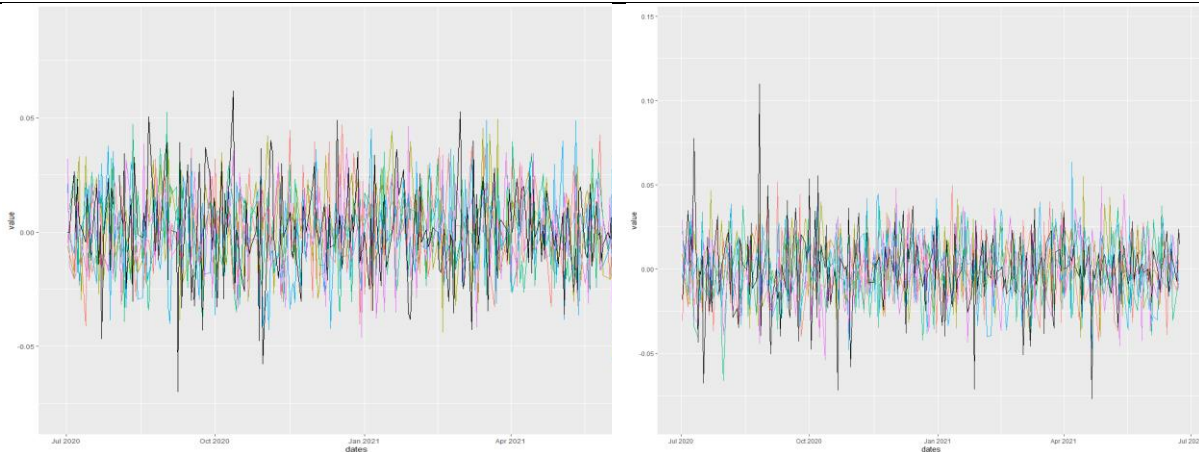




Tesla

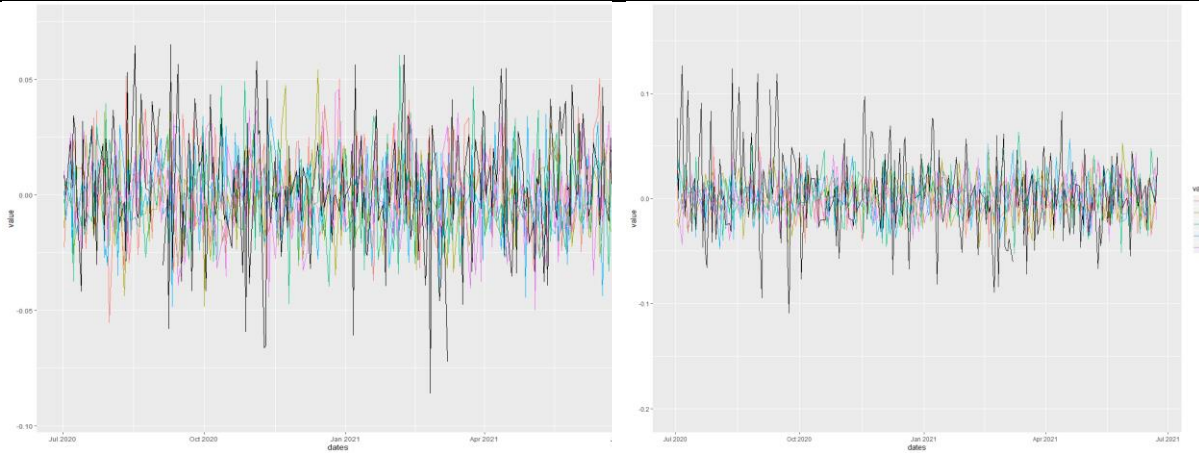
Fuente: Elaboración propia

Cuadro A11. Caminos simulados sobre la serie original del logaritmo natural de los rendimientos para las acciones: Apple, Nvidia y Tesla (serie de color negro), usando las estimaciones encontradas de manera bayesiana para el MDSM



Apple

Netflix

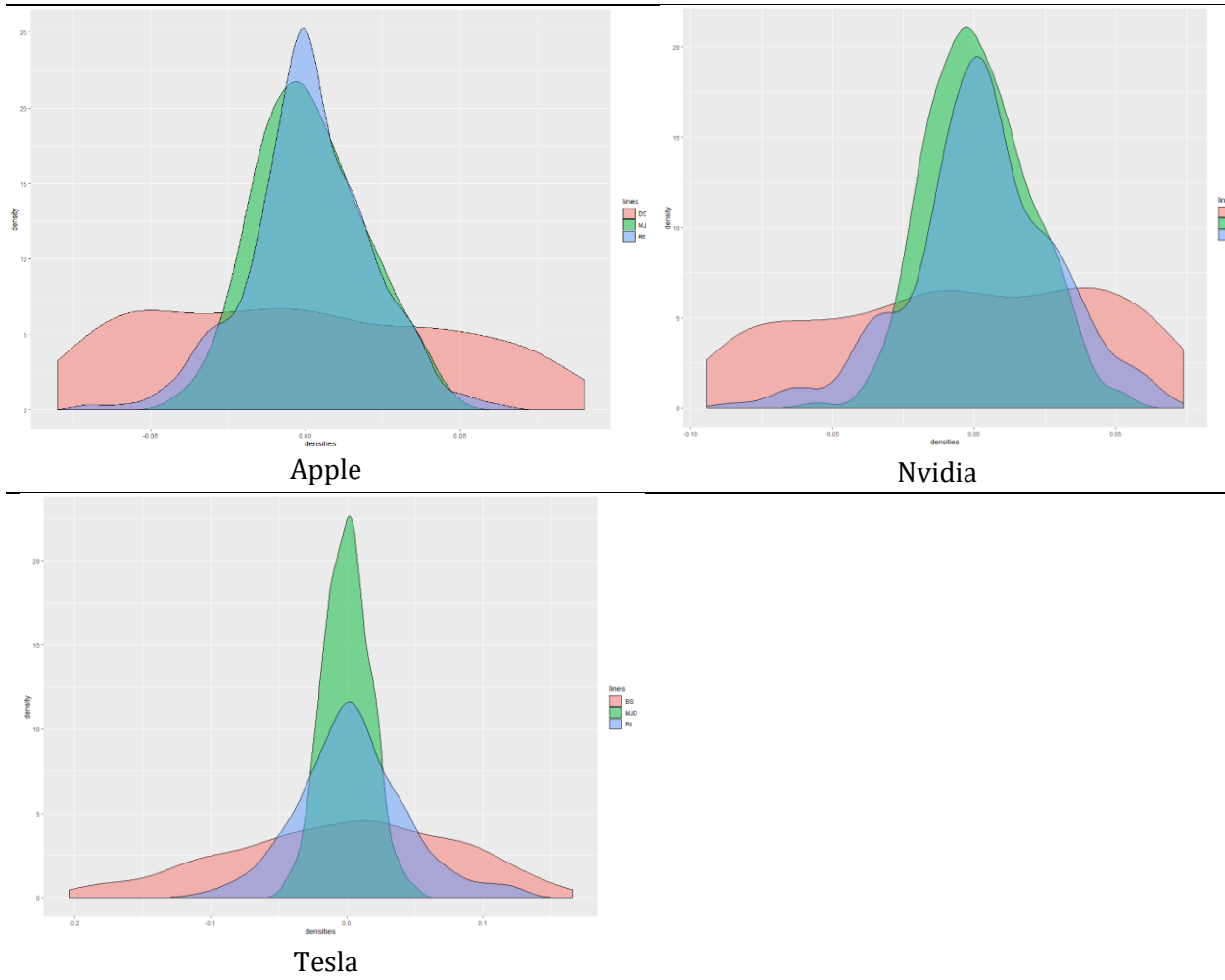


Nvidia

Tesla

Fuente: Elaboración propia

Cuadro A12. Distribuciones del logaritmo natural de los rendimientos (R_t) comparados a procesos simulados con el B&S y MDSM.



Fuente: Elaboración propia

Factores asociados a la adopción de la banca electrónica en México

José Wilmar Quintero Peña¹ - Institución Universitaria Politécnico Gran Colombiano, Colombia

Manuel Antonio Mejía Baños² - Fundación Universitaria Los Libertadores, Colombia

Resumen

El presente artículo tiene como objetivo identificar los factores asociados a la adopción de la banca electrónica en México, utilizando la Encuesta de Tecnologías de la Información y Comunicación del INEGI 2019; para lo cual, se utilizó el modelo probabilístico Logit y el modelo supervisado de árboles de decisión. Los resultados de esta investigación pretenden dar insumos para formular políticas públicas y estrategias de inclusión financiera. Entre las limitantes se encuentran los datos perdidos de variables de gran importancia, así como la no disponibilidad de características más específicas de la población. La aportación original es el uso de herramientas de aprendizaje profundo en el análisis de la adopción de banca electrónica para una economía en desarrollo. Se concluyó que: los individuos con mayor nivel educativo, usuarios frecuentes de Internet, de estratos socioeconómicos altos y habitantes de los centros urbanos más poblados, son quienes adoptan fácilmente la banca electrónica. *Clasificación JEL: E58, G28, O16, O33, P34.*

Palabras clave: arboles de decisión, banca electrónica, Logit, inclusión financiera.

Factors Associated to Electronic Banking Adoption in Mexico

Abstract

This document aims to identify the factors associated with the adoption of electronic banking in Mexico, using the Information and Communication Technologies Survey from INEGI 2019; for which, a probabilistic Logit model and the supervised model of decision tree were used. Results from this research intend to provide inputs to develop public policy and financial inclusion strategies. Its limits include lost data from significant variables, as well as the non-availability of more specific characteristics of population. The original contribution is the in-depth use of learning tools in the adaption of electronic banking analysis for a developing economy. It was concluded that individuals with higher education level, frequent Internet users, from high socioeconomic strata and inhabitants of the most populated urban centers are who adopt electronic banking easily.

JEL Classification: E58, G28, O16, O33, P34.

Keywords: random forests, electronic banking, Logit, financial inclusion.

¹ Autor de correspondencia. Docente-Investigador, Politécnico Gran Colombiano. E-mail: jquinterop@poligran.edu.co

² Magister en In Scienze Politiche Per La Pace El Integrazione Dei Popoli, Università Degli Studi di Salerno di Italia. Docente-investigador, Fundación Universitaria los Libertadores - Colombia. E-mail: mamejiab@libertadores.edu.co.

*Sin fuente de financiamiento para el desarrollo de la investigación



1. Introducción

El uso de los medios electrónicos en la cotidianidad laboral, social y personal se ha convertido en una necesidad latente. Por otra parte, con la aparición del COVID-19 —que ha obligado a los países y al mundo a entrar en confinamiento general con el objetivo de preservar la vida y contener el nivel de contagio—, se ha hecho evidente la importancia de los medios electrónicos y tecnológicos en el quehacer diario de la sociedad.

En México, donde el virus ha golpeado con gran fuerza de contagio y letalidad (Secretaría de Salud México, 2021), pensar en el uso de los medios electrónicos para realizar operaciones financieras —acceder a los bancos, realizar pagos, acceder a crédito y demás— es una alternativa importante para que la población no se exponga al virus. Por ello, el objetivo del presente artículo es analizar los factores que determinan la adopción de la banca electrónica por parte de la población mexicana.

A raíz de la expansión del COVID-19, se han replanteado muchas actividades humanas, entre ellas la forma de trabajar y relacionarnos con los demás. Todo esto con el fin de evitar los contagios por aglomeraciones. En este sentido, la adopción de la banca electrónica es una alternativa para evitar la asistencia física a una sucursal bancaria y exponerse a espacios con gran afluencia.

Desde esta perspectiva, es preciso decir que el uso de los medios electrónicos en las labores cotidianas, tanto para las familias como para los sectores productivos, llegó para quedarse. Por tal motivo, la adopción de la banca electrónica debe ser una realidad que le permita a las personas el acceso rápido y seguro a las diferentes operaciones bancarias. Además, debe ser una forma apta para democratizar la inclusión financiera de la población y permitir acceso a nuevos mercados en diferentes latitudes. Lo cual es posible y necesario, teniendo en cuenta que la banca electrónica hace parte y es eje fundamental del desarrollo del comercio electrónico. Sin embargo, los matices de la adopción de la banca electrónica por parte de los habitantes de una nación dependen de muchos factores políticos, culturales y tecnológicos, entre otros.

No obstante, el presente estudio analiza el acceso a la banca electrónica en México, lo que permite entender el funcionamiento del uso de las distintas tecnologías digitales que ofrece el mercado. Dado los grandes avances en la digitalización promovidos por la banca tradicional y principalmente por las Fintech (Tecnologías Financieras por su sigla en inglés Finance Technology), es relevante analizar los determinantes socioeconómicos que se relacionan con la adopción de la banca electrónica. Ese conocimiento no solo es importante para la promoción de políticas de inclusión financiera, sino también para los desarrolladores de nuevos modelos de negocios intensivos en el uso de datos.

Aquí se amplía la poca literatura que estudia los determinantes de la adopción de la banca electrónica en países en desarrollo. Además, a diferencia de la mayoría de las investigaciones, la presente no se limita a usar los modelos de regresión clásicos, sino que también incluye los árboles de decisión, metodología del aprendizaje de la máquina que permite generar una secuencia de cómo los consumidores ordenan sus decisiones. Así se convierte en un trabajo pionero el estudio de adopción de tecnologías digitales en contextos de países en desarrollo.

Como señala Suárez (2016), tras realizar un análisis diferencial de la adopción de dinero móvil en México y Kenia, la baja adopción de este tipo de pago en México obedece a la “captura del

regulador”, refiriéndose a las fuertes regulaciones presentes en el país. Por el contrario, en las últimas décadas, Kenia presenció un enorme crecimiento del uso del dinero móvil que involucró la inclusión financiera de su población. Fenómeno explicado por los bajos niveles regulatorios del país africano.

En esta orden de ideas, Ángel (2016) señala que en México existen tres clases de personas, agrupadas según las condiciones que causan la baja adopción de pagos electrónicos: el primer grupo se caracteriza por tener una baja inclusión financiera; el segundo corresponde a quienes no conciben que los pagos digitales funcionen como dinero, y el tercero está compuesto por quienes requieren mejoras en la implementación y en la confiabilidad de las transacciones de pago.

Esto se traduce en importantes retos, como se aprecia en la figura 1, más del 32% de las personas encuestadas manifestaron que prefieren realizar pagos de forma presencial, antes que operaciones electrónicas.

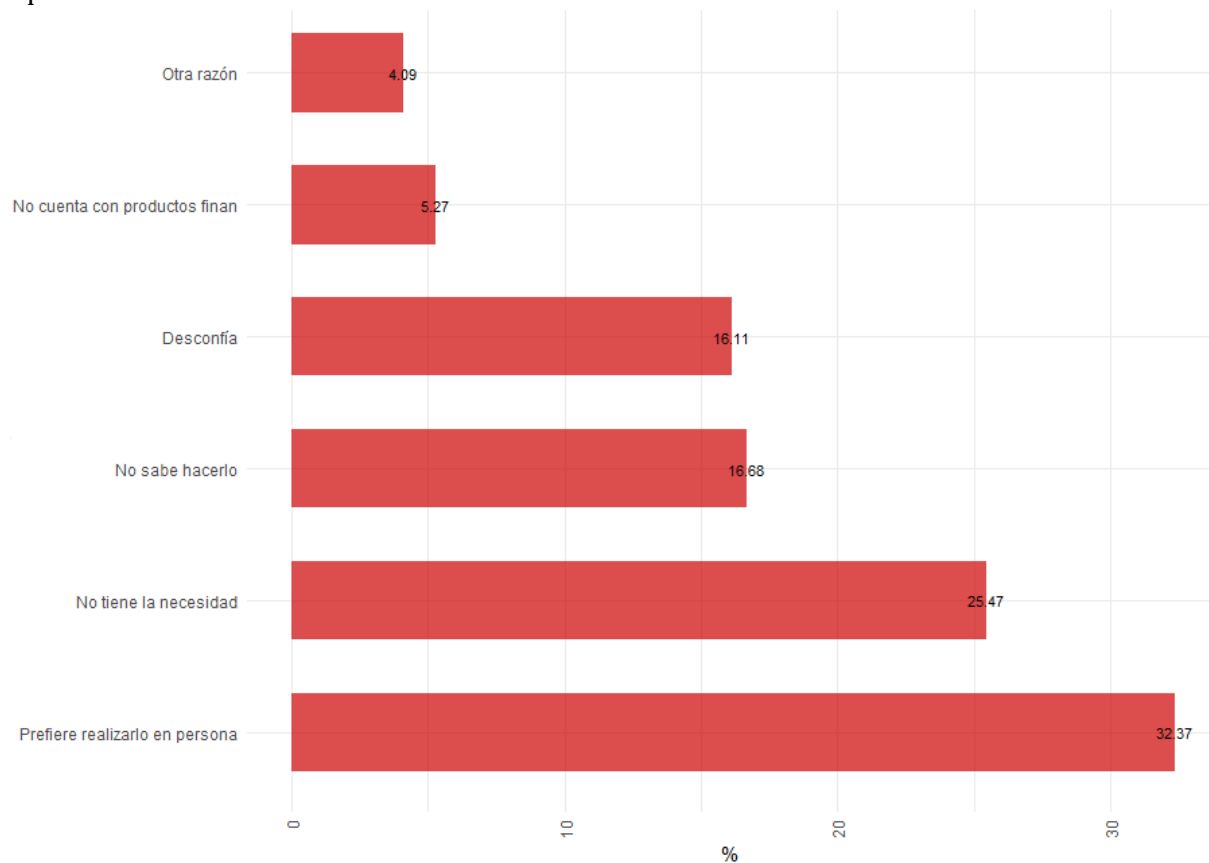


Figura 1. Razones por la que las personas en México no realizan pagos en línea.

Nota: Elaboración propia con base a ENDUTIH-2019.

Como se evidencia en la figura 1, algunas de las principales razones que actualmente limitan la realización de pagos digitales por parte de los ciudadanos son: creer que no tienen necesidad de hacerlo; no saber hacerlo, y desconfiar del uso de herramientas tecnológicas para este tipo de operaciones.

En esa misma línea, Ángel (2016) señala que otro importante factor de la baja adopción de pagos electrónicos es la existencia de la economía informal. La práctica de usar dinero en efectivo, por parte de este amplio sector de la economía, evita la vigilancia y reporte electrónico a las

autoridades. Máxime cuando en este mundo se solapan las actividades criminales y de comercio ilegal.

De otra parte, la población que utiliza la banca electrónica en México realiza mayormente operaciones de: consulta de saldo, transferencias, pagos de servicios públicos y compra de minutos para celular o tiempo al aire, como se observa en la figura 2. Como afirma el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) la banca electrónica se define así: “Conjunto de productos y procesos que permiten, mediante procedimientos informáticos, que el cliente pueda realizar transacciones bancarias sin necesidad de ir a la sucursal”.

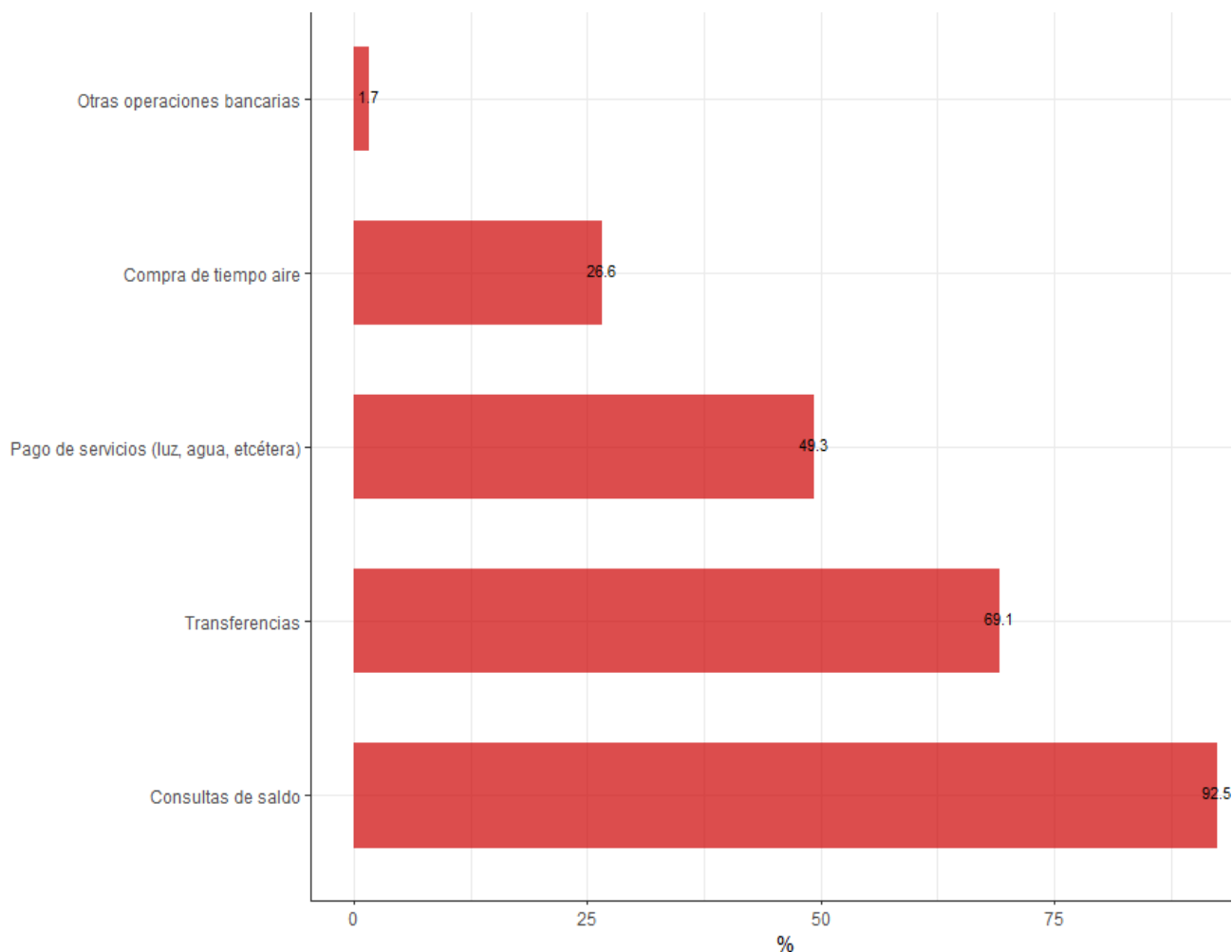


Figura 2. Operaciones realizadas por medio de Banca electrónica

Nota: Elaboración propia con base a ENDUTIH-2019.

No obstante, el uso del Internet y la tecnología en las actividades cotidianas se han convertido en una necesidad cada vez más apremiante. En el sector financiero, el uso de la tecnología ha mejorado las operaciones bancarias, tanto para los usuarios como para los bancos. Para autores como Mobayen, Ghahremani, Hasanpoor & Joorbonyan (2015) y Wanjiku & Mbugua (2018), la implantación de la banca electrónica genera mayores ganancias y competitividad operativa en las

entidades que la implementan. Según Muwando & Webb (2014), la banca electrónica mejoró la eficiencia operativa de los bancos que la implementaron en Zimbabwe. Desde la posición de Ikhsanova & Protski (2016), el uso de la banca electrónica mejoró la calidad de los servicios bancarios en Rusia. Para Mohammadi (2008) y Ali, Khalid & Omer (2020), la banca electrónica permite acceso fácil a los servicios bancarios y financieros por parte de los usuarios.

Teniendo presente todo lo anterior, este artículo se estructura en cuatro partes: en la primera, se presenta el estado del arte sobre la adopción de la banca electrónica a nivel mundial; en la segunda, se presentan la metodología y las especificaciones del modelo econométrico, así como las estadísticas descriptivas sobre usuarios y no usuarios de la banca electrónica en México; en la tercera, los resultados de las estimaciones del modelo Logit (efectos marginales, coeficientes lineales, heterogeneidad por tamaño de la población), y del Árbol de decisión sobre la adopción de la banca electrónica; por último, en la cuarta parte, se presentan las conclusiones y discusiones finales.

2. Revisión de literatura

Vejačka & Stofa (2017) estudiaron a través de un Modelo de Aceptación de Tecnología (Technology Acceptance Modelling, **TAM**) los determinantes de la adopción de banca electrónica en Eslovaquia y concluyeron que la seguridad y la percepción de confianza del usuario son los determinantes más importantes para adoptar la banca electrónica en dicho país. En un estudio anterior, también realizado mediante un modelo TAM, Vejačka (2014) determinó que las mujeres, la población entre los 20 a los 29 años y quienes consideran tener información suficiente sobre banca electrónica y perciben su utilidad, tienen mayor probabilidad de usar banca electrónica en Eslovaquia.

En Ucrania, el uso de la banca electrónica está limitado por la falta de seguridad y de legislación que protejan al consumidor (Kapinus & Skrygun, 2014). Sucede algo similar en la India, donde los problemas legales, socioculturales y de seguridad dificultan el uso de la banca electrónica (Karimzadeh & Alam, 2012). Para Inegbedion (2018), el conocimiento que tiene el usuario sobre el Internet y la facilidad de uso que perciba influyen positivamente en el uso de la banca electrónica. En Nigeria, la desconfianza en navegar en la red de los usuarios de Internet influye de manera negativa en su uso. En esta misma línea, Jerene & Sharma (2020), a través de un modelo TAM, determinaron que el riesgo financiero percibido por los usuarios influye de manera negativa en la decisión de usar la banca electrónica en Etiopía.

Desde la posición de Yates (2020), el conocimiento financiero, los ingresos, la educación y la posesión de tarjetas de crédito están asociados con una alta probabilidad de adopción de la banca electrónica. Por su parte, la edad avanzada se asocia negativamente con la probabilidad de adopción de la banca en línea y es menos probable que el consumidor afroamericano adopte la banca electrónica en EE.UU. Los autores Lee & Lee (2000), utilizando la encuesta del consumidor financiero de 1995 y basándose en la teoría de innovación y difusión, realizaron un análisis multivariado a través de un modelo Logit y determinaron que en EE.UU los consumidores más educados, más ricos y más jóvenes tienden a adoptar la banca electrónica más fácilmente que otros grupos poblacionales.

En Sudáfrica, los excluidos financieros no están dispuestos a usar la banca electrónica, pero entre las personas de altos ingresos su uso tiene alta aceptación (Bimha, 2015). Por otra parte, para Borraz, Bordonaba & Polo (2017), la percepción de complejidad y riesgo en el uso de la banca electrónica limitan las posibilidades de su adopción.

En México la literatura sobre factores determinantes en la adopción de banca electrónica es escasa, sin embargo, existen importantes investigaciones tendientes a explicar y caracterizar los retos de la banca digital. Avendaño (2017) establece que los principales retos de la banca digital en México se centran en encontrar un mecanismo de verificación de claves y usuarios de accesos que brinde confianza a los consumidores.

También (Araiza & Pedraza, 2019) plantean que en el área metropolitana de Monterrey, México, la utilidad y la facilidad de uso percibida por los usuarios tiene una incidencia significativa en la adopción de los servicios financieros en línea. Por su parte Ramírez, García, & Aranibar (2019) establecen que la satisfacción y la confianza son variables relacionadas de manera positiva con el uso de la banca en línea en México.

Así pues, Mejía & Quintero (2016) analizaron los determinantes del uso de la banca electrónica en Colombia, a través de un modelo probabilístico tipo Logit. Determinaron que existen marcadas diferencias regionales en la adopción de la banca electrónica. Asimismo, concluyeron que las personas que usan Internet con alta frecuencia, los jefes de hogar, quienes tienen entre 34 y 45 años, los hombres, las personas con ingresos altos y las personas con estudios universitarios tienen una mayor probabilidad de usar la banca electrónica en Colombia.

En esta misma línea, Flavián, Guinaliu & Torres (2006) plantean que la edad, el sexo y los ingresos son factores que influyen en la adopción de la banca electrónica. Para el uso frecuente del Internet, la tenencia de otro producto financiero y la confianza en la entidad financiera, influyen positivamente en el uso de la banca electrónica (Meyer, 2006; Lassala, Ruiz & Blas, 2007; y Szopiński, 2016). Citando a Angelakopoulos & Mihiotis (2011) encuentran que la educación es un factor determinante en el uso de la banca electrónica.

Por otra parte, Valverde & Fernández (2019) hacen un llamado a realizar investigaciones sobre la adopción de servicios financieros digitales, que incluyan el aprendizaje requerido para utilizar la máquina y los procesos neurológicos involucrados. En la discusión que plantean los autores, se señala que estos aspectos son muy importantes para entender en mayor detalle cómo toman decisiones los usuarios de servicios digitales. Tras analizar el caso de España, que estudian usando estos dos aspectos, sus resultados señalan que, una vez adoptadas la consulta de saldos financieros en línea, la consciencia sobre sus productos financieros y el pago de facturas por Internet, el usuario va digitalizándose progresivamente. Resultados que no solo aportan para responder preguntas sobre los determinantes, sino que pueden ayudar a entender mejor el funcionamiento de la decisión de adoptar o no la banca electrónica.

Otra línea que viene tomando fuerza en la explicación del uso de la banca electrónica es el surgimiento de la Fintech. En México, esta es una alternativa importante en el mundo de las finanzas, debido a que las empresas Fintech conquistan el mercado financiero con servicios ágiles, fáciles y de bajo costo, a través de páginas web que mejoran la accesibilidad de muchos usuarios a dichos servicios. El incremento de la oferta de productos financieros a través empresas Fintech en el segmento de pagos, es evidencia de ello en México, donde las remesas y préstamos han incrementado en 20.2% y 23.1% respectivamente, según el Banco Interamericano de Desarrollo (2018). En 2019, esta versatilidad de las Fintech llevó a que el Índice Global de Adopción de Fintech fuera del 72% (Global FinTech Adoption Index, 2019).

En coherencia con lo anterior, se observa que México es el país latinoamericano que presenta un mayor grado de desarrollo regulatorio con respecto a la Ley de la Fintech (Lavalleya, 2020). Dicha ley está basada en los principios de “inclusión e innovación financiera, promoción de la competencia, protección al consumidor, preservación de la estabilidad financiera, prevención de operaciones ilícitas y neutralidad tecnológica”.

Según el Fondo Monetario Internacional (2019), la importancia del avance en la regulación y de la adopción de la Fintech, es que, debido a la operatividad de tales emprendimientos, las empresas Fintech tienen el potencial de impulsar la competencia y poner presión sobre los márgenes, aliviando así las consecuencias adversas de una alta concentración del sistema bancario tradicional. Lo cual podrá traducirse en una mayor inclusión financiera en el territorio mexicano.

3. Metodología

3.1 Especificaciones y modelos

Para analizar los determinantes del uso de banca electrónica en México se propone un análisis de regresión múltiple, con variable dependiente binaria que está representada por 1, si la persona encuestada reportó usar banca electrónica, y por 0, en caso contrario. Puntualmente se establece la siguiente especificación:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 Th + \beta_2 Rural + \beta_3 Estrato + \beta_4 Sexo + \beta_5 Edad + \beta_6 Educación + \beta_7 Empleado + \beta_8 Usuario\ freq\ internet + \beta_9 Jefe + \beta_9 Privacidad + \beta_9 Fraudes + ei \quad (1)$$

Donde Y_i representa la variable dependiente binaria antes mencionada. Dada la estructura binaria de estas variables, se propone el modelo de probabilidad lineal. Así, la regresión corresponde a la probabilidad de que la variable dependiente sea 1, dadas las diferentes covariables.

Según Stock & Watson (2019), los coeficientes estimados de cualquier regresor son el cambio en la probabilidad de $Y_i = 1$ asociado con una unidad de cambio en las covariables. Sin embargo, como también lo señalan Stock & Watson (2019), logit y probit son modelos de regresión no lineal, específicamente diseñados para variables dependientes binarias. Lo anterior se debe a que, para una regresión con una variable dependiente binaria, tiene más sentido adoptar una formulación no lineal que acote los valores predichos antes que acotarlos entre cero y uno. Otro argumento a favor es el relacionado con el hecho de que la distribución de probabilidad acumulada produce probabilidades entre cero y uno.

Se utiliza el modelo Logit —que tiene una función de distribución acumulada de probabilidad, porque supone una distribución logística en los residuales del modelo con variable latente. La siguiente ecuación presenta la función de distribución logística no lineal:

$$P(Y_i = 1 / (X_1, X_2, \dots, X_k)) = F(\beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X + \dots + \beta_K X_k) = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X + \dots + \beta_K X)}} \quad (2)$$

Las estimaciones se realizan por el método de máxima verosimilitud. Lo que presenta dificultades para su interpretación respecto al Método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO). Por

tanto, es más conveniente usar los efectos marginales, o sea, la derivada parcial de la probabilidad respecto a cada una de las variables en su valor promedio, que se definen de la siguiente manera:

$$\frac{\partial P(Y_i = 1/X)}{\partial X_k} = \frac{\partial E(Y/X)}{\partial X_k} = \frac{\partial F(X\beta)}{\partial X_k} = f(X\beta)\beta_i \quad (3)$$

Establecen Álvarez et al. (2013) que su interpretación se funda en el efecto que tiene un cambio en una unidad de X_k sobre la probabilidad de que se presente el evento determinado, manteniendo constante las demás variables explicativas.

Atendiendo el llamado de Valverde & Fernández (2019) sobre la importancia de estudiar la adopción de servicios financieros digitales no de forma econométrica sino incluyendo herramientas del Aprendizaje Automático y la Neuroeconomía, se realizó un ejercicio complementario. Es así como, en el presente estudio se incluyó en particular el Aprendizaje Automático, mediante la metodología de “bosques de decisión” que analiza la secuencia en la ocurrencia de variables que determinan que los usuarios de banca electrónica tomen la decisión de adoptarla.

3.2 Fuente de la Data

Los datos analizados provienen de la Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares (ENDUTIH) 2019. Se utilizaron los cuatro módulos de información, especialmente el referente a usuarios de TIC que contiene 21.620 observaciones. Después de realizar la limpieza de la base de datos con las variables utilizadas, las observaciones válidas se reducen a cerca de 13.000. A continuación, en la tabla 1, se describen las variables utilizadas en el modelo a estimar.

Tabla 1. Variables implementadas en las estimaciones

Variables	Detalle de la variable según la ENDUTIH
Banca electrónica (1=usa; 0=no usa)	En los últimos tres meses, ¿ha hecho uso de la banca electrónica?
Tamaño del hogar (Th)	Total de personas en la vivienda <=4 personas toma el valor de uno; 0, si es mayor.
Tamaño de la población	1 = 100.000 o más habitantes 2 = 15.000 a 99.999 habitantes 3 = 2.500 a 14.999 habitantes 4 = menor de 2.500 habitantes
Área (Rural=1; Urbana=0)	Población rural y urbana
Estrato socioeconómico ³ . Bajo(referencia)	1 Bajo 2 Medio bajo 3 Medio alto 4 Alto
Sexo (1=Mujer; 0=Hombre)	1 Hombre 2 Mujer
Edad, <28(referencia)(1); >28-34(2); >34-44(3) >45(4).	¿Cuántos años cumplidos tiene (NOMBRE)?

Educación (1, si es licenciatura o mayor; 0, para grados menores)	¿Hasta qué año o grado aprobó (NOMBRE) en la escuela? Nivel
Trabajar (1, si la semana pasada trabajó; 0, caso contrario).	¿La semana pasada trabajo?
Alta frecuencia en el uso de TIC-dispositivos (1, si es todos los días, es decir, 7 días por semana; 0, otra frecuencia).	Generalmente, ¿cuántos días a la semana usa la computadora, laptop o tablet?
Alta frecuencia uso de Internet, navegar más de seis horas al día en la red.	En promedio, ¿cuántas horas al día utiliza Internet?
Desconfianza (1, si ha sido víctima de fraude y violación de la privacidad; 0, otra situación)	" En los últimos tres meses por el uso del Internet, ¿ha tenido... fraudes con información (financiera, personal, etcétera)?" y "7.16 En los últimos tres meses por el uso del Internet, ¿ha tenido... violación a la privacidad?"
Jefe de hogar(1, si es jefe de hogar; 0, caso contrario)	¿Qué es (NOMBRE) del jefe(a) del hogar? 1 Jefe(a)(referencia), 2 Esposo(a) o compañero(a), 3 Hijo(a) 4 Nieto(a), 5 Otro parentesco, 6 Sin parentesco

Nota: Las variables utilizadas son *ad-hoc* con base a las empleadas en la literatura y disponibilidad en la ENDUTIH en el año 2019.

3.3 Estadísticas Descriptivas

En la tabla 2, se muestran la media y la desviación estándar de las variables empleadas. Allí se aprecia que solo el 16.8 % de los encuestados usan banca electrónica y el 20 % usa Internet más de seis horas. De la misma manera, se aprecian diferencias importantes en las características poblaciones entre los usuarios y no usuarios de banca electrónica.

Tabla 2. Estadística descriptiva

Estadístico	N	Media	St. Dev.
Tamaño del hogar	13,193	0.715	0.452
Rural	13,193	0.254	0.435
Tamaño de la población	13,193	2.116	1.282
Estrato	13,193	2.422	1.042
Edad	13,193	2.434	1.260
Banca electrónica	13,193	0.168	0.374
Jefe	13,193	0.396	0.489
Sexo	13,193	0.474	0.499
Educación	13,193	0.283	0.451
Alta freq internet	13,193	0.202	0.401
Fraudes	13,193	0.045	0.208
Ocupados	13,193	0.593	0.491
Privacidad	13,193	0.039	0.194

Nota: Elaboración propia con base a **ENDUTIH-2019**.

La tabla 3 muestra una estadística descriptiva de los usuarios y no usuarios de banca electrónica. El análisis adicional muestra que las diferencias entre los rangos de edad son

importantes: los usuarios menores de 28 años representan el 21% del grupo de usuarios y el 40 % del grupo de no usuarios. Ahora bien, entre los menores de 28 años, el 10% son usuarios de banca electrónica; en el grupo de quienes están entre los 28 y 34 años de edad, el 24 % son usuarios; entre los 34 y 44 años, el 23%, y de los mayores de 44, solo el 18 % son usuarios. En la tabla 3 también se muestran las pruebas de diferencias en medias de los usuarios y no usuarios, en todos los casos se muestran diferencias estadísticamente significativas.

Solo el 11% de los usuarios de banca electrónica residen en la zona rural. De los hogares que usan banca electrónica, el 81 % está conformado por 4 o menos integrantes.

En lo referente al tamaño de la población, cerca del 70 % de los usuarios de banca electrónica se encuentran en ciudades de 100.000 y más habitantes. Cuanto más grande sea la ciudad en términos del número de habitantes, mayor es el uso de banca electrónica. En las ciudades de 100.000 y más habitantes, el 20.8 % de los encuestados manifestó usar banca electrónica; en ciudades con menos de 2.500 habitantes, sólo el 7.1%.

En lo que toca a los estratos socioeconómicos, se aprecia que cerca del 34 % de las personas de estrato 4 reportaron usar banca electrónica, y solo el 5 % de las personas de estrato 1 lo hacen. Por su parte, los jefes de hogar presentan mayores niveles de uso de banca electrónica. Se evidencian importantes diferencias en cuanto al género: el 20 % las mujeres usan banca electrónica y solo el 14 % los hombres. Entre los usuarios de banca electrónica, el 68 % tienen por lo menos un grado de licenciatura; en el grupo de los no usuarios, solo el 20 % tienen grado de licenciatura o superior.

Tabla 3. Descriptivas de los usuarios y no usuarios de banca electrónica

Variables	Usuarios			No usuarios			Diferencias de media	
	N	Mean	St. Dev.	N	Mean	St. Dev.	Diff	t
Tamaño del hogar	2,218	0.816	0.388	10,975	0.694	0.461	-0.137	-14.84
Rural	2,218	0.115	0.320	10,975	0.282	0.450	0.166	20.92
Tamaño de la población	2,218	1.630	1.054	10,975	2.214	1.302	0.585	23.14
Estrato	2,218	3.049	0.966	10,975	2.295	1.010	-0.758	-33.77
Edad	2,218	2.692	1.142	10,975	2.381	1.276	-0.449	-16.70
Jefe	2,218	0.523	0.500	10,975	0.370	0.483	-0.190	-16.59
Sexo	2,218	0.552	0.497	10,975	0.459	0.498	-0.085	-7.41
Educación	2,218	0.684	0.465	10,975	0.202	0.402	-0.502	-47.93
Alta freq internet	2,218	0.419	0.493	10,975	0.158	0.365	-0.301	-26.93
Fraudes	2,218	0.091	0.288	10,975	0.036	0.186	-0.058	-9.25
Ocupados	2,218	0.801	0.400	10,975	0.552	0.497	-0.249	-25.62
Privacidad	2,218	0.078	0.269	10,975	0.031	0.174	-0.050	-8.48

Nota: Elaboración propia con base a **ENDUTIH-2019**.

Entre los encuestados que navegan en internet más de 6 horas, el 34 % son usuarios de banca electrónica; de los que utilizan el internet entre 6 horas o menos, solo el 12 % son usuarios de banca

electrónica. En la tabla 3, se aprecia una gran diferencia en las horas de navegación entre los grupos de usuarios y no usuarios: más de 20 puntos porcentuales. De otra parte, el 80 % de los que usan la banca electrónica reportan estar ocupados.

De las personas que fueron afectadas por fraudes o violación de su privacidad, en ambos casos, el 34 % son usuarios de banca electrónica. También se observa que los usuarios más afectados por los problemas de privacidad y fraudes son quienes presentan mayor exposición en la red.

La tabla 4 relaciona las correlaciones entre las variables que se analizan en el presente estudio. En México, la educación a nivel de licenciatura o superior presenta la mayor correlación positiva con la adopción de banca electrónica. También muestran una correlación positiva las siguientes variables: el estrato socioeconómico, el hecho de navegar en la red más de seis horas, estar laborando, tener un hogar de 4 o menos integrantes, reportar fraude o violación de la privacidad y ser mujer.

Tabla 4. Matriz de correlaciones

	Banca electrónica	Tamaño del hogar	Rural	Tamaño de la población	Estrato	Edad	Jefe	Sexo	Educación	Tiempo de navegación	Fraudes	Ocupado	Privacidad
Tamaño del hogar	0.10***	1											
Rural	-0.14***	-0.07***	1										
Tamaño de la población	-0.17***	-0.11***	0.86***	1									
Estrato	0.27***	0.16***	-0.46***	-0.58***	1								
Edad	0.09***	0.18***	-0.11***	-0.15***	0.19***	1							
Banca electrónica	1	0.10***	-0.14***	-0.17***	0.27***	0.09***							
Jefe	0.12***	0.23***	-0.07***	-0.08***	0.09***	0.42***	1						
Sexo	0.07***	0	-0.02	-0.01	-0.01	-0.03***	0.31***	1					
Educación	0.40***	0.13***	-0.20***	-0.23***	0.35***	0.10***	0.09***	0.03***	1				
Tiempo de navegación	0.24***	0.05***	-0.13***	-0.18***	0.21***	-0.14***	-0.01	0.03**	0.23***	1			
Fraudes	0.10***	0	-0.05***	-0.06***	0.06***	0.02*	0.03***	0.04***	0.08***	0.07***	1		
Ocupado	0.19***	0.08***	-0.07***	-0.07***	0.04***	0.21***	0.31***	0.27***	0.14***	0.10***	0.05***	1	
Privacidad	0.09***	0	-0.04***	-0.05***	0.07***	0.02**	0.02**	0.03***	0.07***	0.04***	0.29***	0.04***	1

Nota: Las *** muestran que los coeficientes de correlación son significativos al 1%.

Por otro lado, residir en zona rural y vivir en poblaciones pequeñas, en términos del número de habitantes, muestran una correlación negativa en la adopción de banca electrónica en México.

4. Resultados y discusión

En la tabla 5, se muestran los coeficientes del modelo de probabilidad lineal y los efectos marginales del modelo probabilístico. Dadas las bondades de la interpretación y luego de realizar las pruebas Akaike y Bayesianas, se elige el modelo de distribución logística.

Se observa que en hogares con 4 o menos integrantes la probabilidad aumenta en 2.4 puntos porcentuales, respecto a familias con mayor número de integrantes. Este es el resultado esperado, y consistente con otras encuestas de hogares en México, por ejemplo, Orraca (2014) señala que hogares más grandes tienden a ser más pobres y enfrentan mayores restricciones económicas.

En la tabla 6 se analizan los efectos heterogéneos por el tamaño de la población, el efecto marginal es similar para las ciudades con menos de 100.000 habitantes; para las poblaciones de menor tamaño, no se encuentra significancia estadística determinante en la explicación del uso de banca electrónica en México. Por su parte, en la estadística descriptiva se aprecia poco uso de la banca electrónica por parte de los habitantes del área rural, pues no se evidencia un coeficiente estadísticamente significativo a la hora de adoptar la banca electrónica.

A medida que aumenta el estrato socioeconómico también lo hace la probabilidad de usar banca electrónica: pertenecer al estrato cuatro aumenta la probabilidad de acceder a la banca electrónica en 12 puntos porcentuales. Este incremento porcentual es de 15 puntos en las ciudades con más de 100.000 habitantes.

Como se puede apreciar en las tablas 5 y 6, ser mujer aumenta la probabilidad de adoptar banca electrónica en cerca de 3 puntos porcentuales, respecto a los hombres. El tamaño del efecto marginal se mantiene en las poblaciones grandes; en las pequeñas no existe significancia estadística.

Entre las variables de especial interés se encuentran los rangos de edad de la población. Se evidencia un incremento en la probabilidad de adoptar banca electrónica cuando aumenta el rango de edad. Entre los que se encuentran en el rango de 28 a 34 años, la probabilidad aumenta en cerca de 6 puntos porcentuales, respecto a los menores de 28 años.

Sin embargo, tal aumento es menor en el rango de los mayores de 44 años. Ahora bien, tales incrementos porcentuales son mayores en las poblaciones grandes, pues es tres veces más probable que accedan a la banca electrónica las personas del rango de 28 a 34 años de poblaciones de más de 100.000 habitantes, respecto a los menores de 28 años de poblaciones de menos de 2.500 habitantes (0.08 vs 0.025).

De otra parte, tener un grado de licenciatura o superior es la variable que incrementa en mayor proporción la adopción de banca electrónica: en 16 puntos porcentuales. Tal incremento es mayor en las poblaciones con más de 100.000 habitantes. De hecho, el incremento es el doble respecto a las poblaciones más pequeñas. Estos resultados son los esperados, pues se ve una buena aproximación al ingreso de los hogares.

Tabla 5. Efectos marginales modelo logit y coeficientes lineales

VARIABLES	(1) MCO	(2) Efectos marginales
Tamaño del hogar	0.0157** (0.00338)	0.0214*** (0.00318)
Rural	0.00745 (0.00776)	-0.00114 (0.00829)
Estrato 2	0.0106* (0.00411)	0.0324*** (0.00630)
Estrato 3	0.0605*** (0.00680)	0.0818*** (0.0101)
Estrato 4	0.128*** (0.00900)	0.128*** (0.0114)
Sexo(Mujer =1)	0.0178 (0.00783)	0.0232*** (0.00298)
Edad >28-34	0.0650* (0.0238)	0.0631*** (0.00583)
Edad >34-44	0.0623** (0.0127)	0.0606*** (0.0120)
Edad>44	0.0260** (0.00770)	0.0339*** (0.00898)
Educación(>=Licenciatura)	0.240*** (0.0195)	0.165*** (0.000805)
Ocupado	0.0721** (0.0212)	0.0796*** (0.00814)
Usuario frecuente internet	0.120*** (0.00793)	0.0911*** (0.0140)
Jefe	0.0159 (0.00746)	0.0114 (0.00741)
Privacidad	0.0700** (0.0133)	0.0450*** (0.0123)
Fraudes	0.0723** (0.0141)	0.0469*** (0.0109)
Constante	-0.0791* (0.0266)	
Observaciones	13,193	13,193
Pseudo R2 (Mc Fadden's)	0.226	0,2426

Nota: Las estimaciones se realizaron con errores estándar robustos. Se realizaron las comparaciones entre los estimadores por Mínimos Cuadrados Ordinarios y Máxima Verosimilitud. En ambos casos las pruebas sugieren el modelo probabilístico, sumado a sus bondades en la estimación. La significancia de los coeficientes es, respectivamente, así: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1. Se incluyeron clúster del tamaño de la población.

Estar ocupado aumenta la probabilidad de usar banca electrónica, en cerca de 8 puntos porcentuales, respecto a tener otra condición. Ese incremento porcentual va disminuyendo a medida que la ciudad es más pequeña. Es así como el incremento porcentual en la probabilidad de usar banca electrónica es cuatro veces mayor en las ciudades grandes, respecto a las más pequeñas. Por otro

lado, navegar en Internet más de seis horas diarias presenta un importante porcentaje de crecimiento en la adopción de la banca electrónica en México como se observa en la tabla 6. El valor del efecto marginal es más alto para los habitantes de localidades que se encuentran entre 15.000 y 99.000 habitantes.

Tabla 6. Efectos marginales modelo logit. Heterogeneidad por tamaño de la población

	100,000 y más habitantes	15,000 a 99,999 habitantes	2,500 a 14,999 habitantes	menor a 2500 habitantes
Tamaño del hogar	0.0223*	0.0388*	0.0183	0.00952
	(0.0117)	(0.0217)	(0.0170)	(0.00979)
Rural				-0.156
				(0.108)
Estrato 2	0.0350*	0.00378	0.0163	0.0252***
	(0.0186)	(0.0310)	(0.0156)	(0.00882)
Estrato 3	0.105***	0.0310	0.127***	
	(0.0176)	(0.0333)	(0.0404)	
Estrato 4	0.158***	0.0570	0.176***	-0.0426
	(0.0180)	(0.0401)	(0.0359)	(0.0347)
Sexo(Mujer =1)	0.0315***	0.0383**	0.00245	0.0107
	(0.00951)	(0.0192)	(0.0156)	(0.00952)
Edad >28-34	0.0879***	0.0701**	0.0322	0.0259**
	(0.0154)	(0.0276)	(0.0233)	(0.0123)
Edad >34-44	0.0683***	0.107***	-0.00270	0.0506***
	(0.0139)	(0.0277)	(0.0211)	(0.0131)
Edad>44	0.0372***	0.0613**	-0.00181	0.0379***
	(0.0125)	(0.0253)	(0.0211)	(0.0128)
Educación(>Licenciatura)	0.207***	0.162***	0.124***	0.0977***
	(0.00819)	(0.0172)	(0.0144)	(0.00884)
Ocupado	0.110***	0.0704***	0.0603***	0.0283***
	(0.0106)	(0.0218)	(0.0172)	(0.0101)
Usuario frecuente internet	0.0981***	0.128***	0.0597***	0.0818***
	(0.00904)	(0.0186)	(0.0169)	(0.00930)
Jefe	0.00515	-0.00316	0.0323*	0.0220**
	(0.0103)	(0.0213)	(0.0174)	(0.0106)
Privacidad	0.0452**	0.112***	0.00941	0.0396*
	(0.0190)	(0.0383)	(0.0421)	(0.0210)
Fraudes	0.0536***	0.0141	0.0302	0.0626***
	(0.0179)	(0.0382)	(0.0332)	(0.0178)
Constant				
Observaciones	6,800	1,435	1,586	3,372
Pseudo R2 (Mc Fadden's)	0,2275	0,2073	0,2108	0,2139

Nota: Las estimaciones se realizaron con errores estándar robustos. La significancia de los coeficientes es respectivamente: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1.

Finalmente, en los resultados de la regresión logística descrita en la tabla 6, se observa que las personas que han reportado ser víctimas de fraude y haber tenido problemas que afectan su privacidad se encuentra asociado a un incremento en la probabilidad de usar banca electrónica. Esto significa que, a pesar de sus malas experiencias, deciden seguir utilizando los servicios.

La última estrategia empírica consiste en usar la metodología de *randomforest*, que Lizares (2017) define como una técnica de aprendizaje supervisado que genera múltiples árboles de decisión sobre un conjunto de datos de entrenamiento, de tal manera que los resultados obtenidos se combinan con el objetivo de obtener un único modelo más robusto, en comparación con los resultados de cada árbol por separado. Señalan Valverde & Fernández (2019) que esta metodología indica y ordena las variables que determinan que un individuo utilice o no un servicio financiero digital. También resaltan la importancia del tipo de análisis, ya que a partir de los resultados se podrían conocer los factores principales que influyen en la toma de decisiones, frente a aquellos que simplemente inciden pues son de segundo orden o menos discriminantes.

En el presente estudio se dimensiona la adopción de la banca electrónica por parte de los individuos en México, a partir de las mismas variables utilizadas en los modelos de regresión. Se procedió a realizar la clasificación entre los no usuarios y los usuarios de banca electrónica, mediante el Algoritmo de *randomforest*, con el lenguaje de programación R. Se construyeron aleatoriamente 500 árboles de decisión con el conjunto de características establecidas en la tabla 1.

En el panel (a) de la figura 4, se pueden apreciar las variables que permiten encontrar mayor similitud entre los árboles; en el panel (b), se muestran las variables que reducen en mayor medida el error de estimación. Se encuentra que las principales variables son, en su orden:

- La educación: en la medida en que los individuos tengan mayores niveles educativos (licenciatura y niveles superiores), con mayor probabilidad serán usuarios de banca electrónica en México. Este es un resultado esperado, dado que es un buen proxy del ingreso de los individuos.
- Ser usuario frecuente de Internet: a medida que un individuo se encuentre por encima del promedio mundial diario de navegación en Internet, se irá convirtiendo en usuario de banca electrónica más fácilmente.
- Ocupación: estar trabajando, factor que también se relaciona con los ingresos disponibles.
- Estrato socioeconómico: cuanto más elevado sea el estrato, habrá mayor conocimiento y adopción de la banca electrónica, respecto a los estratos menos favorecidos.

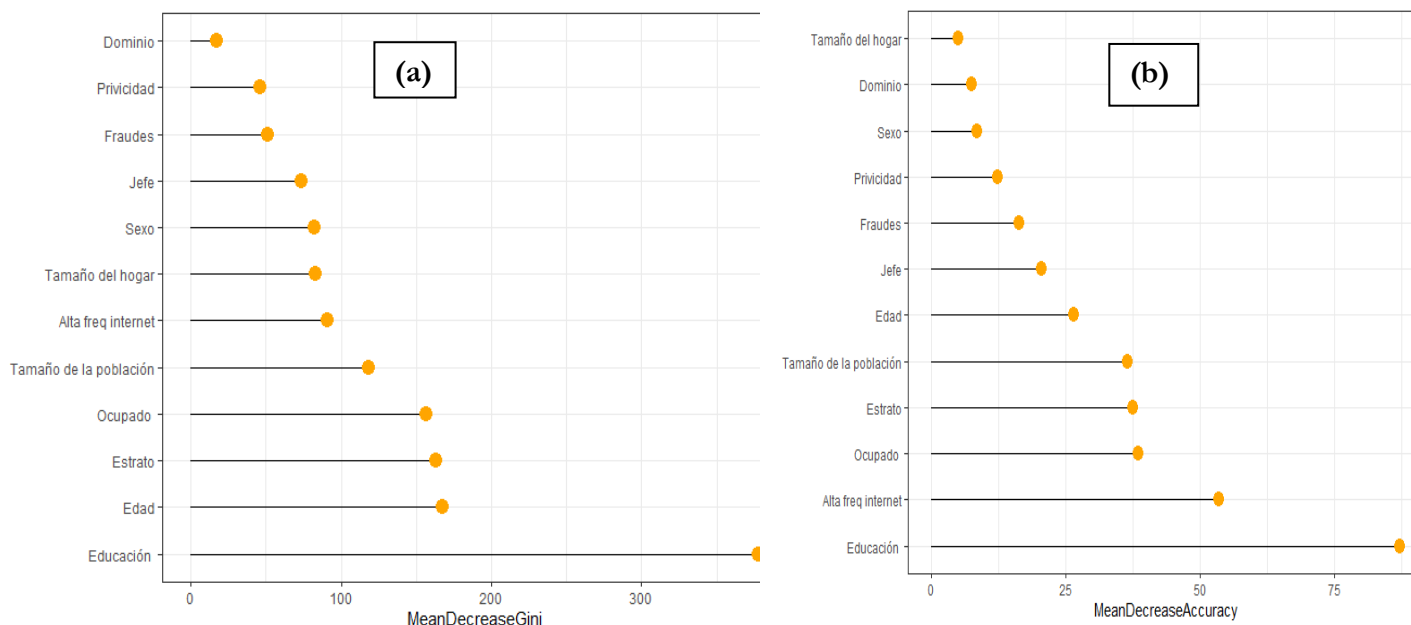


Figura 3. Predicción de los árboles de decisión de las variables más importantes para la predicción de la adopción de banca electrónica

Nota: (a) Relaciona la similitud entre los árboles comparados y (b) las variables que reducen en mayor medida la estimación. Las medidas de sensibilidad y ajuste se pueden apreciar en el anexo 1.

Con base en los principales factores que se muestran en la figura 3, se puede predecir en casi un 90 % si un individuo adoptará o no la banca electrónica en México. En la figura 4, se muestra la secuencia en la ocurrencia de factores determinantes que afectan a los individuos que no adoptan la banca electrónica. La secuencia empieza por la condición de tener niveles educativos menores a la licenciatura; sigue con el tiempo de navegación en Internet menor de seis horas diarias; luego, aparecen los hechos de vivir en el estrato socioeconómico uno o dos, no ser jefe de hogar y estar desempleado.

En el extremo derecho se clasifican los individuos que sí adoptan la banca electrónica. Los factores determinantes son, en su orden: tener licenciatura o mayores niveles educativos, estar empleados, vivir en estrato 3 y 4, y navegar más de seis horas diarias en la red. Estos resultados están en sintonía con resultados de los efectos marginales de la regresión logística, pero ofrecen la ventaja de establecer un orden secuencial que permite enfocar mejor las políticas orientadas a aumentar la inclusión financiera.

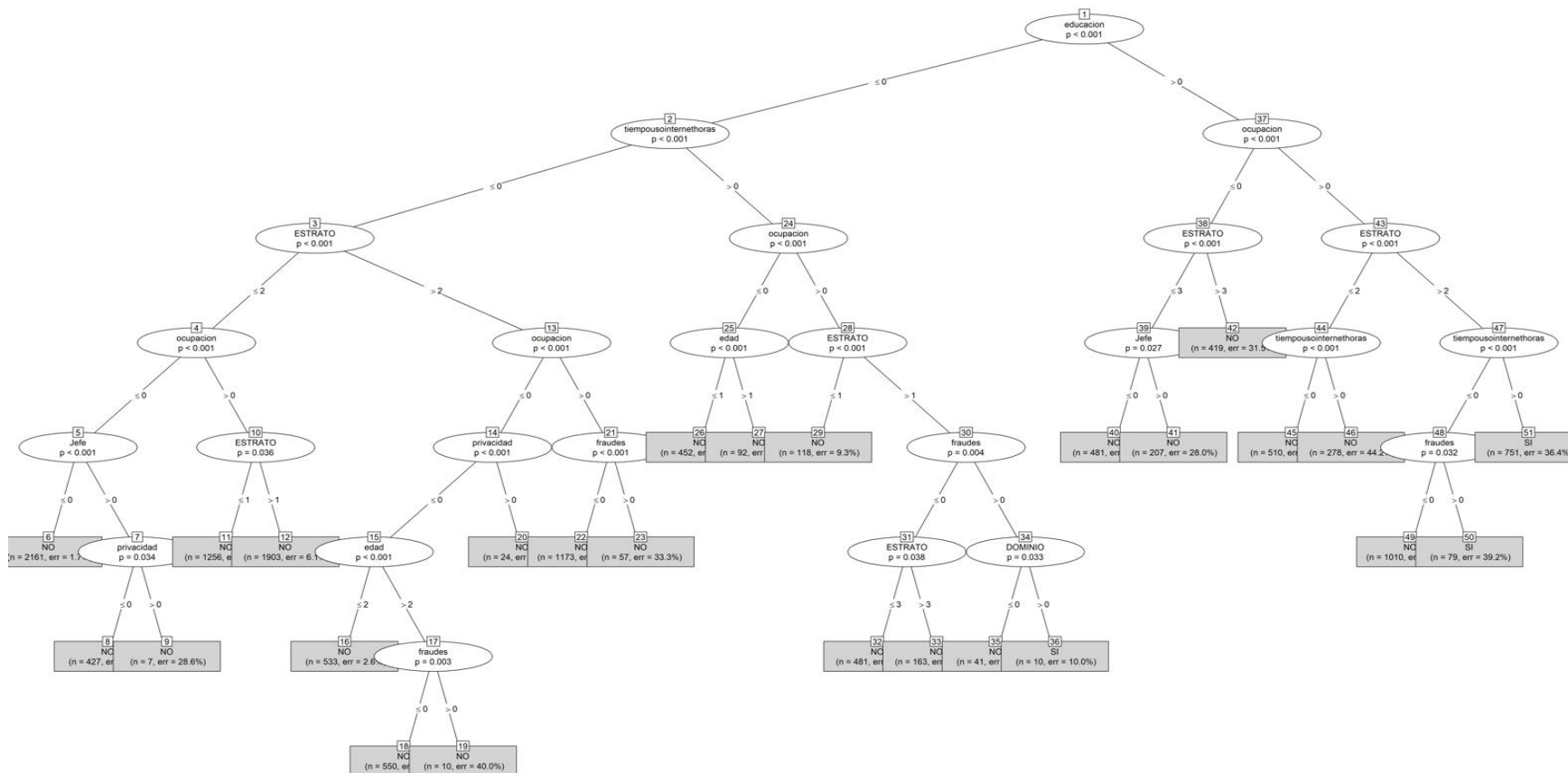


Figura 4. Árbol de decisión sobre la adopción de la banca electrónica en México

Nota: Elaborada en el lenguaje de programación R con el paquete RandomForest, que permite realizar los entrenamientos necesarios para clasificar según las variables a los individuos que adoptan o no la banca electrónica en México.

En coherencia con lo planteado por Yates (2020), Lee & Lee (2000), Mejía & Quintero (2016) y Angelakopoulos & Mihiotis (2011), los resultados del modelo probabilístico y el árbol de decisión muestran con claridad que poseer mayor nivel educativo tiene una incidencia positiva en la probabilidad de adopción de la banca electrónica. Y en coherencia con lo planteado por Inegbedion (2018), Mejía & Quintero (2016) y Szopiński (2016), los resultados muestran que las personas que navegan más horas al día en Internet tienen mayor probabilidad de usar la banca electrónica.

Esta misma probabilidad positiva se evidencia en la población con edades entre los 28 y 39 años, las personas ocupadas y las categorizadas en estratos 4 y 5. Estos resultados son insumos para que se puedan orientar políticas públicas sectorizadas que generen un mayor nivel de eficacia a la hora de corregir la exclusión financiera de la población.

Antes de cerrar, queremos recordar que en México las personas que reportan haber sido víctimas de fraudes o haber tenido algún problema con su privacidad tienen mayor probabilidad de adoptar banca electrónica. Lo cual resulta contrario a lo establecido por Vejačka & Stofa (2017) en Eslovaquia; Kapinus & Skrygun (2014) en Ucrania; Karimzadeh & Alam (2012) en la India; Inegbedion (2018) en Nigeria, y Jerene & Sharma (2020) en Etiopia, donde la percepción de inseguridad disminuye la probabilidad de adoptar la banca electrónica.

Los resultados muestran que a las personas de estrato social más alto y más educadas se les facilita el acceso a la banca electrónica. Lo que sugiere la necesidad de una propuesta más inclusiva para otros segmentos de la población. En este sentido, Mungaray, Gonzalez & Osorio (2021) señalan que aumentar los niveles de educación financiera puede mejorar a su vez los niveles de inclusión social y bienestar, sin importar el estrato social del individuo.

5. Conclusiones, recomendaciones finales

Este artículo presenta un estudio empírico sobre la adopción de la banca electrónica en México. Mediante información a nivel de individuo, métodos tradicionales de econometría y técnicas de aprendizaje supervisado de Machine Learning, se analizaron los determinantes de la adopción de la banca electrónica. Las dos técnicas usadas se complementan: mientras la primera estableció los cambios en la probabilidad de adoptar la banca electrónica, la segunda estableció una secuencia ordenada de las variables empleadas en el modelo, según su incidencia en la adopción de la banca electrónica. Se encontró que los individuos con mayores niveles educativos, asiduos a la navegación en la red y pertenecientes a los estratos más altos, son quienes ostentan las variables más relevantes tanto en magnitud como en orden para adoptar la banca electrónica.

Los retos que ha generado la propagación del COVID-19 demandan cambios de comportamiento y adopción de diversas acciones que disminuyan los riesgos asociados a la pandemia. La banca electrónica juega un rol fundamental para facilitar la vida de las personas, en lo referente al manejo de sus recursos financieros. Por lo tanto, establecer y analizar las principales determinantes, así como la secuencia en que ellas influyen sobre la toma de decisiones de los individuos se convierte en un elemento relevante para proponer políticas públicas de inclusión financiera. Políticas diseñadas no solo para las personas más educadas y con mejores condiciones financieras sino para todos los segmentos de la población.

En lo referente a las políticas públicas, es posible generar un aumento en la inclusión financiera mediante la adopción de productos digitales, se podría focalizar en programas de educación financiera informal y formal principalmente en los estratos socioeconómicos uno y dos. También, la disminución de brechas digitales mediante la alfabetización digital entre la población de mayor edad. Así mismo, programas para los informales que representa una porción importante de la población ocupada en México, con el fin de que conozcan los medios digitales para realizar las operaciones bancarias. Lo anterior demanda acciones para todos los actores involucrados en el ecosistema financiero y las instituciones de formación de capital humano.

En México, el porcentaje de uso de banca electrónica entre los encuestados es solo del 16.8%. Lo que se puede considerar una oportunidad para que los hacedores de políticas públicas y el sector privado puedan, de manera estratégica, explotar la posibilidad de ampliar la inclusión financiera y la penetración de los servicios financieros a través de la banca electrónica. Así, podrían mitigar el aumento de los contagios de COVID -19 generados por las aglomeraciones y el contacto físico entre las personas.

Referencias

- [1] Ali, M., Khalid, S., & Omer, E. A. (2020). *The Influence of the Information and Communication Technologies Regulation Policies in Sudan on Electronic Banking Usage*. 693-700. doi:10.1007/978-3-030-36671-1_63
- [2] Álvarez, R. A. R., Calvo, J. A. P., Torrado, C. A. M., & Mondragón, J. A. U. (2013). *Fundamentos de econometría intermedia: teoría y aplicaciones*. Universidad de los Andes.
- [3] Angel, G.A. D. (2016). *Limits to Cashless Payments and the Persistence of Cash. Hypotheses About Mexico*. In: Batiz-Lazo B., Efthymiou L. (eds) *The Book of Payments*. Palgrave Macmillan, London. Doi:10.1057/978-1-137-60231-2_12
- [4] Angelakopoulos, G., & Mihiotis, A. (2011). *E-banking: Challenges and oportunities in the Greek banking sector*. *Electronic Commerce Research*, 11, 297-319. doi:10.1007/s10660-011-9076-2
- [5] Araiza, V. d., & Pedraza, S. Y. (2019). *Aceptación de servicios financieros en línea por los consumidores del área metropolitana de Monterrey*. *Apuntes Contables*, 11-38. Doi:10.18601/16577175.n24.02. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/230105423.pdf>
- [6] Avendaño, C. (2017). *Los retos de la banca digital en México*. *IUS. Revista del Instituto de Ciencias Jurídicas de Puebla A.C.*, 12(41), 87-108. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/2932/293258387006.pdf>
- [7] Banco Interamericano de Desarrollo. (2018). *FINTECH América Latina 2018 Crecimiento y consolidación*. BID Finnovista, 1-137. Obtenido de <https://publications.iadb.org/es/fintech-america-latina-2018-crecimiento-y-consolidacion>
- [8] Bimha, A. (2015). *Complaints of Electronic Banking juxtaposed with Financial Inclusion - A South African Perspective*. *Banks and Bank Systems*, 13-25.
- [9] Borraz, M. J., Bordonaba, J. V., & Polo, R. (2017). *FUNCTIONAL BARRIERS TO THE ADOPTION OF ELECTRONIC BANKING: THE*. *Revista de Economía Aplicada*, XXV(75), 87-107. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/969/96954075004.pdf>
- [10] Flavián, C., Guinaliu, M., & Torres, E. (2006). *How bricks-and-mortar attributes affect online banking adoption*. *Revista Internacional de*, 24(6), 406-426. Doi:10.1108/02652320610701735

-
- [11] Fondo Monetario Internacional. (2019). *Fintech in Latin America and the Caribbean: Stocktaking*. WP/19/71, 2-52. Obtenido de <https://www.imf.org/en/Publications/WP/Issues/2019/03/26/Fintech-in-Latin-America-and-the-Caribbean-Stocktaking-46677>
- [12] Global FinTech Adoption Index. (2019). *As FinTech becomes the norm, you need to stand out*. 1-42. Doi:10.47473/2020rmm0059. Obtenido de https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/en_gl/topics/banking-and-capital-markets/ey-global-fintech-adoption-index.pdf
- [13] Ikhsanova, L., & Protsko, E. (2016). *Electronic banking: Tool of transforming the interaction between banks and clients and improving the service quality of the Russian banks*. JOUR, 73-79.
- [14] Inegbedion, H. (2018). *Factors that Influence Customers' Attitude toward Electronic Banking in Nigeria*. Journal of Internet Commerce. doi:10.1080/15332861.2018.1463482
- [15] INEGI. (2019). *Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares (ENDUTIH) 2019*.
- [16] Jerene, W., & Sharma, D. (2020). *The Adoption of Banking Technology and Electronic Financial Services: Evidence from Selected Bank Customers in Ethiopia*. International Journal of Electronic Finance, 310-3028. doi:10.1504/IJEF.2019.104080
- [17] Kapinus, L., & Skrygun, N. (2014). *Development of Electronic Banking Technologies in Ukraine*. Economics and management of enterprises, 55-58.
- [18] Karimzadeh, M., & Alam, D. (2012). *Electronic banking challenges in India: An empirical investigation*. Interdisciplinary journal of contemporary research in business, IV (2), 31-45.
- [19] Lassala, N. C., Ruiz, C., & Blas, S. (2007). *Los servicios financieros en Internet: un estudio de las decisiones de compra*. Boletín económico de ICE, Información Comercial Española, 2906, 19-36. doi: ISSN 0214-8307
- [20] Lavalleya, M. (2020). *Panorama de las fintech: principales desafíos y oportunidades para el Uruguay*. serie Estudios y Perspectivas-Oficina de la CEPALen Montevideo(48), 1-36.
- [21] Lee, E.-J., & Lee, J. (2000). *Haven't Adopted Electronic Financial Services Yet? The Acceptance and Diffusion of Electronic Banking Technologies*. Financial Counseling and Planning, XI (1), 49-60.
- [22] Lizares, M. (2017). *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*. Doi:10.33539/avpsicol.2020.v28n2.2250. Recuperado el 10 de marzo de 2020 de http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/7122/Lizares_cm.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [23] Mejía, B. A., & Quintero, W. (2016). *Determinantes del uso de la banca electrónica en Colombia*. Finnova, II (3), 15 - 27.
- [24] Meyer, T. (2006). *Banking online boosts and curbs customer loyalty*. Deutsche bank research, 5.
- [25] Mobayen, N., Ghahremani, A., Hasanpoor, M., & Joorbonyan, S. (2015). *Investigating the impact of the level of using electronic banking on gaining competitive advantage: (Case Study: Melli bank branches in Mazandaran province)*. I J A B E R, XIII(6), 4175-4192. Obtenido de https://serialsjournals.com/abstract/69295_4175-4192.pdf
- [26] Mohammadi S, A. S. (2008). *ECC-Based Biometric Signature: A New Approach in Electronic Banking Security*. ISECS. Doi:10.1109/isecs.2008.98
- [27] Muwando, S., & Webb, M. (2014). *Managers and Employees' Perception of the Impact of Electronic Banking on Bank Operational Efficiency. A Case of Commercial Banks in Zimbabwe*. Mediterranean Journal of Social Sciences, V (23), 85-90. Doi:10.5901/mjss.2014.v5n23p85. Obtenido de https://pdfs.semanticscholar.org/2d37/d8639c2edf3ac194637147bef3db2dfe76ae.pdf?_ga=2.114566599.1363195991.1598107975-1290868695.1598107975

- [28] Mungaray, A. , Gonzalez Arzabal, N. , & Osorio Novela, G. . . (2021). *Educación financiera y su efecto en el ingreso, en México. Problemas Del Desarrollo*. Revista Latinoamericana De Economía, 52(205). <https://doi.org/10.22201/iiec.20078951e.2021.205.69709>
- [29] Orraca, P. (2014). *El trabajo infantil en México y sus causas*. Problemas del desarrollo, 45(178), 113-137. [https://doi.org/10.1016/s0301-7036\(14\)70878-8](https://doi.org/10.1016/s0301-7036(14)70878-8)
- [30] Ramírez, B. C., García, R. ,, & Aranibar, G. ., (2019). *La relación de la confianza, la actitud y el compromiso en el uso de la banca en línea*. Revista de Investigación Latinoamericana en Competitividad Organizacional. Obtenido de <https://www.eumed.net/rev/rilco/03/banca-linea.html>
- [31] Secretaría de Salud México. (2021). Datos Abiertos. Dirección General de Epidemiología. Todo sobre el COVID-19. México. Obtenido de <https://datos.covid-19.conacyt.mx/#COMNac>
- [32] Suárez, S. L. (2016). *Poor people's money: The politics of mobile money in Mexico and Kenya*. Telecommunications Policy, 40(10-11), 945-955. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2016.03.001>
- [33] Szopiński, T. S. (2016). *Factors affecting the adoption of online banking in Poland*. Journal of Business Research, 4761-4768. doi: 10.1016/j.jbusres.2016.04.027.
- [34] Valverde, S. C., & Fernández, F. R. (2019). *Patrones de acceso a la banca digital: aproximaciones tradicionales, aprendizaje automático y neuroeconomía*. Papeles de Economía Española, (162), 14-177.
- [35] Vejačka, M. (2014). *Customer acceptance of electronic banking: Evidence from Slovakia*. Journal of Applied Economic Sciences, IX, 514-522. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/277980429_Customer_acceptance_of_electronic_banking_Evidence_from_Slovakia/citation/download
- [36] Vejačka, M., & Stofa, T. (2017). *Influence of security and trust on electronic banking adoption in Slovakia*. E+M Ekonomie a Management, XX, 135-150. doi:10.15240/tul/001/2017-4-010
- [37] Wanjiku, K., & Mbugua, D. (2018). *Effect of Electronic Banking on Performance of Commercial Banks in Kenya*. International Journal of Social Sciences and Information Technology, IV (5), 393-407.
- [38] Yates, S. (2020). *Factors Associated with Electronic Banking Adoption*. Journal of Financial Counseling and Planning, 31, JFCP18. doi:10.1891/JFCP-18-00079

NOTAS

1. Adicionalmente, uno de los principales atractivos de los árboles de decisión es que pueden aceptar un problema no lineal extremadamente complejo, con una amplia gama de posibilidades variables predictoras, y reducirlo a un procedimiento que sea fácilmente entendido por un usuario no técnico.
2. La variable estrato resulta de un componente principal que realiza INEGI tiene más de 20 variables, no solo del ingreso, lo que los convierte en un índice de los activos.
3. 3Se definió una variable dummy que toma el valor de uno, si los usuarios usan más de 6 horas diarias internet. Ese valor es el promedio mundial de navegación según Hootsuite, en su informe digital de 2019. Para el caso de México, el promedio es 8 horas al día.

ANEXOS

A1. Matriz de confusión y medidas de sensibilidad

Reference
Prediction NO SI
NO 7483 778
SI 223 779

Accuracy : 0.8919
95% CI : (0.8854, 0.8982)
No Information Rate : 0.8319
P-Value [Acc > NIR] : < 2.2e-16

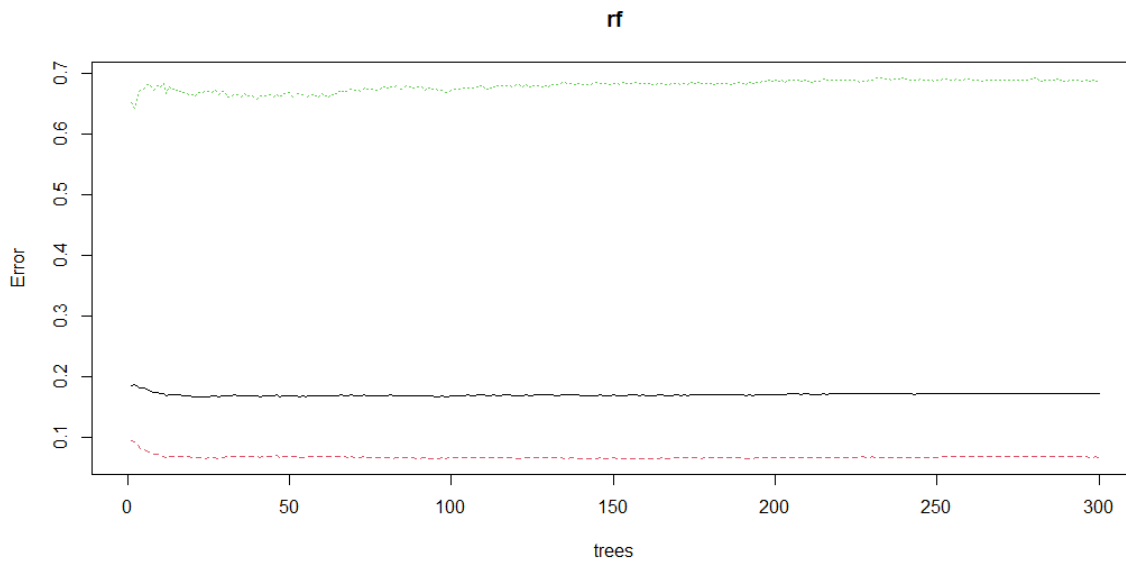
Kappa : 0.5495

Mcnemar's Test P-Value : < 2.2e-16

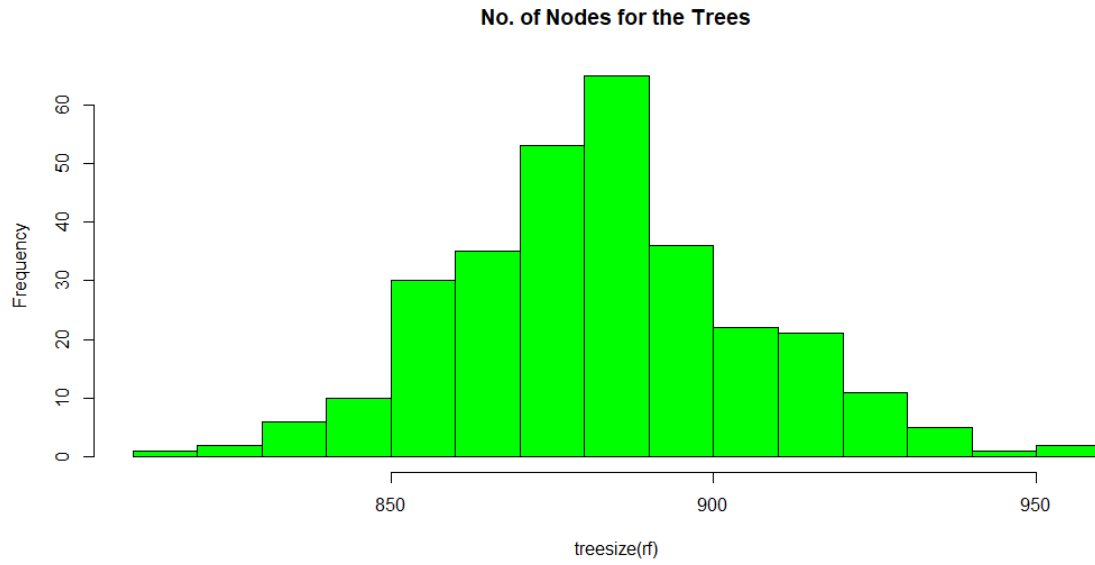
Sensitivity : 0.9711	Specificity : 0.5003
Pos Pred Value : 0.9058	Neg Pred Value : 0.7774
Prevalence : 0.8319	Detection Rate : 0.8078
Detection Prevalence : 0.8918	Balanced Accuracy : 0.7357

'Positive' Class : NO

A2. Variación del error



A3. Histograma de los árboles



El desempeño financiero de la empresa y la composición del consejo de administración

Adriana María Berrocal González¹ - Deloitte, México

Lili Domínguez Ortíz² - Universidad Iberoamericana, México

Fernando José Mariné Osorio³ - Universidad Anáhuac, México

Liliana Raquel Ruiz Fuentes⁴ - Universidad del Valle de México, México

Resumen

Con base en la Teoría de Dependencia de Recursos (TDR) y la Teoría de Agencia (TA), esta investigación tiene por objetivo analizar si existe una relación entre el número y tipo de consejeros (constructo consejo de administración) con respecto a indicadores de desempeño financiero de la empresa con base en ROA, ROE, Margen de Beneficio Neto, ingresos por empleado y riesgo sistemático de mercado-beta (constructo desempeño financiero). Utilizando el método innovador y adecuado para muestras pequeñas PLS-SEM, se crea un modelo teórico basado en la revisión de literatura y un modelo de medición que opera con base en correlaciones múltiples y simultáneas entre las variables seleccionadas. Los resultados muestran la conformación de dos constructos y denotan una relación estadísticamente significativa entre ambos. Se tiene la limitante de ser un análisis exploratorio y transversal. El estudio es original en la aplicación del método estadístico al campo del gobierno corporativo y las finanzas y en la selección de variables. Se concluye que el modelo teórico planteado es eficiente para continuar estudiando los constructos en las empresas.

Clasificación JEL: C32, C51, G34, G38, G39, G30.

Palabras clave: consejo de administración, consejeros independientes, desempeño financiero de la empresa, PLS-SEM.

Company's Financial Performance and Board of Directors Composition

Abstract

Based on the Resource Dependence Theory (TDR) and the Agency Theory (TA), this research aims to analyze whether there is a relationship between the number and type of directors (construct board of directors) concerning indicators of financial performance of the company based on ROA, ROE, Net Profit Margin, Income Per Employee, and Beta or Systematic Risk (construct financial performance). Using the innovative and suitable method for small samples, PLS-SEM, authors create a theoretical model based on literature review and a measurement model that operates based on multiple and simultaneous correlations between the selected variables. The results show the conformation of two constructs and denote a statistically significant relationship between them. It has the limitation of being an exploratory and transversal analysis. The study is original in applying the statistical method to the field of corporate governance and finance and in the selection of variables. It is concluded that the proposed theoretical model is efficient in studying the constructs in companies.

JEL Classification: C32, C51, G34, G38, G39, G30.

Keywords: board of directors, independent directors, company financial performance, PLS-SEM, corporate governance.

¹ ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9908-5259>

² ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4265-5294>

³ ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9979-0430>

⁴ Autor de correspondencia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9058-3865>; Email: liliana.ruiz@uvmnet.edu

*Sin fuente de financiamiento para el desarrollo de la investigación



1. Introducción

Existe cierto consenso entre investigadores de diversas latitudes respecto a la estrecha relación entre las prácticas de gobierno corporativo (GC) y el desempeño financiero en las empresas (Bhagat y Bolton, 2008; Fulghieri y Suominen, 2012; Ayda et al., 2017) y más aún, de la relación entre el desempeño financiero y la conformación del consejo en términos de tamaño e independencia (Uribe-Bohorquez et al., 2018).

Uno de los elementos comúnmente estudiados en la relación de prácticas de GC con el desempeño financiero de la empresa es el tamaño y la independencia del consejo de administración (Brown y Caylor, 2004; Garg, 2007; Fuzi et al., 2016; Zabri et al., 2016; Alabdullah et al., 2018; Rashid, 2018; Zhou et al., 2018; Kao et al., 2019), siendo los resultados en su mayoría consistentes sobre la manera en que se relacionan estos constructos.

En la comunidad académica la base de datos *Science Direct* muestra un crecimiento sostenido del volumen de artículos año con año, en torno a este tema, desde inicios del siglo XXI. Si bien en los años más recientes, los estudios corresponden en buena medida a economías emergentes como India, China, Malasia y Turquía entre otras (Topak, 2011; Liu., 2015; Fuzi et al., 2016; Alabdullah et al., 2018), también se tiene el antecedente de estudios en economías desarrolladas algunos en países como España, Alemania, Reino Unido y Estados Unidos (Barnhart et al., 1994; Klein, 1998; Guest, 2009; Arosa., 2010, 2013; Bermig y Frick, 2010). Un tercer grupo de estudios se puede encontrar sobre países en Asia y Oceanía (Kim, 2005; Alabdullah et al., 2018; Rashid, 2018; Kao et al., 2019).

Con respecto a América Latina y en particular para México, se identifica un vacío en el estudio del tema y es en ello en lo que la presente investigación se propone contribuir (Baker et al., 2020; Watkins, 2018).

Estudios realizados por Chong y López de Silanes (2006, 2007) señalan la ausencia de un funcionamiento adecuado de los mercados de capitales en América Latina, ante un marco legal deficitario y la falta de mecanismos de control que promuevan el desarrollo de prácticas de GC. Dichos autores concluyen que en México existe evidencia de que más de una década de baja protección al inversionista ha tenido como consecuencia que el mercado de valores de este país sea uno de los más pequeños y con menores niveles de desarrollo en el mundo. Ya Macías y Román (2014) describían la necesidad de incidir en la protección al accionista minoritario para promover mejoras en las prácticas de GC en las empresas mexicanas; la relevancia de las buenas prácticas de gobierno corporativo en el desempeño financiero de la empresa en particular en México, se pone de manifiesto también en Valencia Herrera y Ruiz Rivera (2019) quienes encuentran que los inversionistas institucionales evitan las empresas con alto nivel de control familiar y optan en su lugar por el riesgo de mercado; los autores destacan una relación entre elementos de gobierno corporativo y la rentabilidad de las empresas.

En el contexto de esta corriente descrita de *Law & Finance*⁵ (Porta et al., 1998), la composición del consejo de administración es una de las variables más utilizadas para estudiar la relación entre prácticas de gobierno corporativo y el desempeño financiero de las empresas (Reyna, 2012). Conocer

⁵ Se utiliza el anglicismo ya que hace referencia a una corriente de pensamiento que no hay otra forma de representar y no solo a un concepto o término.

e impulsar de una mejor manera la conformación del consejo de administración puede contribuir a fortalecer el mercado. En la actualidad, ante la baja protección al inversionista y la tercera concentración de propiedad más alta en el mundo (con tasas de 67%, tan sólo después de Grecia y de Colombia), las grandes empresas migran a mercados de valores en otras latitudes para tener acceso al capital, a veces con mejores términos, como lo demuestra el hecho de que el 38% de las empresas listadas en el mercado mexicano estén también listadas en EE.UU (Chong y López de Silanes, 2007).

Al tenor de la literatura revisada, el objetivo de esta investigación es analizar si existe una relación estadística entre el número y tipo de consejeros con respecto a indicadores de desempeño financiero de la empresa. Para ello, se crea un modelo teórico basado en la revisión de literatura y para el tratamiento de datos empíricos, se utiliza un método especialmente apto para muestras pequeñas e innovador, de correlaciones múltiples y simultáneas, entre las variables seleccionadas que es el método PLS-SEM.

Esta investigación con base en la literatura, propone un modelo teórico y uno de medición, que permiten organizar la evidencia empírica del tamaño e independencia del consejo de administración y examinar el grado de correspondencia entre los resultados esperados que proporciona el modelo y las observaciones (Vargas Chanes, 2019). La investigación que a continuación se desarrolla, abona evidencia empírica para las empresas en México y contribuye al conocimiento teórico en el campo del GC.

Para este análisis se utilizó la información de las respuestas al “Cuestionario para Evaluar el Grado de Adhesión al Código de Principios y Mejores Prácticas de Gobierno Corporativo”⁶ (CCE, 2018b), reportado anualmente por las empresas listadas en la BMV. El Código surgió en el marco de reformas que buscaban mejorar la rendición de cuentas a los inversionistas externos y teniendo como base el estudio de los cambios voluntarios y obligatorios de GC en las empresas mexicanas (Macías y Román, 2014). Por otra parte, para el desempeño financiero se utilizaron indicadores de tres categorías diversas: retorno empresarial, valor por empleado y riesgo de mercado, tomados de los reportes financieros anuales de las Empresas⁷.

El análisis teórico es conducido a la luz de dos teorías que fijan la mirada en el grado de control interno o externo que ejerce una organización, para gestionar las presiones del sistema empresarial en el que se desenvuelve y para alcanzar las metas deseadas, siendo éstas: a) la teoría de la dependencia de recursos (TDR) (Pfeffer y Salancik, 1978, 2003) que pone el acento en el control externo, la participación de consejeros independientes y la capacidad de adaptación de la organización a su entorno, y b) la teoría de agencia (TA) (Jensen y Mekling, 1976), relacionada con el control interno y los conflictos que puedan surgir entre el binomio principal-agente o principal-principal.

Para alcanzar el objetivo planteado, la investigación se desarrolla en cuatro apartados. El primero presenta la revisión de literatura con un análisis dialógico del tema, incluyendo el modelo teórico propuesto con sus variables. El segundo apartado describe la metodología utilizada para examinar la relación entre el tamaño de consejo y los tipos de consejeros y variables de desempeño financiero de la empresa. Esta sección incluye las fuentes de información y los datos utilizados de 31

⁶ Anexo 1 del Código de Principios y Mejores Prácticas de Gobierno Corporativo, emitido por el Consejo Coordinador Empresarial (CCE) en el año 2018.

⁷ Consultados en *Eikon Reuters* en junio 2019 utilizando datos de enero-diciembre 2018.

empresas⁸ que conforman el IPC en 2019 en México. El tercer apartado presenta de forma detallada la naturaleza y los resultados del modelo teórico con base en la información empírica. Finalmente, el cuarto y último apartado expone las conclusiones y nuevas líneas de investigación identificadas.

2. Estado del arte

Si bien es cierto que el GC se define como un “sistema bajo el cual las sociedades son dirigidas y controladas” (CCE, 2018a) y tiene como objetivo principal, el desplegar acciones directivas para lograr la transparencia y rendición de cuentas que favorezcan las inversiones a largo plazo, la estabilidad financiera y la integridad en los negocios (OECD, 2016); un enfoque más amplio comprende el despliegue de un esquema de gobernanza que le garantice a la empresa estar bien dirigida y encaminada en la dirección correcta (Tricker, 2012; Ullah et al., 2018) .

Sin lugar a dudas, el GC cobra cada vez mayor importancia debido a su impacto en la generación de valor e ingresos en las organizaciones; ya que ha dejado de ser un instrumento exclusivo de protección de los accionistas minoritarios, para convertirse en una herramienta fundamental para disminuir los riesgos en las inversiones e incrementar la confianza de los accionistas con mayores dividendos y flujos libres de efectivo, que permitan mantener un crecimiento de largo plazo de la organización (Hernández y Berrocal, 2009; Zabri et al., 2016; Tosun, 2020).

Desde el enfoque teórico, la TDR-en seguimiento a los postulados seminales de Pfeffer y Salancik (1978; 2003)- aborda como punto central, el examinar la habilidad y efectividad con la que una organización adquiere y gestiona tanto recursos tangibles como intangibles del entorno siempre cambiante y demandante en el que se desenvuelve; mediante la operación de diversas y continuas interacciones con sus grupos de interés con quienes crea interdependencias que implican inevitablemente, procesos de adaptación y colaboración; más externos que internos y, sobre los cuales, debe ejercer un control activo para obtener los recursos de los que carece.

Esta teoría en relación con el GC, al exponer como punto medular la mirada externa de la organización, subraya la importancia de contar con un número amplio de miembros y de consejeros independientes en el consejo de administración (Hillman et al., 2009) que aporten experiencia, acceso a canales de información valiosa, legitimidad y una red amplia de contactos que les permita minimizar su dependencia externa de recursos, así como tomar decisiones estratégicas que reduzcan sus riesgos, especialmente en industrias altamente reguladas (Louma y Goodstein, 1999).

Por otra parte, la teoría ya clásica de agencia, originalmente postulada por Jensen y Mekling (1976) -la cual ha sido severamente criticada por Perrow (1993) debido a su debilidad para obtener por sí misma resultados empíricamente comprobables- alude a un enfoque interno de la organización respecto a la relación en la que una o más personas (el principal) contratan a otras personas (el agente) para realizar determinado servicio a su nombre; hecho que implica necesariamente un grado de delegación de autoridad del principal hacia el agente, quien no siempre actuará en beneficio del

⁸ El IPC de la BMV está compuesto generalmente por 35 empresas. Para el presente caso de análisis, no fue posible obtener de forma íntegra la información utilizada en el análisis de algunas empresas. Estas 31 empresas seleccionadas representan al 90% el comportamiento del IPC de la BMV

principal, sino que exhibirá una tendencia a favorecer sus propios objetivos, inclusive en algunos casos, a mostrar una actitud al riesgo opuesta a la del principal. En virtud de lo anterior, resulta imprescindible para el principal, establecer mecanismos contractuales de incentivos y de control, así como inevitable, el incurrir en ciertos costos transaccionales (Gompers et al., 2003) con el fin de regular la interacción de ambas partes para maximizar la utilidad o para evitar la erosión de valor de los recursos asignados a través de diferentes mecanismos (Dey, 2008). En este sentido, bajo los postulados de la TA, las organizaciones tenderán a estructurar un consejo de administración con un número reducido de miembros que puedan interactuar de forma muy cercana y frecuente con el principal, y afines al mismo.

Estas dos posturas teóricas resaltan la necesidad de mantener centrada la atención en la estructura y calidad de los sistemas estratégicos y de monitoreo del agente en la empresa, función que dentro del corpus de conocimiento del sistema de GC se encuentra asignada al consejo de administración como responsable de “definir el rumbo estratégico, vigilar la operación y aprobar la gestión de la dirección” (CCE, 2018b P. 11). Una de las mejores prácticas a este respecto, consiste en instalar un consejo de administración integrado por un número de consejeros que se encuentre en un rango de tres a quince miembros.

Efectivamente, el tamaño del consejo es un mecanismo de GC que parece estar identificado con la calidad de la gobernanza de la organización (Bermig y Frick, 2010; Topak, 2011; Arosa et al., 2013; Alabdullah et al., 2018) y por ende, con el desempeño financiero de la misma. Así lo vislumbraron estudios desarrollados en el ecosistema empresarial italiano (Di Pietra et al., 2008), al tratar de evaluar precisamente la relación existente entre el tamaño del consejo, el nivel de participación activa de sus consejeros en múltiples consejos y el valor accionario de la empresa en el mercado, durante un periodo de estudio de ocho años (1993-2000).

En este mismo sentido, estudios que involucraron 500 firmas listadas en regiones tan distantes cultural y económicamente de México como las asiáticas, confirman una relación positiva fuerte en la industria manufacturera de Vietnam entre mecanismos de GC -como son el tamaño y la independencia del consejo- y el desempeño financiero medido en términos del Retorno sobre el Capital (ROE), la Rentabilidad sobre Activos (ROA), el Retorno sobre Ventas (ROS), el crédito mercantil o “goodwill”⁹ y el retorno de los precios accionarios (Kabir y Minh Thai, 2017). Esta situación encuentra sintonía con los hallazgos de Wang et al., (2013) quienes examinaron más de 2,310 transacciones en las bases de datos de RiskMetrics y COMPUSTAT en el periodo de 1996 a 2006, llegando a la conclusión de que las grandes compañías, diversificadas y con alto apalancamiento tienden a conformar consejos de administración de gran tamaño, en tanto que compañías menos complejas, tienden a formar consejos más pequeños.

En el marco del análisis dialógico presentado con anterioridad, resaltamos los estudios teórico-empíricos realizados en economías emergentes como la colombiana por Orozco, Vargas y Galindo-Dorado (2018) quienes analizaron a la luz de la TA, la relación entre el tamaño del consejo y el desempeño financiero y reputacional de 84 compañías líderes en su giro en el periodo 2008-2012. El abordaje de estos autores gira en torno a la mejor práctica para Latinoamérica emitida por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD) que señala como tamaño óptimo de este órgano de gobierno, un rango que varía entre cinco y nueve consejeros clave.

⁹ Que en México se identifica como crédito mercantil

En tal empeño, estos autores contrastan los supuestos inmersos en la TDR versus los razonamientos de la TA, afirmando que los consejos con más de siete miembros (consejos grandes) poseen una mejor reputación, pero un desempeño financiero más bajo; comparado con consejos de menos de siete miembros (consejos pequeños) que exhiben un mejor desempeño financiero. Esta situación converge con diversas investigaciones como la de Guest (2009), realizada sobre una muestra de 2,746 compañías británicas en el periodo de 1981-2002, que examina el impacto negativo de consejos grandes sobre la rentabilidad empresarial; la de Bhagat y Bolton (2008) que muestra una correlación negativa entre la independencia del consejo y el desempeño financiero de la empresa en el corto plazo, y las de estudios longitudinales realizados en 72 empresas provenientes de 12 sectores industriales, listadas en la bolsa de valores de Abu Dabi y Dubai en el periodo 2010-2013. Estos últimos revelan que en los Emiratos Árabes Unidos, donde el promedio de los consejos están compuestos por ocho miembros, los consejeros independientes no están motivados para servir al desempeño de la firma; situación que de acuerdo a los autores es explicable cuando sus directores externos participan en un gran número de consejos (Farhan, Normala Obaid y Azlan, 2017; Song et al., 2020).

Al respecto, es importante resaltar los supuestos de Jensen (2010) quien argumenta que el mantener un consejo con un número reducido de miembros, sin rebasar un número ideal de siete a ocho, mejora el desempeño financiero interno de la organización, en virtud de la participación abierta y activa de los miembros del consejo, lo cual promueve invariablemente, una efectiva evaluación y monitoreo de la administración de la empresa.

En este sentido, resultados de investigaciones como la de Watkins (2018) en el mercado mexicano muestran que hay una diferencia significativa en el desempeño financiero de las empresas familiares con prácticas de GC, al considerar de forma particular el indicador ROA como la variable de desempeño. Encontrándose que tienen mejor desempeño las firmas con mayor concentración familiar en la tenencia accionaria y/o posiciones de liderazgo, debido a que, en las empresas familiares, las normas y reputación, pueden sustituir la falta de protección institucional formal para los grupos de interés que habitualmente poseen mediante mecanismos de GC. Los hallazgos de Watkins indican que el reducir la distancia entre el principal y el agente reduce los problemas y costos de agencia, y la eficacia de mecanismos de GC como la inclusión de consejeros independientes parecería diluirse.

Con respecto a las variables de GC, el análisis dialógico articulado previamente confirma que la participación de consejeros independientes -que impacta en el tamaño y la independencia del consejo- es uno de los elementos comúnmente analizados; más aún, los estudios teóricos-empíricos presentados permiten comprobar que, para medir el desempeño financiero de las empresas, las variables seleccionadas para este estudio son comúnmente utilizadas como en el caso de las variables de retorno.

Finalmente, cabe mencionar que en esta investigación se presentan tres elementos de aportación novedosa, uno es la conformación de un constructo de retorno empresarial (construido reflexivamente de acuerdo a la correlación presentada entre las variables) el segundo es la variable de medición de riesgo sistemático como es la beta (que también refleja correlación de los retornos accionarios al mercado) y los ingresos por empleado que proporciona una medición de la eficiencia empresarial al relacionar las ventas y el número de empleados. Un tercer elemento innovador es la

modelación del objeto de estudio de esta investigación mediante el uso de mínimos cuadrados parciales y ecuaciones estructurales (PLS-SEM), cuyas ventajas de modelación se expondrán en siguientes secciones.

3. Modelo teórico y operacionalización de variables

A lo largo del tiempo se han utilizado métodos diversos para evaluar la realidad que emana de las prácticas de GC para atraer inversiones, maximizar sus recursos de capital y con ello mejorar el desempeño de la empresa y promover su crecimiento (Al-Matari et al., 2014).

La complejidad de medir el desempeño de la empresa reside en determinar de forma explícita las variables que conforman el constructo social de desempeño financiero (Neely et al., 1995) y lo que una investigación, como la que aquí se presenta, analiza en un contexto empresarial determinado (Lebas y Euske, 2002). La figura 1 muestra el abordaje teórico propuesto en la presente investigación, con base en la revisión de literatura descrita en el apartado anterior.

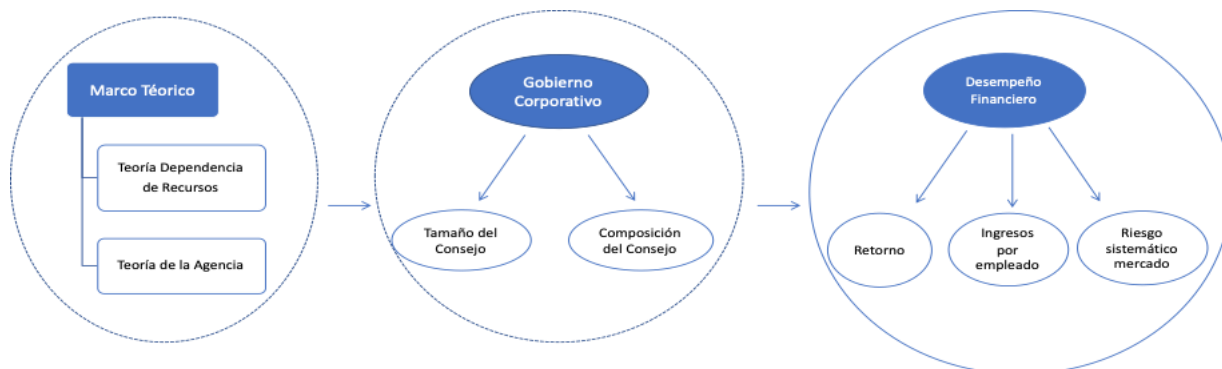


Figura 1. Modelo teórico para el análisis de la relación entre mejores prácticas de Gobierno Corporativo y el desempeño financiero de la empresa.

Fuente: Elaboración propia.

3.1 Variables seleccionadas

Con base en la revisión de literatura para el análisis en la presente investigación, se han seleccionado indicadores financieros, desde las ópticas de rentabilidad con indicadores que suelen ser utilizados por el grupo inversor como los de retorno empresarial (ROA, ROE y Net Profit Margin – margen de beneficio neto), y otros menos comúnmente utilizados como el riesgo sistemático (Beta), y los ingresos por empleado. La conceptualización y operacionalización de variables se describe en la tabla 1.

En cuanto a los indicadores tomados de los reportes financieros anuales de las empresas, describimos en primera instancia, la selección de la variable *Beta* de mercado, la cual presenta la relación lineal entre el excedente de margen del mercado sobre la tasa libre de riesgo y el activo analizado. Este indicador ha sido ampliamente utilizado en el mundo financiero moderno como medida de la sensibilidad (elasticidad) del retorno de un activo financiero ante cambios en indicadores de mercado, cuya naturaleza puede ser bursátil (Sharpe, 1964; Lintner, 1965), o bien de

otro tipo y a la vez multifactorial, como lo expusieron Ross (1976) y Fama y French (1993; 2105). Su importancia en la literatura financiera radica en que es comúnmente utilizada en la aplicación del Modelo de Valoración del Precio de los Activos Financieros o *Capital Asset Pricing Model* (conocido como CAPM) y la determinación del premio al riesgo que el inversionista está dispuesto a aceptar por llevar a cabo una inversión en determinado activo. Por ende, también se le conoce como el componente del riesgo sistemático -en el que se considera el sistema como algo exógeno. Black (2001) sostiene al analizar una muestra de 21 firmas rusas del año 1999- que el comportamiento corporativo afecta el valor de mercado, lo que nos lleva a pensar que dicha relación puede ser significativa en el presente estudio.

Por otra parte, existe extensa literatura sobre indicadores de retorno empresarial como lo son el ROA, ROE y Margen de Beneficio Neto. De acuerdo con Reuters, el ROA es una relación de rentabilidad que mide el rendimiento de una compañía en relación con el total de sus activos. El ROA se mide sin tener en cuenta el apalancamiento que utiliza una empresa. Se calcula dividiendo el ingreso neto (*net income*) de una empresa antes de los costos de financiamiento entre los activos totales¹⁰. Así también, el ROE es la rentabilidad sobre los recursos propios o el capital accionario: un índice de rentabilidad calculado, dividiendo el ingreso neto de una compañía entre el patrimonio total de las acciones comunes. Otro indicador analizado es el Margen de Beneficio Neto que es la utilidad neta dividida entre las ventas, ratio que expresa con qué porcentaje de utilidad se queda la empresa después de haber pagado impuestos, intereses, depreciación y amortización.

Por último, es relevante también seleccionar un criterio de eficiencia empresarial como es los ingresos por empleado, siendo éste, el cociente del total de las ventas entre el número de empleados. Es relevante comentar que el presente indicador conlleva la limitante particular de acuerdo con que dichas ventas pueden ser determinadas por el año, sector, industria específica, así como el número de empleados de acuerdo con las necesidades de cada giro o industria.

Tabla 1. Conceptualización y operacionalización de variables

Variabes de Gobierno Corporativo	Conceptualización	Operacionalización
Tamaño del Consejo de Administración	Número total de personas que forman el Consejo de Administración en relación con las mejores prácticas nacionales e internacionales de GC.	Número total de personas que forman el Consejo.
Consejeros Independientes	Consejeros que no están vinculados con el equipo de dirección de la sociedad, no están sujetos a intereses personales, patrimoniales o económicos y son llamados a formar parte del Consejo de Administración por su experiencia, capacidad y prestigio profesional.	Número de consejeros externos.
Consejeros Patrimoniales	Consejeros accionistas que no forman parte del equipo de dirección.	Número de consejeros patrimoniales.

¹⁰ La definición común de ingreso neto considera los ingresos después del pago de intereses; sin embargo, en este caso el dato utilizado es el de Eikon y de ahí se toma la definición que indica al ingreso neto sin considerar apalancamiento.

Consejeros Relacionados	Consejeros funcionarios de la sociedad.	Número de consejeros relacionados.
Variables de Desempeño Financiero	Conceptualización	Operacionalización
Rentabilidad sobre el capital (ROE)	Es el rendimiento sobre el capital accionario.	Se calcula dividiendo Ingreso neto / Capital Accionario.
Rentabilidad sobre activos (ROA)	Es el rendimiento sobre los activos empresariales.	Se calcula dividiendo Ingreso neto sin considerar apalancamiento / Activos totales promedio. (ver nota al pie 8)
Margen de beneficio neto	Entendido como el porcentaje de utilidad neta en relación con las ventas de la compañía.	Se calcula dividiendo la utilidad neta entre las ventas.
Beta	Entendido como un indicador del riesgo sistemático de una acción o portafolio de acciones con respecto al mercado en su conjunto.	Regresión por mínimos cuadrados del indicador de mercado versus la acción.
Ingresos por empleado	Los ingresos por ventas entre el número de empleados	Se calcula dividiendo las ventas entre el número de empleados.

Fuente: Elaboración propia

4. Metodología

Existen diversas metodologías para el estudio de efectos correlacionales entre múltiples variables. La mayoría de las metodologías utilizadas en las finanzas, tienen que ver con los estimadores de mínimos cuadrados ordinarios (OLS), particularmente la regresión lineal multivariada que es una técnica del siglo XVIII utilizada por Gauss antes de 1794 (López de Prado, 2018).

En la actualidad se cuenta con otro tipo de métodos estadísticos como lo son las ecuaciones estructurales SEM (*Structural Equation Models*) que pueden ayudar a realizar nuevas aproximaciones; éstos son denominados de segunda generación. Con estos métodos es posible generar constructos y abstraer la información de la que se dispone (Bagozzi, 1981); así como también gozar de flexibilidad en cuanto a la naturaleza de la investigación, ya sea exploratoria o confirmatoria. Los métodos de ecuaciones estructurales pueden ser basados en mínimos cuadrados parciales (PLS-SEM) o basados en covarianza (CB-SEM) son de utilidad, si el objetivo es analizar múltiples correlaciones, contrastar diversas hipótesis y por ende estudiar, efectos sobre variables endógenas. Estos métodos permiten modelar supuestos que en los clásicos OLS no es posible.

PLS -SEM es una técnica estadística para series de estimaciones de ecuaciones simultáneas mediante regresiones múltiples y se caracteriza por dos componentes básicos: 1) el modelo estructural y 2) el modelo de medida” (Martínez Ávila y Fierro Moreno, 2018. p: 1). Por otra parte, los métodos PLS-SEM estiman los coeficientes que maximizan la R cuadrada, o bien los valores de los constructos endógenos, y no tanto la discrepancia entre covarianza muestral y estimada (Hair et al., 2014). En ese sentido los métodos SEM son de utilidad para generar inferencia causal (Valencia

Herrera y Ruiz Rivera, 2019). Ciertamente la técnica de PLS- SEM puede ser usada tanto para la investigación explicativa (confirmatoria) como para la predictiva (exploratoria) y permite examinar simultáneamente una serie de relaciones de dependencia entre variables independientes y dependientes así como probar teóricamente modelos causales (Martínez Ávila y Fierro Moreno, 2018).

Reinartz et al.,(2009) muestran que la aplicación de métodos PLS-SEM logra una mayor convergencia en casos de muestras pequeñas, al ser comparado con métodos análogos basados en la covarianza.

Adicionalmente, Henseler et al., (2013) aseveran que en contraste con métodos CB-SEM, los métodos PLS-SEM pueden ser usados aun cuando el número de observaciones sea menor que el número de variables, sean éstas manifiestas o latentes. Así, ellos concluyen que, los métodos PLS-SEM pueden ser aplicados en muchos casos de muestras pequeñas donde otros métodos fallan. Una de las diferencias importantes entre los métodos de ecuaciones estructurales mencionados, es que la estimación con PLS-SEM se realiza por medio del método de mínimos cuadrados parciales mientras que la estimación con CB-SEM utiliza el método basado en el logaritmo de máxima verosimilitud.

Por lo tanto, el método utilizado en la presente investigación ofrece otra bondad en lo relativo al supuesto de distribución normal, ya que en los mercados financieros se observan regularmente problemas de falta de normalidad con la distribución de los errores, y éste no hace supuestos sobre la distribución de las observaciones. No obstante, una de las aportaciones importantes es que ha sido poco utilizado en estudios financieros (Avkiran y Ringle, 2018) y específicamente en el mercado mexicano (Mariné, 2019).

4.1 Las Fuentes y los Datos

La muestra utilizada es de corte transversal y está compuesta por 31 empresas del IPC. Estas empresas representan el 96.41% del total del valor de capitalización de la BMV, de acuerdo con la información obtenida de la plataforma *Eikon Reuters*, fuente de la información financiera analizada, correspondiente al periodo enero a diciembre de 2018.

La información relativa a las variables relacionadas con las prácticas de GC corresponde a los datos de las Empresas para 2018, reportados en el primer semestre de 2019.

Así y en el entendido de los datos disponibles, se procede a establecer la presente hipótesis.

H1: El número de consejeros y la naturaleza de éstos, es significativo para ofrecer explicación causal del constructo desempeño financiero de la empresa, conformado por retorno empresarial, riesgo sistemático e ingresos por empleado.

Esta hipótesis nos permite examinar si el tamaño y la composición del consejo de administración tiene un impacto significativo en el desempeño financiero de las Empresas durante el ejercicio fiscal de 2018 y arroja evidencia empírica para concluir su alineación, ya sea con los supuestos de la TDR o la TA.

5. Modelado y Resultados

Para el estudio en cuestión se realizaron dos modelos. El primero de ellos es de naturaleza reflexiva en su totalidad y el segundo es de naturaleza formativa-reflexiva. Esta naturaleza es relevante ya que justamente una de las virtudes del método utilizado es que se puede utilizar con constructos formativos y reflexivos (Avkiran y Ringle, 2018). Con respecto al constructo desempeño financiero, se conforma por un grupo de variables de retorno empresarial (reflejado por ROA, ROE y Margen de Beneficio Neto), y una de riesgo sistemático (beta) y una de eficiencia en términos de ingresos por empleado (ventas por empleado).

Por otra parte, se utilizaron tres variables exógenas únicas, como lo son número de consejeros independientes, número de consejeros patrimoniales y número de consejeros relacionados, en tanto que los constructos financieros fueron tratados endógenamente como se puede observar en la figura 2.

Para llegar al modelo de medición que se utiliza en este trabajo, se buscó en todo momento un modelo parsimonioso en el entendido de que puedan existir siempre variables adicionales que afecten el desempeño financiero de la empresa.

En cuanto al modelo de medición y los datos empíricos, el método PLS-SEM estima los coeficientes que maximizan la R cuadrada (Hair et al., 2014). Los métodos de ecuaciones estructurales (PLS-SEM) y los métodos de ecuaciones estructurales basados en covarianza (CB-SEM) son de utilidad, si el objetivo es analizar múltiples correlaciones de manera simultánea, contrastar diversas hipótesis y por ende estudiar, efectos sobre variables endógenas. (Hair et al., 2014).

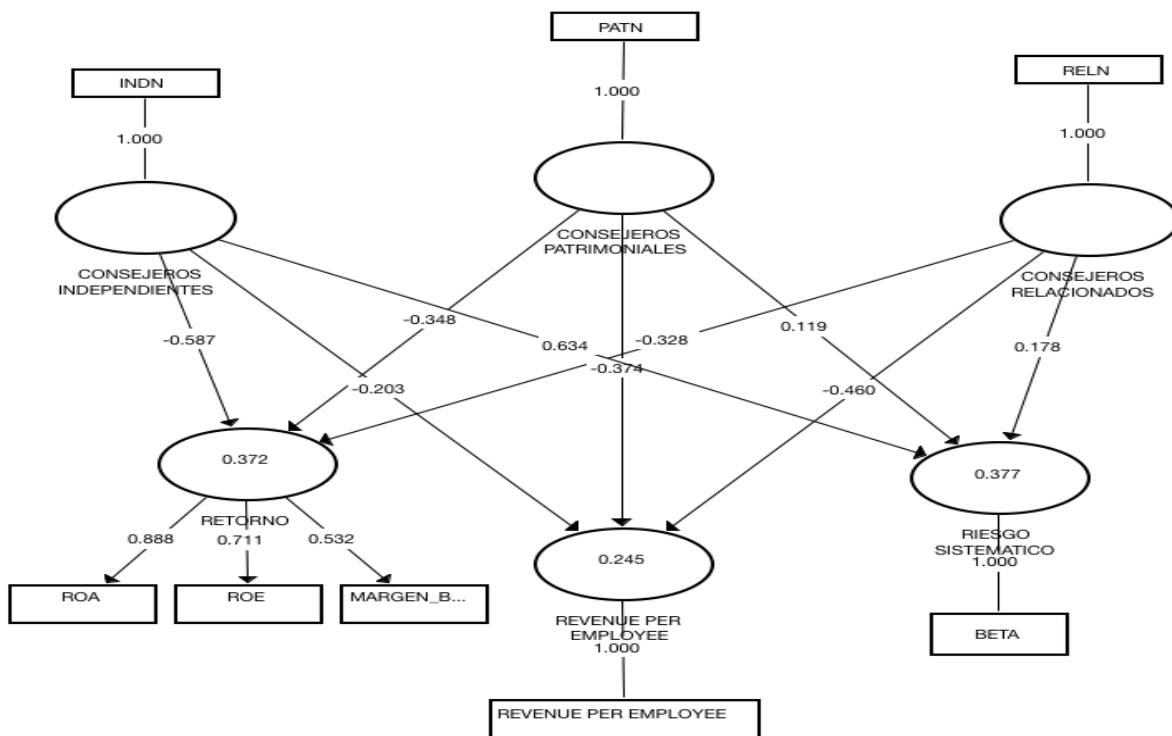


Figura 2. Path Analysis: Modelo reflexivo consejeros independientes, patrimoniales y relacionados.

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 2 presenta el análisis con los estadísticos R-cuadrada que explican la varianza de los constructos endógenos de las regresiones parciales efectuadas. En concordancia con el número de datos, se esperaban R-cuadradas moderadas y bajas, ya que este indicador es el cociente entre la suma al cuadrado del modelo explicado entre la suma al cuadrado del modelo total. Así, se tienen R-cuadradas entre un rango (bajo-medio) del .24 a .37, siendo las mayores las relativas al constructo riesgo sistemático y retorno empresarial y, por otra parte, las menores se encuentran en el constructo de ingresos por empleado, como se aprecia en la tabla 2

Tabla 2. *Path Analysis:* Estadísticos Modelo reflexivo consejeros independientes, patrimoniales y relacionados

Consejeros	Retorno empresarial	Revenue per employee	Riesgo sistemático
INDEPENDIENTES	-0.587	-0.203	0.634
PATRIMONIALES	-0.348	-0.374	0.119
RELACIONADOS	-0.328	-0.46	0.178

Fuente: Elaboración propia

Al analizar los *paths* o senderos que delimitan las variables exógenas de las endógenas se observa en la tabla 2 en primera instancia que existe una relación negativa entre el número de consejeros independientes y dos constructos analizados: retorno empresarial e ingresos por empleado; siendo la de mayor relevancia predictiva de éstas con respecto al primero. Por otro lado, se presenta una relación positiva al riesgo sistemático o beta del mercado denotando también una relación fuerte predictiva.

Con relación al número de consejeros patrimoniales, se observa una asimetría en la relación entre las variables al presentar un signo negativo entre el retorno empresarial e ingresos por empleados; lo cual se aprecia en la tabla dos. Es decir, el número de consejeros patrimoniales también presenta una incidencia negativa salvo el caso del riesgo de mercado. Se puede observar también una relación negativa entre el número de consejeros relacionados y los constructos retorno empresarial e ingresos por empleado; por último se observa una relación positiva al constructo de riesgo sistemático.

En lo relativo a magnitudes, el efecto negativo de mayor magnitud se encuentra entre el número de consejeros independientes y el constructo retorno empresarial, así también, la mayor magnitud en sentido positivo se encuentra entre el constructo consejeros independientes y el constructo riesgo sistemático.

En la tabla 3, es posible apreciar la significatividad estadística de los parámetros calculados en el modelo. Para ello, se estructuraron pruebas de *bootstrapping* de 10,000 iteraciones para analizar los *paths* calculados, observando que, de acuerdo con los valores *t statistics* y los *P values* calculados, existe evidencia estadística entre el número de consejeros independientes y todos los constructos, salvo el caso de revenue per employee (0.112). En el caso de los consejeros patrimoniales se genera una relevancia significativa con todas las variables endógenas, salvo el caso de riesgo sistemático (0.480). Y para el caso de los consejeros relacionados, existe relevancia

significativa con todos los constructos salvo con el constructo riesgo sistemático (0.128). Cabe señalar que, existe significatividad de todas las variables exógenas con el constructo retorno.

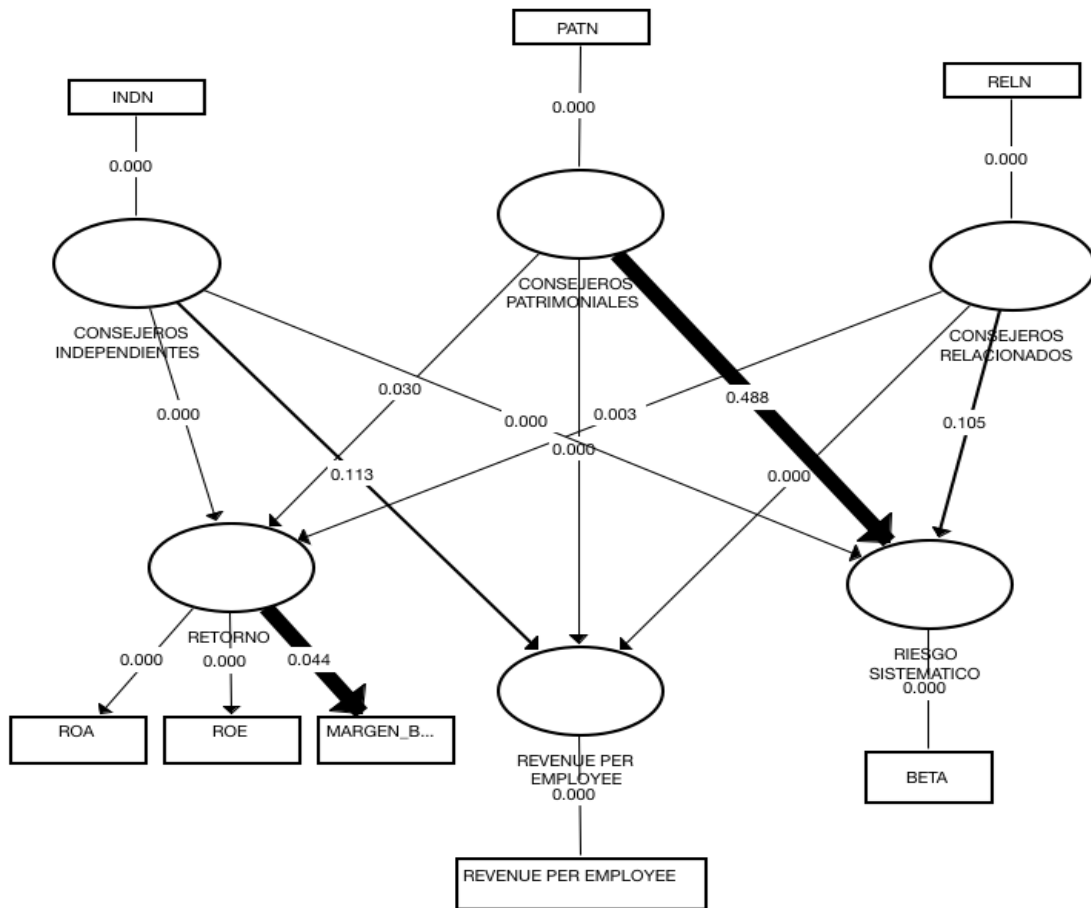


Figura 3. *P-values*: Modelo reflexivo consejeros independientes, patrimoniales y relacionados.
 Fuente: Elaboración propia

Se expone a continuación la validación de este primer modelo en seguimiento a Hair et al., (2019) y los indicadores que dichos autores recomiendan para la validación de la presente metodología.

Tabla 3. Validación del Modelo Reflexivo

Modelo Reflexivo	Criterios	Valuación
<i>Loadings</i>	Mayores a .7	Cumple. Para caso específico de Margen de Beneficio Neto se encuentra bajo. Se incluye esta variable bajo el criterio de AVE y debido a que existe pocos indicadores para la formación de dicho constructo.
<i>Composite Reliability</i>	Mayor a .7	Cumple
<i>Convergence Validity</i>	AVE mayor a .5	Cumple
<i>Discriminant Validity</i>	Menor a .85	Cumple <i>heterotrait-monotrait ratio of correlations</i>

Colinealidad	Menor a 3	Cumple VIF
R cuadrada	Mayor a .25 a .50	Efectos débiles a medios
Q cuadrado	Valores mayores a cero y 0 a .25 son pequeña relevancia predictiva del modelo	Cumple criterio mayor a cero, con una relevancia predictiva pequeña entre 0 y .25.
PLS Predict	Q<0 el modelo no se comporta mejor que un modelo <i>naive</i> , se compara versus un modelo tipo LM para ver si PLS se comporta mejor	Para el caso de PLS no tiene ningún problema el modelo. El modelo tiene poder predictivo al generar ventajas de menor error al comparar PLS- LM logrando ventajas en RMSE, MAE y MAPE
Comparativas entre modelos	Modelo minimiza BIC o GM	Se buscó el menor indicador posible y se trabajó con un modelo parsimonioso.

Fuente: Elaboración propia basado en Hair, Risher, Sarstedt y Ringle (2019).

De igual forma se elaboró un segundo modelo de naturaleza formativa-reflexiva construido formativamente sobre el constructo exógeno denominado número de consejeros, para su posterior análisis reflexivo sobre los mismos constructos endógenos estudiados previamente.

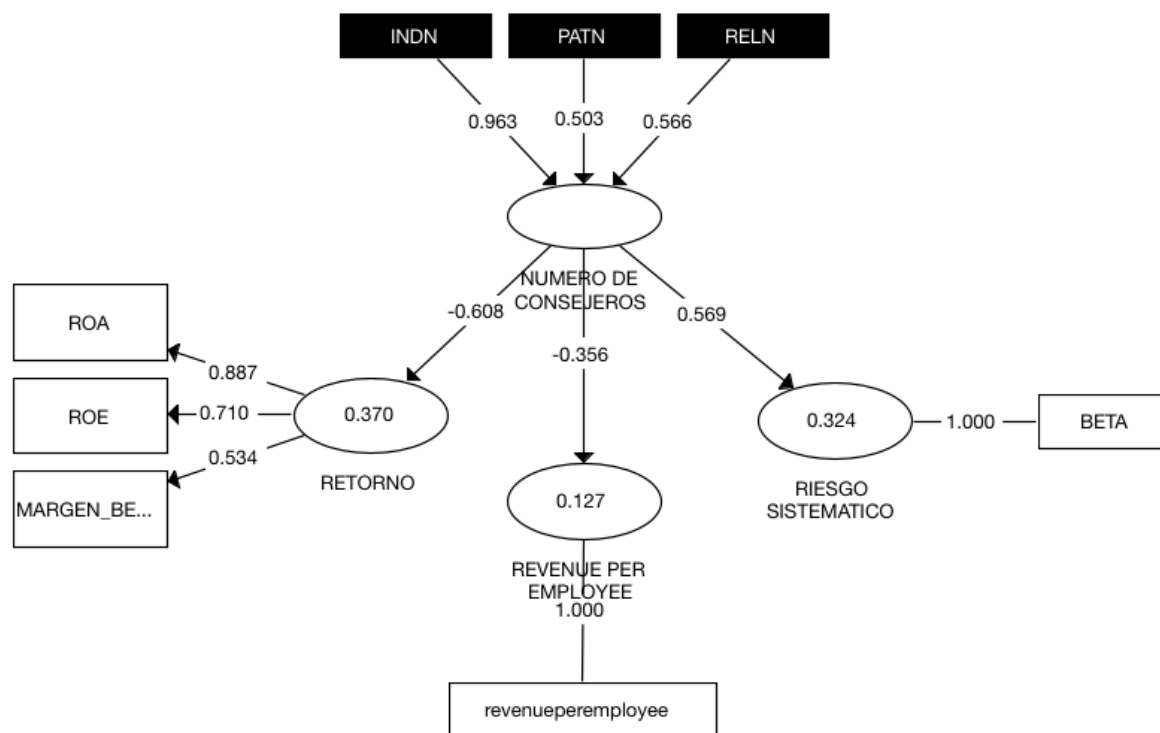


Figura 4. Modelo formativo-reflexivo consejeros independientes, patrimoniales y relacionados.
 Fuente: Elaboración propia.

Del presente modelo examinado en la figura 4 se puede cotejar que el mayor peso del constructo formativo denominado número de consejeros, lo aporta el número de consejeros independientes (.963) seguido de los consejeros relacionados (.566) y por último de los consejeros patrimoniales (.503) cuyo valor se encuentra justo en el límite para la aceptación de éste. El presente análisis ratifica la naturaleza de las relaciones entre los constructos -aunque se cuenta con una muestra pequeña- y evidencia también, una relación negativa entre indicadores internos de la empresa como lo son retorno e ingresos por empleado. Un hecho importante a destacar es la relación positiva a la beta de mercado representada por el constructo riesgo sistemático y por el número y tipo de consejeros analizados.

Asimismo, se realizaron pruebas sobre el constructo absoluto (ver anexo) resultando en un *path* de .83 lo que afirma el modelo en cuanto a su convergencia y su validez, bajo un criterio de .7 de acuerdo con Cheah et al., (2018).

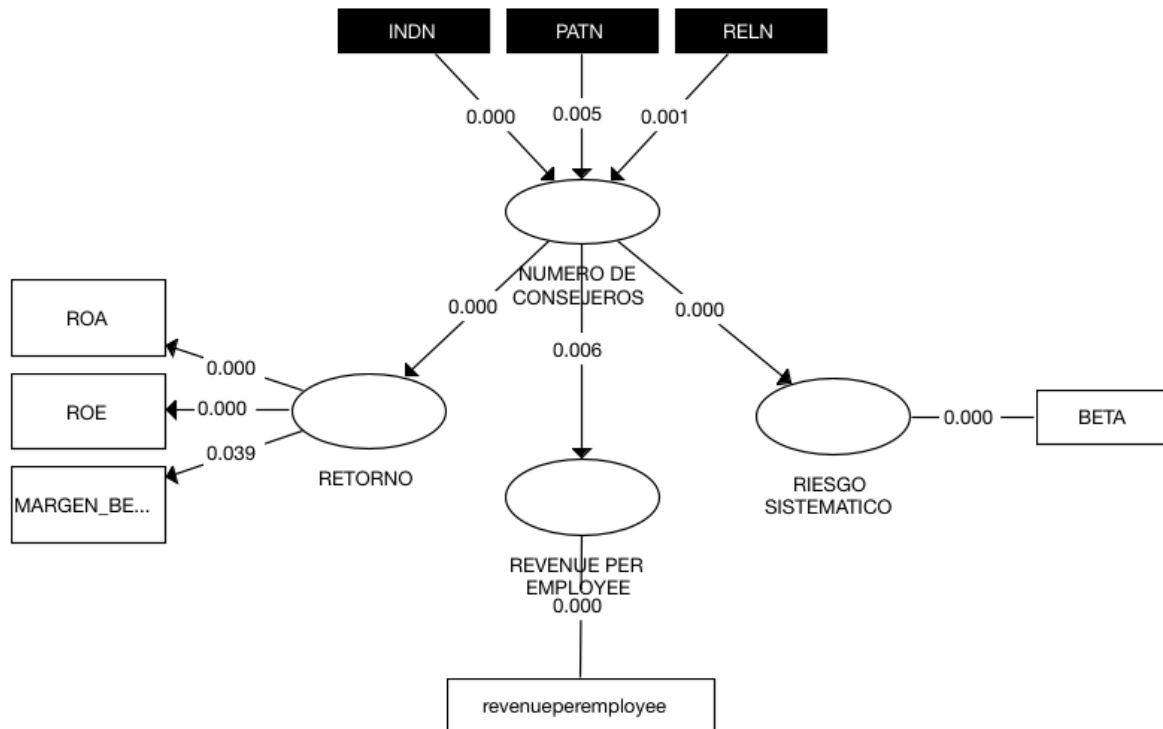


Figura 5. P-values Modelo formativo-reflexivo consejeros independientes, patrimoniales y relacionados.

Fuente: laboración propia.

Al analizar la significatividad del presente modelo por medio de la técnica de *bootstrapping* se muestra en la figura 5 que todos los constructos fueron significativos. En la perspectiva del constructo formativo-reflexivo del número de consejeros, el análisis denota la contribución relativa considerando todos los demás indicadores de los diversos tipos de consejeros; por ende, es posible afirmar que la mayor contribución relativa al constructo denominado “Número de consejeros” se encuentra en los consejeros independientes (Hair, Hult, Ringle y Saerstedt, 2014).

6. Conclusiones

Tal y como lo confirman los datos, existe evidencia de la relación entre el número y tipo de consejeros y el constructo de desempeño financiero formado con información de 31 empresas que conforman el IPC del mercado mexicano de valores. Dicha relación es asimétrica en dos de los casos evaluados al ser modelada bajo PLS-SEM específicamente. Es así como bajo un supuesto de linealidad y dada la muestra utilizada y los constructos analizados, entre mayor número de consejeros, sin importar su naturaleza y tipo, se pueden esperar efectos negativos sobre los constructos retorno empresarial e ingresos por empleado. Este hecho converge con Orozco, Vargas, y Galindo-Dorado (2018) que estudian los consejos grandes y señalan que más de siete miembros otorgan una mejor reputación a la empresa, pero un desempeño financiero más bajo. Hecho también consistente con Dal Vesco y Beuren (2016) y en sintonía con las investigaciones de Yermack (1996) y Cheng (2008) que proveen evidencia empírica de que compañías con un gran consejo directivo o un número grande de consejeros, está asociado negativamente con la variabilidad de los rendimientos.

Sin embargo, este hecho es contrario en lo relativo al riesgo sistemático, es decir, al mercado y la relación de éste, en torno a los rendimientos de los precios empresariales. Es así como, en el caso específico del IPC de la Bolsa Mexicana de Valores, la variable exógena consejeros independientes presenta una correlación positiva y significativa a la beta del mercado como lo describe Saif Ullah (2012) quien afirma que existe una relación positiva entre la independencia del consejo directivo y los valores accionarios de la empresa, coincidiendo con aportaciones como las de Di Pietra et al., (2008) y Kabir y Minh Thai (2017). Para el caso de México, los resultados coinciden con Watkins, 2018 y con Valencia Herrera y Ruiz Rivera, 2019.

Otro hecho interesante, reside en el número de consejeros patrimoniales y relacionados que no presentaron significatividad estadística con relación al riesgo sistemático (modelo reflexivo) en contraste con el número de independientes que sí lo presentaron en la muestra analizada. Hecho que de acuerdo a la facultad predictiva-exploratoria del método PLS-SEM fue interesante de poder estudiar tanto reflexiva como formativamente y ello nos motiva a examinar en futuras líneas de investigación en dicho tema. Por otra parte, resulta interesante que al ser evaluado el número de consejeros como un constructo exógeno (modelo formativo-reflexivo) todas las variables tengan significatividad estadística con los diversos constructos, validando las correlaciones presentadas y la relevancia específicamente de los consejeros independientes.

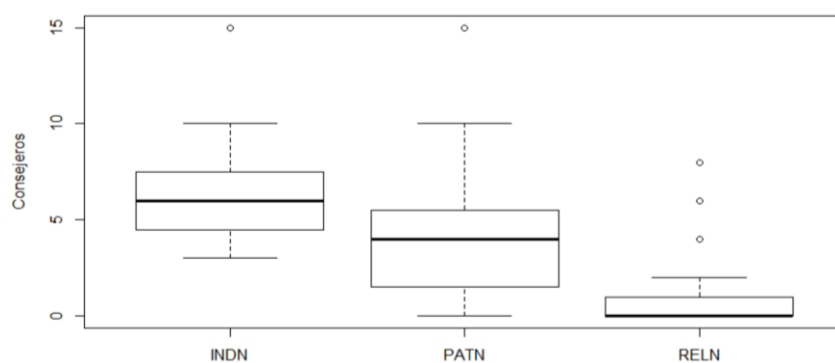


Figura 6. Estadística de los consejeros independientes, patrimoniales y relacionados.

Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, al analizar la estadística básica de las Empresas (figura 6), se observa que el número promedio de consejeros independientes es cercano a 6, en tanto que el de patrimoniales es cercano a 4, y los relacionados cercano a uno. Las Empresas muestran un máximo de 15 consejeros para el caso de patrimoniales e independientes, y un máximo de 8 en consejeros relacionados.

Con respecto al método, mucho está por hacerse en el presente camino, y en lo relativo a comparativos sobre los sectores empresariales. Así, por ejemplo, resulta una limitante el que el estudio agrupa empresas de diversos sectores y es bien sabido que existen diferencias al respecto especialmente en las variables de desempeño financiero. Sin embargo, es importante hacer una pausa sobre las limitantes relativas a la micronumerosidad y la linealidad de los supuestos del modelado. Al evaluar la naturaleza del método se observan virtudes para la plasticidad de éste y menor error al ser comparado por algoritmos PLS-SEM, que se apoyan en técnicas como lo son *bootstrapping*, *blindfolding* y otros algoritmos de *Machine Learning* para la validación predictiva del presente método, tanto dentro como fuera de la muestra.

Debe comentarse que la presente investigación buscó en todo momento la parsimonia y entender las limitantes que preceden a todo estudio como lo son las limitantes de tamaño de muestra, año específico estudiado, supuesto estadísticos y limitantes que puedan presentarse en épocas con características específicas en donde las relaciones entre variables pudieran ser modificadas por la naturaleza de la incertidumbre. Si bien, la estadística nos ayuda a clarificar el camino, mucho está por hacerse y estudiarse en futuras líneas de investigación.

Es así como el actual entorno competitivo, interconectado y con gran diversidad de riesgos, impulsa a las compañías más relevantes de la Bolsa Mexicana de Valores hacia postulados que se rigen por la TDR que apuesta en mayor medida por atender los factores externos, destacando la participación de un número mayor de consejeros independientes en el consejo de administración.

Referencias

- [1] Alali, F., Anandarajan, A., & Jiang, W. (2012). The effect of corporate governance on firm's credit ratings: further evidence using governance score in the United States. *Accounting & Finance*, 52, 291-312. <https://doi.org/10.1111/j.1467-629X.2010.00396.x>
- [2] Alabdullah, T. T. Y., Nor, M. I., Ahmed, E., & Yahya, S. (2018). The determination of firm performance in emerging nations: Do board size and firm size matter. *Management*, 5(3), 57-66. DOI 10.9756/IAJAFM/V5I2/1810017
- [3] Al-Matari, E. M., Al-Swidi, A. K., & Bt Fadzil, F. H. (2014). The Measurements of Firm Performance's Dimensions. *Asian Journal of Finance & Accounting*, 6(1), 24-49. Recuperado el 15 de Marzo de 2020, de <https://doi.org/10.5296/ajfa.v6i1.4761>
- [4] Arosa, B., Iturralde, T., & Maseda, A. (2010). Outsiders on the board of directors and firm performance: Evidence from Spanish non-listed family firms. *Journal of Family Business Strategy*, 1(4), 236-245. DOI:10.1016/j.jfbs.2010.10.004
- [5] Arosa, B., Iturralde, T., & Maseda, A. (2013). The board structure and firm performance in SMEs: Evidence from Spain. *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*, 19(3), 127-135. <https://doi.org/10.1016/j.iedee.2012.12.003>
- [6] Avkiran, N., & Ringle, C. (2018). Partial Least Squares Structural Equation Modeling: Recent Advances in Banking and Finance. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-71691-6>

-
- [7] Ayda, F., Normala Obaid, S., & Azlan, H. (2017). Corporate governance effect on firms' performance – evidence from the UAE. *Journal of Economic and Administrative Sciences*, 33(1), 66-80. <https://doi.org/10.1108/JEAS-01-2016-0002>
- [8] Autor 1- Anonimizado conforme a lineamientos de revista.
- [9] Baker, H. K., Pandey, N., Kumar, S., & Haldar, A. (2020). A bibliometric analysis of board diversity: Current status, development, and future research directions. *Journal of Business Research*, 108, 232-246. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.11.025>
- [10] Barnhart, S. W., Marr, M. W., & Rosenstein, S. (1994). Firm performance and board composition: Some new evidence. *Managerial and decision economics*, 15(4), 329-340. <https://doi.org/10.1002/mde.4090150407>
- [11] Black, B. (June de 2001). The Corporate Governance Behavior and Market Value of Russian Firms. *Emerging Markets Review*, 2(2), 89-108. <https://EconPapers.repec.org/RePEc:eee:ememar:v:2:y:2001:i:2:p:89-108>
- [12] Black, B. S., Love, I., & Rachinsky, A. (2005). Corporate Governance and Firm's Market Values. Time Series Evidence from Russia. *Emergin Markets Review*. DOI:10.1016/j.ememar.2006.09.004
- [13] Bagozzi, R. P. (1981). A Prospectus for Theory Construction in Marketing. *Journal of Marketing*, 48(1), 11-29. <https://doi.org/10.2307/1251307>
- [14] Bermig, A., & Frick, B. (2010). Board size, board composition, and firm performance: Empirical evidence from Germany. *Board Composition, and Firm Performance: Empirical Evidence from Germany (June 10, 2010)*. https://www.researchgate.net/profile/Bernd-Frick-2/publication/228293328_Board_Size_Board_Composition_and_Firm_Performance_Empirical_Evidence_from_Germany/links/5ccc5a4392851c4eab80f0e2/Board-Size-Board-Composition-and-Firm-Performance-Empirical-Evidence-from-Germany.pdf
- [15] Besley, S., & Brigham, E. (2009). *Fundamentos de Administración Financiera*. México : Cengage .
- [16] Bhagat, S., & Bolton, B. (2008). Corporate governance and firm performance. *Journal of Corporate Finance*, 14, 257-273. <https://doi.org/10.1016/j.jcorpfin.2008.03.006>
- [17] Brown, L. D., & Caylor, M. L. (2004). Corporate governance and firm performance. Available at SSRN 586423.
- [18] CCE. (2018a). *Código de Principios y Mejores Prácticas de Gobierno Corporativo*.
- [19] CCE. (2018b). *Cuestionario para evaluar el grado de adhesión al código de principios y mejores prácticas de Gobierno Corporativo*.
- [20] Cheah, J. H., Sarstedt, M., Ringle, C. M., Ramayah, T., & Ting, H. (2018). Convergent Validity Assessment of Formatively Measured Constructs in PLS-SEM: On Using Single-item versus Multi-item Measures in Redundancy Analysis. *International Journal of Contemporary Hospitality Management*, 30(11), 3192-3210. ISSN: 0959-6119
- [21] Cheng, S. (2008). Board size and the variability of corporate performance. *Journal of Financial Economics*, 87(1), 157-176. <https://EconPapers.repec.org/RePEc:eee:jfinec:v:87:y:2008:i:1:p:157-176>
- [22] Chong, & López de Silanes. (2007). Corporate Governance in Latin America. (U. o. Amsterdam, Ed.) *International Development Bank*. DOI:10.2139/ssrn.1820067
- [23] Chong, A., & López-de-Silanes, F. (2007). Corporate governance and firm value in Mexico. *Investor protection and corporate governance: Firm-level evidence across Latin America*, 397-481. <http://dx.doi.org/10.1596/978-0-8213-6913-5>
- [24] Consejo Coordinador Empresarial. (2019). *Código de Mejores Prácticas de Gobierno Corporativo*. Recuperado el Diciembre de 2019, de <https://www.cce.org.mx/codigo-de-principios-y-mejores-practicas-de-gobierno-corporativo/>

- [25] Dal Vesco, D. G., & Beuren, I. M. (2016). Do the Board of Directors Composition and the Board Interlocking Influence on Performance? *Brazilian Administration Review*, 13(2), 1-26. DOI:10.1590/1807-7692bar2016160007
- [26] Daines, R. (2001). Does Delaware law improve firm value? *Journal of Financial Economics*, 62, 525-558. [https://doi.org/10.1016/S0304-405X\(01\)00086-1](https://doi.org/10.1016/S0304-405X(01)00086-1)
- [27] Dasilas, A., & Papasyriopulos, N. (2015). Corporate governance, credit ratings and the capital structure of Greek SME and large listed firms. *Small Business Economics* (45), 215-244. <https://doi.org/10.1007/s11187-015-9648-y>
- [28] Demuner, M., & López, N. (2017). Valuación de Hoteles City Express mediante el método de flujos de efectivo descontados. *El Periplo Sustentable*, Julio - Diciembre (33). ISSN 1870-9036. Disponible en: <<https://rperiplo.uaemex.mx/article/view/4851>>
- [29] Dey, A. (2008). Governance and Agency Conflicts. *Journal of Accounting Research*, 46(5), 1143-1181. <https://doi.org/10.1111/j.1475-679X.2008.00301.x>
- [30] Di Pietra, R., Grambovas, C. A., Raonic, I., & Riccaboni, A. (2008). The effects of board size and "busy" directors on the market value of Italian companies. *J Manage Governance*, 12. doi:10.1007/10997-008-9044-y
- [31] Eisenhardt, K. M. (January de 1989). Agency Theory: An Assessment and Review. *The Academy of Management Review*, 14(1), 57-74. DOI:10.5465/AMR.1989.4279003
- [32] Fama, E. F., & French, K. R. (1993). Common risk factors in the return on stocks & bonds. *Journal of Financial Economics*, 33(1), 3-56. [https://doi.org/10.1016/0304-405X\(93\)90023-5](https://doi.org/10.1016/0304-405X(93)90023-5)
- [33] Fama, E. F., & French, K. R. (2105). A five-factor asset pricing model. *Journal of Financial Economics*, 116(1), 1-22. <https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2014.10.010>
- [34] Farhan, A., Normala Obaid, S., & Azlan, H. (2017). Corporate governance effect on firms performance-evidence from UAE. *Journal of Economics and Administrative Sciences*, 33(1), 66-80. doi:<https://doi.org/10.1108/JEAS-01-2016-0002>
- [35] Frick, B., & Bermig, A. (2009). Board size, board composition and firm performance: Empirical evidence from Germany. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/228293328_Board_Size_Board_Composition_and_Firm_Performance_Empirical_Evidence_from_Germany. DOI:10.2139/ssrn.1623103
- [36] Fulghieri, P., & Suominen, M. (2012). Corporate Governance, Finance, and the Real Sector. 47(6), 1187-1214. DOI: 10.1017/S0022109012000531
- [37] Fuzi, S. F. S., Halim, S. A. A., & Julizaerma, M. (2016). Board independence and firm performance. *Procedia Economics and Finance*, 37, 460-465. DOI: 10.1016/S2212-5671(16)30152-6
- [38] Garg, A. K. (2007). Influence of board size and independence on firm performance: A study of Indian companies. *Vikalpa*, 32(3), 39-60. DOI:10.1177/0256090920070304
- [39] Guest, P. M. (2009). The Impact of Board Size on Firm Performance: Evidence from the UK. *The European Journal of Finance*, 15(4), 385-404. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=2118221>
- [40] Gompers, P. A., Ishii, J. L., & Metrick, A. (2003). Corporate Governance and Equity Prices. *Quarterly Journal of Economics*, 118(1), 10155. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.278920>
- [41] Hair, J. F., Hult, G. T., Ringle, C. M., & Saerstedt, M. (2014). *A Primer on Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM)*. SAGE: Thousand Oaks.
- [42] Hair, J. F., Risher, J. J., Sarstedt, M., & Ringle, C. M. (2019). When to Use and How to Report the Results of PLS-SEM. *European Business Review*, 31(1), 2-24. DOI:10.1108/EBR-11-2018-0203
- [43] Henseler, J., Dijkstra, T. K., Sarstedt, M., Ringle, C. M., Diamantopoulos, A., Straub, D. W., & Calantone, R. J. (2013). Common Beliefs and Reality About PLS: Comments on Rönkkö and Evermann. *Organizational Research Methods*, 17(2), 182-209. <https://doi.org/10.1177/1094428114526928>

-
- [44] Hernandez Chavez, F. A., & Berrocal Gonzalez, A. M. (2009). *El Gobierno Corporativo y la Valuación de la Empresa. ¿Existe relación entre ambos? En I. M. Finanzas, Hacia una Empresa más profesional e institucional. Gobierno Corporativo en México.* (págs. 153-175). México.
- [45] Hessels, J., & Terjesen, S. (2010). Resource Dependency and Institutional Theory Perspectives on Direct and Indirect Export Choices. *Small Business Economics*(2), 203-220. DOI: 10.1007/s11187-008-9156-4
- [46] Hillman, A., Withers, M., & Collins, B. (2009). Resource Dependence Theory: A review. *Journal of Management Online First*. <https://doi.org/10.1177/0149206309343469>
- [47] Ionescu, G. G., & Negrusa, A. L. (December de 2007). The Study about Organizational Life Cycle Models. *Review of International Comparative Management*, 8(4), 5-17. Obtenido de http://www.rmci.ase.ro/Login/no8vol4/Vol8_No4_Article1.pdf
- [48] Jensen, M. C. (2010). The Modern Industrial Revolution, Exit and the Failure of Internal Control Systems. *Journal of Applied Corporate Finance*, 22(1), 43-58. doi:10.1111/j.1745-6622.2010.00260.x.
- [49] Jensen, M., & Meckling, W. (1976). Theory of the Firm: Managerial Behavior, Agency Costs and Ownership Structure. *Journal of Financial Economics*, 3(4), 305-360. [https://doi.org/10.1016/0304-405X\(76\)90026-X](https://doi.org/10.1016/0304-405X(76)90026-X)
- [50] Kabir, R., & Minh Thai, H. (2017). "Does corporate governance shape the relationship between corporate social responsibility and financial performance?". *Pacific Accounting Review*, 29(2), 227-258. doi:<http://doi.org/10.1108/PAR-10-2016-0091>
- [51] Kang, S.-A., & Kim, Y.-S. (2012). Effect of Corporate Governance on Real Activity-Based Earning Management: Evidence from Korea. *Journal of Business Economics and Management*, 13(1), 29-52. DOI:10.3846/16111699.2011.620164
- [52] Kao, M.-F., Hodgkinson, L., & Jaafar, A. (2019). Ownership structure, board of directors and firm performance: evidence from Taiwan. *Corporate Governance: The International Journal of Business in Society*. DOI:10.1108/CG-04-2018-0144
- [53] Kent Baker, H., Pandey, N., Kumar, S., & Haldar, A. (2020). A bibliometric analysis of board diversity: Current status, development, and future research directions. *Journal of Business Research*, 108, 232-246. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.11.025>
- [54] Kim, Y. (2005). Board network characteristics and firm performance in Korea. *Corporate Governance: An International Review*, 13(6), 800-808. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8683.2005.00471.x>
- [55] Klein, A. (1998). Firm performance and board committee structure. *The Journal of Law and Economics*, 41(1), 275-304. <http://dx.doi.org/10.1086/467391>
- [56] La Porta, R., Lopez de Silanes, F., Shleifer, A., & Vishny, R. (January de 2000). Investor Protection and Corporate Governance. *Journal of Financial Economics*, 58(1-2), 3-27. Recuperado de: https://scholar.harvard.edu/files/shleifer/files/ip_corpgov.pdf
- [57] Lebas, M., & Euske, K. (2002). A conceptual and operational delineation of performance. En A. Neely, *Business Performance Measurement: Theory and Practice* (págs. 65-79). Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press. ISBN 0-511-04157-8 eBook Cambridge University Press 2004 2002 (netLibrary)
- [58] Li, J., Nan, L., & Zhao, R. (2018). Corporate governance roles of information quality and corporate take overs. *Account Studies*. DOI:10.1007/s11142-018-9449-z.
- [59] Lintner, J. (1965). The Valuation of Risk Assets and the Selection of Risky Investments in Stock Portfolios and Capital Budgets. *The Review of Economics and Statistics*, 1, 13-37. <https://doi.org/10.2307/1924119>
- [60] Liu, Y., Miletkov, M. K., Wei, Z., & Yang, T. (2015). Board independence and firm performance in China. *Journal of corporate finance*, 30, 223-244. DOI: 10.1016/j.jcorpfin.2014.12.004
- [61] Lopez de Prado, M. (2018). *Advances in Financial Machine Learning*. Wiley.

- [62] Louma, P., & Goodstein, J. (1999). Stakeholders and Corporate Boards: Institutional Influences on Board Composition and Structure. *The Academy of Management Journal*, 42(5), 553-563. <https://doi.org/10.2307/256976>
- [63] Macías, A. J., & Román, F. J. (2014). Consecuencias económicas de la Reforma de Gobierno Corporativo en un mercado de capitales emergente. Pruebas de México. *El trimestre económico*, 81(322), 357-412. Retrieved from SCIELO: S2448-718X2014000200357 DOI <https://doi.org/10.20430/ete.v81i322.117>
- [64] Marine, F. (2019). Tesis Doctoral. *Análisis y evaluación de la conducta del mercado mexicano de valores, de sus inversionistas y de sus emisoras más relevantes por medio del uso de constructos, bursátiles, económicos e internacionales*. México: Universidad Anáhuac. https://anahuac.primo.exlibrisgroup.com/permalink/52ANAHUAC_INST/148j1ej/alma993867279605016
- [65] Martínez Ávila, M., & Fierro Moreno, E. (2018). Aplicación de la técnica PLS-SEM en la gestión del conocimiento: un enfoque técnico práctico. *RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 8(16), 130-164. <https://doi.org/10.23913/ride.v8i16.336>
- [66] Neely, A., Mike, G., & Platts, K. (1995). Performance measurement system design: A literature review and research agenda. *International Journal of Operation & Production Management*, 15(5), 80-116. Recuperado el Marzo de 2020, de <https://doi.org/10.1108/01443579510083622>
- [67] OECD. (2016). Principios de Gobierno Corporativo de la OCDE y del G20. Retrieved from <https://www.oecd.org/daf/ca/corporategovernanceprinciples/37191543.pdf> <http://dx.doi.org/10.1787/9789264259171-es>
- [68] Orozco, L. A., Vargas, J., & Galindo-Dorado, R. (2018). Trends on the relationship between board size and financial and reputational corporate performance: The Colombian case. *European Journal of Management and Business Economics*, 27(2), 183-197. doi: <http://doi.org/10.1108/EJMBE-02-2018-0029>
- [69] Perrow, C. (1993). *Complex organizations: a critical essay*. (3rd. ed) McGraw-Hill- New York.
- [70] Pfeffer, J., & Salancik, G. R. (1978). *The External Control of Organizations. A Resource Dependence Perspective*. New York: Harper & Row.
- [71] Pfeffer, J., & Salancik, G. R. (2003). *The External Control of Organizations. A Resource Dependence Perspective*. Stanford, California, USA: Stanford University Press. Recuperado el 30 de Septiembre de 2018
- [72] La Porta, R., Lopez-de-Silanes, F., Shleifer, A., & Vishny, R. W. (1999). Investor protection: origins, consequences, and reform. http://www.nber.org/system/files/working_papers/w7428/w7428.pdf
- [73] Rashid, A. (2018). Board independence and firm performance: Evidence from Bangladesh. *Future Business Journal*, 4(1), 34-49. <https://doi.org/10.1016/j.fbj.2017.11.003>
- [74] Reinartz, W. J., Haenlein, M., & Henseler, J. (2009). An empirical comparison of the efficacy of covariance-based and variance-based SEM. *International Journal of Research in Marketing*, 332-344. DOI: 10.1016/j.ijresmar.2009.08.001
- [75] Reyna, J. M. S. M. (2012). Interacción entre Mecanismos Internos y Externos de Gobierno como Elemento Detonante de la Creación de Valor: un estudio internacional. *Revista Brasileira de Gestão de Negócios*, 14 (43), 143-158. ISSN1806-4892
- [76] Ross, S. (1976). The arbitrage theory of capital asset pricing. *Journal of Economic Theory*, 13(3), 341-360. [https://doi.org/10.1016/0022-0531\(76\)90046-6](https://doi.org/10.1016/0022-0531(76)90046-6)
- [77] Saif Ullah, M. (2012). Relationship between Corporate Governance Score and Stock Prices: Evidence from KSE-30 Index Companies. *Journal of Business and Social Science*, 3(4), 239-249. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=1989875>

- [78] Sharpe, W. F. (1964). Capital asset prices: A theory of market equilibrium under conditions of risk. *Journal of Finance*, 427-442. <https://doi.org/10.2307/2977928>
- [79] Song, H. J., Yoon, Y. N., & Kang, K. H. (2020). The relationship between board diversity and firm performance in the lodging industry: The moderating role of internationalization. *International Journal of Hospitality Management*, 86, 102461. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2020.102461>
- [80] Tejedo-Romero, F., & Ferraz, J. (2018). Estrategia de gestión y divulgación del capital intelectual: influencia del gobierno corporativo. *Contaduría y Administración*, 2(63), 1-18. Obtenido de www.cya.unam.mx/index.php/cya
DOI: <http://dx.doi.org/10.22201/fca.24488410e.2018.1236>
- [81] Thaler, R. (2016). *Portarse mal. El comportamiento irracional en la vida económica*. Paidós.
- [82] Topak, M. S. (2011). The effect of board size on firm performance: Evidence from Turkey. *Middle Eastern Finance and Economics*, 14(1), ISSN:1450-2889.
- [83] Tosun, O. K. (2020). Changes in corporate governance: Externally dictated vs voluntarily determined. *International Review of Financial Analysis*, 101608. doi: <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2020.101608>
- [84] Tricker, B. (2012). *Corporate Governance. Principles, Policies, and Practices*. Oxford, United Kingdom: Oxford, University Press.
- [85] Ullah, S., Ahmad, S., Akbar, S., Kodwani, D., & Frecknall-Hughes, J. (2020). Governance disclosure quality and market valuation of firms in UK and Germany. *International Journal of Finance & Economics*. doi:10.1002/ijfe.2053
- [86] Uribe-Bohorquez, M.-V., Martínez-Ferrero, J., & García-Sánchez, I.-M. (2018). Board independence and firm performance: The moderating effect of institutional context. *Journal of Business Research*, 88, 28-43. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2018.03.005>
- [87] Valencia Herrera, H., & Ruiz Rivera, F. J. (2019). Dividend payout policy, family control, and institutional investors in an emerging country: The case of Mexico. *Contaduría y administración*, 64(4). <https://doi.org/10.22201/fca.24488410e.2019.1762>
- [88] Vargas Chanes, D. (2019). Aspectos metodológicos para la investigación social: Modelos de ecuaciones estructurales. Ciudad de México: Universidad Autónoma de México.
- [89] Wang, Y.-C., Tsai, J.-J., & Willian, H.-W. L. (Junio de 2013). The Influence of Board Structure on Firm Performance. *The Journal of Global Business Management*, 9(2), 7-14. Recuperado de: <http://www.jgbm.org/page/2%20Yang-Chao%20Wang-1.pdf>
- [90] Watkins Fassler, K. (2018). Desempeño financiero de empresas familiares. (F. d. Administración, Ed.) *Contaduría y Administración*, 2(63), 1-18. Obtenido de www.cya.unam.mx/index.php/cya ISSN: 0186-1042. <https://doi.org/10.22201/fca.24488410e.2018.1214>
- [91] Yermack, D. (1996). Higher market valuation of companies with a small board of directors. *Journal of Financial Economics*, 40(2), 185-211. [https://doi.org/10.1016/0304-405X\(95\)00844-5](https://doi.org/10.1016/0304-405X(95)00844-5)
- [92] Zabri, S. M., Ahmad, K., & Wah, K. K. (2016). Corporate governance practices and firm performance: Evidence from top 100 public listed companies in Malaysia. *Procedia Economics and Finance*, 35, 287-296. doi:10.1016/S2212-5671(16)00036-8
- [93] Zhou, H., Owusu-Ansah, S., & Maggina, A. (2018). Board of directors, audit committee, and firm performance: Evidence from Greece. *Journal of International Accounting, Auditing and Taxation*, 31, 20-36. DOI: 10.1016/j.intaccudtax.2018.03.002
- [94] Wang, Y.-C., Tsai, J.-J., & Willian, H.-W. L. (Junio de 2013). The Influence of Board Structure on Firm Performance. *The Journal of Global Business Management*, 9(2), 7-14.
- [95] Yermack, D. (1996). Higher market valuation of companies with a small board of directors. *Journal of Financial Economics*, 40(2), 185-211.

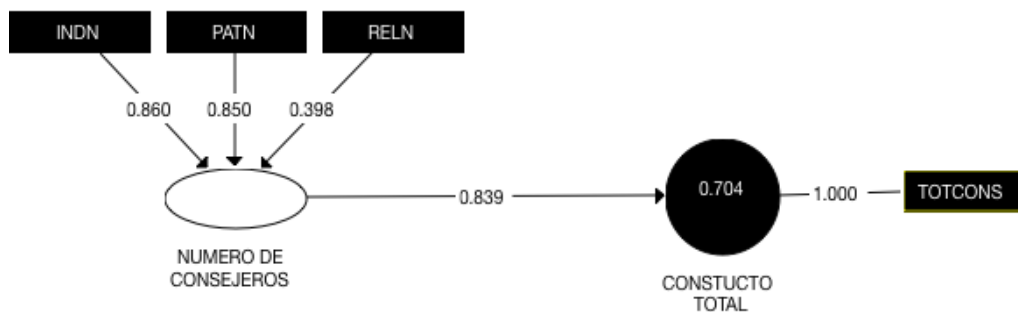
- [96] Zabri, S. M., Ahmad, K., & Wah, K. K. (2016). Corporate governance practices and firm performance: Evidence from top 100 public listed companies in Malaysia. *Procedia Economics and Finance*, 35, 287-296.
- [97] Zhou, H., Owusu-Ansah, S., & Maggina, A. (2018). Board of directors, audit committee, and firm performance: Evidence from Greece. *Journal of International Accounting, Auditing and Taxation*, 31, 20-36.

Anexos

1.-Path analysis modelo general

	RETORNO	REVENUE PER EMPLOYEE	RIESGO SISTEMÁTICO
CONSEJEROS INDEPENDIENTES	-0.587	-0.203	0.634
CONSEJEROS PATRIMONIALES	-0.348	-0.374	0.119
CONSEJEROS RELACIONADOS	-0.328	-0.46	0.178

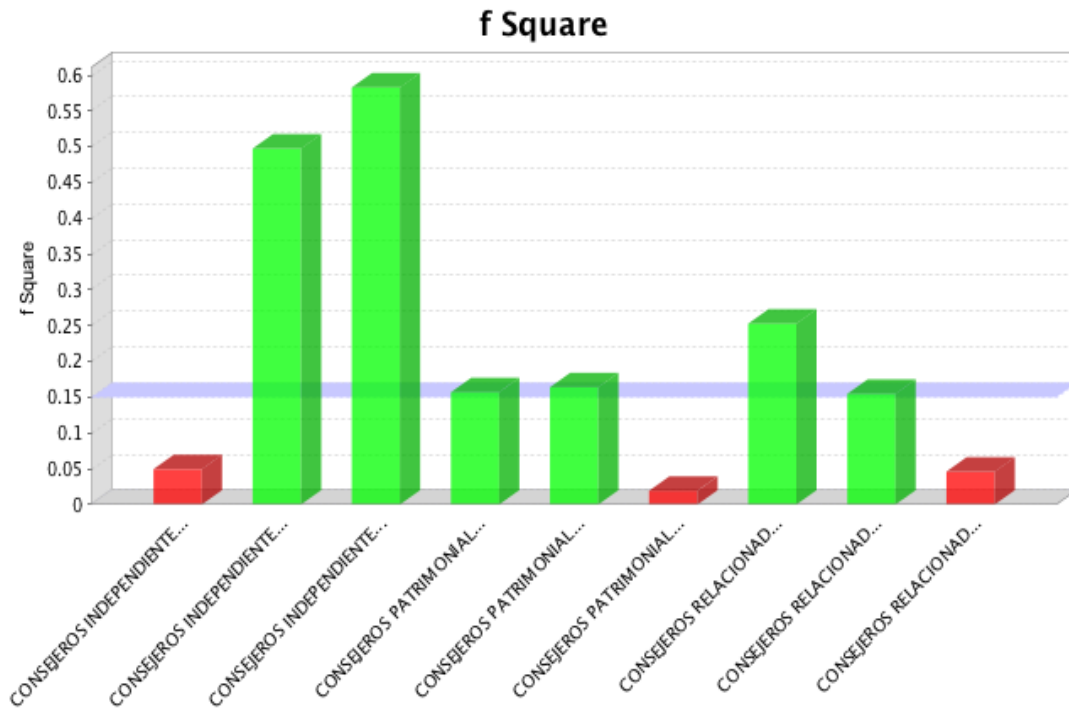
2.- Modelo 2 Convergence Validity.



3.-Rsquare

	R Square	R Square Adjusted
REVENUE PER EMPLOYEE	0.245	0.161
RETORNO	0.372	0.302
RIESGO SISTEMATICO	0.377	3.000

4.-Fsquare



5.-Validity y Reliability

	Cronbach's Alpha	rho_A	Composite Reliability	AVE
CONSEJEROS INDEPENDIENTES_	1.000	1.000	1.000	1.000
CONSEJEROS PATRIMONIALES	1.000	1.000	1.000	1.000
CONSEJEROS RELACIONADOS	1.000	1.000	1.000	1.000
REVENUE PER EMPLOYEE	1.000	1.000	1.000	1.000
RETORNO	0.515	0.568	0.761	0.525
RIESGO SISTEMATICO	1.000	1.000	1.000	1.000

6.-Fornell Larcker Criteria

	CONSEJEROS INDEPENDIENTES	CONSEJEROS PATRIMONIALES	CONSEJEROS RELACIONADOS	EFICIENCIA POR EMP	RETORNO	RIESGO SISTEMATICO
CONSEJEROS INDEPENDIENTES	1.000					
CONSEJEROS PATRIMONIALES	-0.260	1.000				
CONSEJEROS RELACIONADOS	-0.091	-0.264	1.000			
EFICIENCIA POR EMPLEADO	-0.064	-0.200	-0.343	1.000		
RETORNO	-0.467	-0.109	-0.183	0.434	0.725	
RIESGO SISTEMATICO	0.587	-0.093	0.089	-0.223	-0.195	1.000

7.-HTMT (heterotrait-monotrait ratio of correlations)

	CONSEJEROS INDEPENDIENTES	CONSEJEROS PATRIMONIALES	CONSEJEROS RELACIONADOS	EFICIENCIA POR EMPLEADO	RETORNO	RIESGO SISTEMATICO
CONSEJEROS INDEPENDIENTES						
CONSEJEROS PATRIMONIALES	0.260					
CONSEJEROS RELACIONADOS	0.091	0.264				
EFICIENCIA POR EMPLEADO	0.064	0.200	0.343			
RETORNO	0.631	0.142	0.247	0.585		
RIESGO SISTEMATICO	0.587	0.093	0.089	0.223	0.268	

8.-VIF

	VIF
BETA	1.000
INDN	1.000
PATN	1.000
RELN	1.000
REVENUE PER EMPLOYEE_	1.000
ROA_	1.625
ROE_	1.521
ROS_	1.120

9.- VIF (2)

	CONSEJEROS INDEPENDIENTES	CONSEJEROS PATRIMONIALES	CONSEJEROS RELACIONADOS	EFICIENCIA POR EMPLEADO	RETORNO	RIESGO SISTEMATICO
CONSEJEROS INDEPENDIENTES				1.105	1.105	1.105
CONSEJEROS PATRIMONIALES				1.178	1.178	1.178
CONSEJEROS RELACIONADOS				1.107	1.107	1.107
EFICIENCIA POR EMPLEADO						
RETORNO						
RIESGO SISTEMATICO						

10.-Model Fit

	Saturated Model	Estimated Model
SRMR	0.101	0.118
d_ULS	0.366	0.502
d_G1	0.088	0.156
d_G2	0.072	0.127
Chi-Square	12.354	19.728
NFI	0.817	0.708

11.-Crossvalidated Redundancy (kfold=3)

	SSO	SSE	Q ² (=1-SSE/SSO)
CONSEJEROS INDEPENDIENTES_	31.000	31.000	
CONSEJEROS PATRIMONIALES	31.000	31.000	
CONSEJEROS RELACIONADOS	31.000	31.000	
REVENUE PER EMPLOYEE	31.000	25.091	0.191
RETORNO	93.000	79.224	0.148
RIESGO SISTEMATICO	31.000	27.321	0.119

12.-Diferencia entre el modelo estimado por PLS y por LM

PLS

LM

PLS-LM

	RMSE	MAE	MAPE	Q2	RMSE	MAE	MAPE	Q2	RMSE	MAE	MAPE	Q2
REVENUE PER EMPLOYEE	4.96	3.62	259.40	0.05	4.96	3.62	259.40	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00
ROA_	0.04	0.03	60.48	0.17	0.04	0.03	62.09	0.15	0.00	0.00	-1.61	0.02
ROE_	0.13	0.09	61.79	0.03	0.14	0.09	65.95	-0.01	0.00	0.00	-4.17	0.05
MARGEN DE BENEFICIO NETO_	12.97	10.40	191.81	0.00	13.47	10.85	183.10	-0.07	-0.50	-0.45	8.71	0.08
BETA	0.24	0.20	27.05	0.24	0.24	0.20	27.05	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00

13.-Factor de Inflación de la Varianza (VIF)

	VIF
INDN	1.105
PATN	1.178
RELN	1.107
TOTCONS	1.000

Relaciones de largo plazo entre la política monetaria, el tipo de cambio y el premio al riesgo en México (2003-2018)

Judith Jazmín Castro Pérez¹ - Universidad Tecnológica de México, México

Salvador Cruz Aké - Instituto Politécnico Nacional, México

Mario Alejandro Durán Saldívar - Instituto Politécnico Nacional, México

Resumen

El objetivo de esta investigación es estudiar las relaciones de largo plazo entre la política monetaria, el tipo de cambio y el premio al riesgo en la economía mexicana. Mediante la metodología de series de tiempo, modelos ARFIMA y ARFIMAX, con datos diarios de mayo, 2003 a octubre, 2018. Los resultados señalan que las decisiones tomadas por el Banco Central a través de su mecanismo de transmisión (tasa de interés) bajo un objetivo de inflación controlada, envían señales a la economía que impactan en el tipo de cambio, el cual actúa como el canal de transmisión que altera el comportamiento del premio al riesgo de los activos financieros. La recomendación es analizar el impacto que tienen otros mecanismos de política monetaria en el premio al riesgo, la limitación es que sólo se analizaron las relaciones específicas al objetivo, implicando la falta de medición de otros efectos económicos. La originalidad es el análisis de relaciones de largo plazo en la política monetaria mediante modelos fraccionales. En conclusión, se reconoce la existencia de la paradoja del banco central en la economía mexicana.

Clasificación JEL: C32, E5, E52, E58.

Palabras clave: Política Monetaria, Premio al Riesgo, Memoria larga, modelos de series de tiempo.

Long-term Relationship Between Monetary Policy, Exchange Rate and the Risk Premium in Mexico (2003-2018)

Abstract

The objective of this research is to study the long-run relationships between monetary policy, the exchange rate, and the risk premium in the Mexican economy. Using the time series methodology, ARFIMA, and ARFIMAX models, with daily data from May 2003 to October 2018. The results suggest that the decisions are taken by the Central Bank through its transmission mechanism (interest rate) under a controlled inflation target, send signals to the economy that impact the exchange rate, acting as the transmission channel that alters the behavior of the risk premium of financial assets. The recommendation is to analyze the impact that other monetary policy mechanisms have on the risk premium, the limitation is that only the relationships specific to the target were analyzed, implying the lack of measurement of other economic effects. The originality is the analysis of long-run relationships in monetary policy using fractional models. In conclusion, the existence of the central bank paradox in the Mexican economy is recognized.

JEL Classification: C32, E5, E52, E58.

Keywords: Monetary Policy, Risk Premium, Long Memory, time series models.

¹ Autor de correspondencia. Universidad Tecnológica de México - UNITEC MÉXICO - Campus Querétaro; Email: castro.410210@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3412-2079>

*Sin fuente de financiamiento para el desarrollo de la investigación



1. Introducción

En el caso de la economía mexicana las autoridades monetarias tienen como objetivo primordial mantener controlada la inflación y es precisamente bajo este contexto que se envían señales a los individuos que participan dentro del mercado financiero. Si se tiene una postura de política monetaria relajada (baja inflación) los individuos se verán impulsados a incrementar su demanda de riesgo dentro del mercado de valores al prever la situación de la economía agregada como estable, mientras que, por lo contrario si se tiene una postura de política restrictiva (alta inflación) por parte de las autoridades del Banco de México (Banxico), los inversionistas mantendrán bajo cautela sus transacciones en el mercado bursátil, se verán incentivados a reducir su demanda de riesgo pues el entorno que se entrevé presenta mayor inestabilidad.

Es así como se tiene presente la idea de la paradoja del Banco Central, la cual recae en la incongruencia de un estado de aparente estabilidad económica bajo un entorno de inflación controlada por parte del banco central, pero con efectos indeseables en el mercado bursátil, es decir, mayor inestabilidad financiera. Esta paradoja dictamina que la estabilidad tiene como consecuencia la inestabilidad (Minsky, 1977), esto es, gracias a que el sistema en general presenta su punto más riesgoso exactamente en el punto en el que pareciera estar más protegido según la mayoría de los agentes económicos desde su perspectiva individual incentivados por las decisiones y señales de la política monetaria.

Se considera para la economía mexicana de suma importancia reconocer la relación que existe dentro de sus decisiones de política monetaria, con respecto a la tasa de interés, y el entorno financiero en México. Esto con la finalidad de tener una postura que reconozca la forma en la que intervienen las decisiones de las autoridades monetarias en la economía y prever situaciones consideradas como indeseables (mayor riesgo, endeudamiento, crisis, etc.).

Son pocos los estudios empíricos con los que se cuenta para apoyar o refutar la idea anterior al menos en el caso mexicano, la mayor parte de la literatura muestra la evidencia en otras economías. Se piensa en la importancia de realizar el estudio para la economía mexicana con el fin de tener una perspectiva de la relación que existe entre la política monetaria vía tasa de interés y el comportamiento tanto del premio al riesgo de los activos en el mercado de valores mexicano como del tipo de cambio (peso mexicano/dólar americano).

La evidencia que se tiene para la economía norteamericana señala que la presencia de precios crecientes de las acciones, por ejemplo, en julio de 1997, se atribuye a moderadas tasas de interés en el largo plazo y a las expectativas por parte de los inversionistas de que los márgenes de ganancia se mantendrán estables o incluso aumentarán dentro de un ambiente aparentemente seguro y de baja inflación (Greenspan, 1997).

Se sabe que ante la presencia aparente de bajo riesgo se incrementa la demanda de activos, en consecuencia, los precios de los activos dentro del mercado aumentan, el crédito se expande, impulsando los precios hacia arriba; y los inversionistas privados adquieren más riesgos en la búsqueda de rendimiento, todo esto incentivado por la percepción de periodos de bajo riesgo. Por lo que, los periodos de aparentemente bajo riesgo se suelen tener tasas de interés bajas, lo que fomenta la adquisición de mayor riesgo por parte de los inversionistas (Borio, 2011).

En Bernanke y Gertler (2001) se habla de que los bancos centrales que tienen como objetivo primordial controlar la inflación, se ajustan en automático a las ganancias que provienen de la productividad que eleva los precios de los activos, al mismo tiempo que compensan las disminuciones o los incrementos únicamente especulativos en el valor de las acciones cuyos movimientos a priori se producen mediante la demanda agregada. Su opinión al final es que la estabilidad macroeconómica asociada con la meta de inflación probablemente reducirá el episodio de angustia financiera estimulada por el pánico que podría desestabilizar la economía.

Para el caso de la economía mexicana los estudios sobre la relación entre las decisiones de política monetaria y el valor de los activos financieros aún es escaso. En Salgado, Herrera, y Ramírez (2017) se menciona que el desempeño de la Bolsa Mexicana de Valores, el tipo de cambio y la tasa de interés están ligados de tal forma que cuando ocurre un shock se converge al nivel de equilibrio en mayor tiempo que el sugerido por la cointegración estándar. Esto quiere decir que, aunque las variables mencionadas divergen, existe uno o más puntos en el tiempo en el que convergerán al equilibrio, pero ante la presencia de un shock, los momentos en el tiempo que tardarán para cointegrar serán más que sin la presencia del shock. En otras palabras, el desempeño de la Bolsa Mexicana de Valores, el tipo de cambio y la tasa de interés tardarán más periodos de tiempo en converger cuando existe un shock, que cuando no existe (Salazar-Núñez y Venegas-Martínez, 2015).

En Bordo y Jeanne (2002a) se encontró que la política monetaria óptima depende de las circunstancias económicas en las cuales se incluyen las creencias de los agentes privados. Se dice que la política monetaria óptima actúa en términos generales de tal forma que si se tiene un gran riesgo de quiebra y las autoridades monetarias pueden intervenir desactivándolo a un costo relativamente bajo, se hace referencia a una restricción monetaria proactiva. Se sabe que a medida que los inversionistas se vuelven más generosos, incrementan los riesgos asociados con una reversión en la confianza del mercado y al mismo tiempo, apoyarse en la ola de optimismo de los inversionistas necesita acciones monetarias más radicales y con un mayor costo. Sin embargo, hoy en día la intención de los responsables de la formulación de políticas no es seguir ese camino, sino perseguir una política reactiva y afrontar las consecuencias de una caída de los precios de las acciones una vez que ocurran (Téllez-León y Venegas-Martínez, 2013).

El objetivo principal de la presente investigación es comprobar si la relación que existe entre las decisiones de política monetaria por parte del Banco de México (vía tasa de interés) y el comportamiento tanto del tipo de cambio como el del premio al riesgo de los activos financieros en México es de largo plazo. En la sección I, se desarrolla la justificación del objetivo de baja inflación por parte de las autoridades monetarias, el uso de la tasa de interés como mecanismo de conducción de la política monetaria y se define al tipo de cambio como el canal de transmisión, además como es que en conjunto las partes mencionadas anteriormente generan efectos en el valor del premio al riesgo de los activos financieros en México. En la sección II, se describen los principales aspectos teórico-metodológicos para trabajar con modelos de integración fraccional, pues este método es considerado el idóneo para obtener las relaciones de largo plazo que se describen dentro del primer capítulo en la presente investigación; las nociones importantes para la investigación son: memoria larga, integración, integración fraccional, modelos ARFIMA y ARFIMAX. En la sección III, se procede a analizar las series económicas de México mediante la metodología descrita en la sección II, con la finalidad de comprobar la existencia de las relaciones de largo plazo entre las variables de estudio y

validar el impacto de las decisiones de la política monetaria mexicana en el comportamiento del tipo de cambio y el premio al riesgo de los activos financieros mexicanos.

2. Mecanismo y Canal de Transmisión de la Política Monetaria en México

La instrumentación de la política monetaria corresponde al conjunto de acciones que lleva a cabo el banco central en los mercados financieros para lograr la estabilidad de precios. Es claro que es muy difícil que el banco central pueda influir en los precios de una economía de manera directa, por lo que para lograrlo éste establece un objetivo operacional² sobre el cual sí se tiene control. Es mediante este objetivo operacional la forma en la que la banca central influye de diversas maneras en la inflación. Para el caso particular del Banco de México, cuando éste establece cierto nivel para la tasa objetivo espera intervenir en el comportamiento de las tasas de interés de largo plazo y afectar así los créditos que otorgan y las tasas que pagan los bancos con el fin de influir en la actividad económica y finalmente tener un impacto en la inflación.

Al respecto Mishkin (1995) menciona que para tener éxito en la conducción de política monetaria, los responsables de esta, deben realizar una evaluación precisa del resultado de sus políticas en la economía. Para ello, es imprescindible identificar los mecanismos mediante los cuales la economía es afectada por la política monetaria.

2.1 La tasa de interés como mecanismo de transmisión de la política monetaria

Se menciona en que en los últimos cincuenta años la transmisión de la política monetaria a través de mecanismos como el tipo de interés ha sido un detalle en general dentro de la literatura económica. Es así como ha sido considerado por los economistas como la herramienta clave de las autoridades monetarias en la conducción de política económica y también como un pilar del estudio de la macroeconomía (Mishkin, 1995). Así mismo el autor menciona que la visión keynesiana tradicional de cómo un ajuste monetario se transmite en la economía se puede representar como se muestra en la Figura 1,

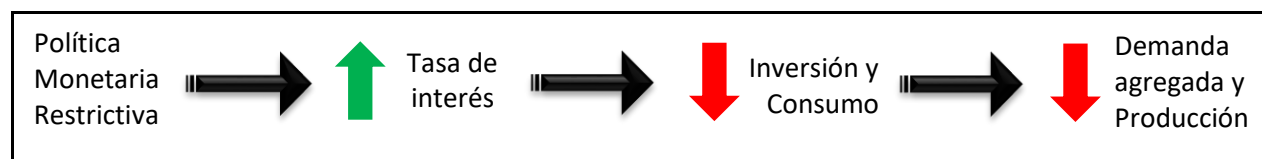


Figura 1. Mecanismo de transmisión de la política monetaria en México

Fuente: Creación propia.

² El objetivo operacional del Banco de México es la tasa de fondeo bancario a plazo de un día.

Dónde, se indica que una política monetaria restrictiva conduce a un aumento en las tasas reales de interés, que a su vez aumenta el costo del capital, lo que provoca una disminución en el gasto de inversión, y por tanto se convierte en una disminución de la demanda agregada y una caída de la producción.

Por lo que se refiere de manera específica para el caso del Banco de México la herramienta más importante que tiene para controlar el crecimiento de dinero y por lo tanto la inflación, es la tasa de interés. A lo que menciona que el mecanismo funciona de la siguiente manera: “Una mayor tasa de interés reduce la demanda agregada desincentivando la inversión y el consumo, aumentando el ahorro de las personas; de esta manera se limita la cantidad de dinero disponible en la economía, con lo que el nivel de precios disminuye. Lo contrario sucede cuando disminuye la tasa de interés; ahora las personas se ven incentivadas a invertir y consumir, ya que tener el dinero en los bancos no es la mejor opción, por lo que la cantidad disponible en la economía se ve incrementada, lo que hace que el nivel de precios aumente” (Banxico, 2018).

Es así como tomando en cuenta la evolución reciente de la inflación, y también considerando las perspectivas de sus principales determinantes y los pronósticos de esta, cada que se requiere, la Junta de Gobierno decide por unanimidad el objetivo para la tasa de interés interbancaria a un día. Procurando que la postura de política monetaria sea congruente con una tendencia descendente de la inflación anual hacia su meta.

Para Blinder (1998) al tener la política monetaria priorizada por el objetivo de inflación, lo ideal, sería que no se castigue la producción dentro de la actividad económica, pues se piensa que existen alternativas que puedan lograr un desarrollo deseado tanto de la producción como de la inflación, pero para ello se requiere conocer explícitamente cuales son los mecanismos de política monetaria que conducen las decisiones de las autoridades monetarias en la economía, y más aún, de que manera impactan a un nivel agregado de la actividad económica.

2.2 Canal de transmisión de la política monetaria

Se entiende como canales de transmisión de la política monetaria aquellas vías por medio de las cuales la tasa de interés de corto plazo puede tener un impacto sobre la oferta y demanda agregada, que le permita posteriormente influir en los precios, y alcanzar así el objetivo de inflación.

Existen diversos factores por los que en la actualidad se ha puesto cada vez mayor atención a los efectos de las decisiones de las autoridades monetarias en el tipo de cambio, los más sobresalientes son dos, primero el gran auge internacional que ha presentado desde hace ya varios años la economía estadounidense, y segundo la llegada del régimen cambiario en el que el valor de la moneda se determina en el mercado sin intervención de los responsables de la política monetaria. Dada la importancia de ambos acontecimientos para la economía se reconoce que existe gran potencial de estudio en el comportamiento del tipo de cambio como subproducto de la transmisión de la política monetaria.

Para determinar el valor del tipo de cambio de un país es necesario comparar su moneda en relación con la moneda extranjera, pues se busca una equivalencia que permita realizar las transacciones que desean los individuos.

Dada la necesidad de realizar transacciones se reconocen también los efectos que tiene el comportamiento del tipo de cambio en la economía. Si éste se aprecia se encarecerán los activos

domésticos con respecto a los activos extranjeros, generando una menor demanda de los activos nacionales por parte del sector externo. Pero a su vez, generando que los inversionistas nacionales demanden más de los activos extranjeros pues habrá aumentado el valor de la moneda nacional respecto a la moneda extranjera. Por otro lado, si el tipo de cambio se deprecia, los efectos serán inversos, los activos domésticos serán más atractivos ante las monedas extranjeras, y eso propiciará un aumento en la demanda de estos; mientras que para los inversionistas nacionales representará una disminución al consumo de activos extranjeros.

Ante tal situación se entiende que las fluctuaciones demasiado abruptas pueden no ser deseadas, pues generarían cambios violentos en las transacciones de los inversionistas, y eso se considera como un entorno de inestabilidad en la economía.

Al respecto, para Mishkin (1995) el tipo de cambio también implica efectos de las tasas de interés, porque cuando las tasas de interés reales aumentan, los depósitos en moneda nacional se vuelven más atractivos en comparación con los depósitos en monedas extranjeras, lo que lleva a un aumento en el valor de los depósitos en moneda doméstica, es decir, se tiene una apreciación de la moneda nacional. Ante el aumento del valor de la moneda nacional se tiene que los productos nacionales ahora son más caros que los productos extranjeros, lo que causa una caída de las exportaciones netas y por tanto una baja en la producción total. Lo cual se simplifica en el siguiente esquema (Figura 2),

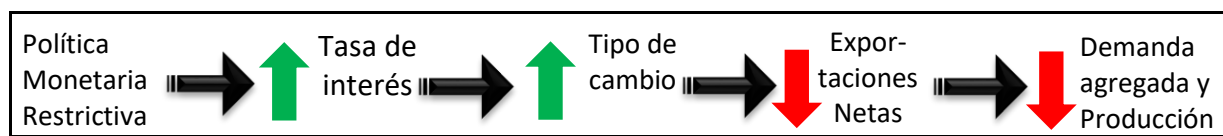


Figura 2. Canal de transmisión de la política monetaria

Fuente: Creación propia.

Es necesario especificar que la paridad de poder de compra (PPP) describe la relación entre el tipo de cambio y el nivel de precios de dos economías. Usualmente esta relación se utiliza como un indicador que permite valorar los desajustes teóricos del tipo de cambio. En la presente investigación se asume la existencia de paridad del poder de compra débil para México, lo que permite la existencia de desviaciones de los precios relativos en el tipo de cambio; lo que señala imperfecciones en los flujos de comercio internacional, V.g. el costo del transporte de las mercancías, los servicios no importables, etc. Esto quiere decir que las fluctuaciones del tipo de cambio tendrían que ser compensadas por las variaciones en los índices de precios de las economías.

De tal forma que esta paridad, señala que si las variaciones de los precios nacionales son mayores a las de los precios extranjeros se dará una apreciación del valor del tipo de cambio. A diferencia, si los cambios de los precios internos son menores a los foráneos, el tipo de cambio se deprecia esto para mantener el poder de compra de la moneda nacional.

2.3 La política monetaria y el mercado financiero: Premio al riesgo en México

Dentro del sistema financiero en los últimos treinta años se han generado múltiples cambios que han modificado la naturaleza de la transacción típica realizada en el mercado accionario, convirtiéndolo en un mercado cada vez más amplio y con una mayor participación que ha permitido considerarlo como un mercado profundo (Rajan, 2006). Así mismo esta extensa participación ha concedido que los riesgos dentro del mercado financiero sean más significativos para la actividad bursátil y a su vez, se tiene un efecto superior en la economía.

Al considerar el riesgo como una situación de incertidumbre, y a su vez la incertidumbre como la falta de certeza sobre algún acontecimiento, se asume que es imposible describir con exactitud más de un resultado posible, un desenlace futuro, o el estado actual. Al respecto Alchian (1950) señala que por definición, "bajo incertidumbre", cada acción que se puede preferir se identifica no únicamente con un resultado, sino con una distribución de posibles resultados. Eso quiere decir que aunque no es posible conocer exactamente el alcance ante la presencia de incertidumbre, es posible medir los resultados potenciales por medio de una distribución.

En lo que se refiere a la relación entre política monetaria e incertidumbre en los mercados financieros Bekaert, Hoerova, y Lo Duca (2013) sugiere que el resultado más consistente encuentra que una política monetaria relajada obtendrá aumentos en el apetito de riesgo en periodos futuros, pues se predecirá un entorno de poca incertidumbre en la economía. Dada una decisión de política monetaria relajada los individuos interpretarán un entorno de aparente estabilidad, previendo baja incertidumbre y por ende confiando en una disminución del riesgo en el mercado, y esto desembocara en una mayor demanda de riesgo, propiciando después de todo incertidumbre. Cabe mencionar que la respuesta inmediata de la incertidumbre a los shocks de política monetaria es más débil que la de la aversión al riesgo, trabajos similares (Gil-León, y Toca- Toca, J. S., 2020), (Vasicek y Venegas-Martínez, 2021).

Hay que mencionar además, restringir la política monetaria ante un boom del mercado de activos puede observarse como un seguro contra el riesgo de una crisis crediticia. Sin embargo, éste seguro es costoso en relación a sacrificios macroeconómicos, pues implica costos inmediatos en términos de una menor producción e inflación. No obstante dejar que el auge se desmarque implica el riesgo de costos aún más grandes en el futuro. Por tanto se entiende que es tarea de las autoridades monetarias valorar los costos y beneficios relativos de una restricción monetaria preventiva ante la presencia de un boom del precio de los activos, así la política monetaria óptima dependerá de estos beneficios y costos. Cabe señalar que con respecto a esta idea la visión dominante entre los banqueros centrales se puede identificar como una visión de "negligencia benigna"³(Bordo y Jeanne, 2002b).

En lo que respecta a las burbujas financieras, se tiene una amplia gama de modelos analíticos que sugiere que la política monetaria debe reaccionar ante los movimientos continuos de los precios de las acciones, es decir, se debe reaccionar ante la existencia de una burbuja. Tanto a las burbujas de activos cuya evolución no depende de la política monetaria como a las burbujas cuya probabilidad

³ Según éste punto de vista, las autoridades monetarias deberían lidiar con la inestabilidad financiera que podría resultar de un colapso en los precios de los activos siempre y cuando ocurra, pero no deberían ajustar la política monetaria de forma preventiva en la fase de auge (Bordo & Jeanne, 2002b).

y tamaño si dependan de la política monetaria, es decir, respondiendo más allá de la desviación del crecimiento y el objetivo de inflación, con moderación y cautela (Roubini, 2006).

Dicho de otra forma, las burbujas financieras pueden ser o no motivadas por las decisiones de política monetaria, sin importar cual sea el caso, las autoridades monetarias deben reaccionar de forma cautelosa ante la presencia de alguna burbuja, pues la experiencia menciona que aunque se incurra en costos para la actividad económica agregada, estos costos serán menores a los que se podría llegar si los responsables de política se limitan a observar el desarrollo de la burbuja.

2.3.1 Premio al riesgo

El premio al riesgo se define en la presente investigación como el valor esperado de la rentabilidad de los activos financieros menos el valor esperado de la tasa libre de riesgo (tasa de interés).

La definición del premio al riesgo de éste estudio es tomada de la teoría de portafolios, por lo tanto, se considera que el premio al riesgo de mercado es suficiente para los objetivos de investigación gracias a los siguientes supuestos: a) se cumple la hipótesis de mercado eficiente; b) movilidad perfecta de capitales; c) política monetaria activa; d) no existe arbitraje; e) en el Índice de Sharp, la condición de media – varianza es suficiente para caracterizar el premio al riesgo, y f) la economía analizada tiene un mercado multivariado normal, es decir, cumple con la hipótesis de la paridad de poder de compra en su versión débil.

En otras palabras, el análisis presentado mediante la definición del premio al riesgo corresponde a una medida del comportamiento promedio de la rentabilidad de mercado, dejando de lado los efectos de memoria en los procesos, los cuales crean movimientos, pero no modifican la media (el problema de las martingalas señalado por Mandelbrot).

En este trabajo se propone que, el origen de la volatilidad de los mercados es la necesidad de los inversionistas de generar instrumentos de mayor retorno esperado en ambientes que, en promedio se mantienen estables dada la política monetaria. Esto implica que una política monetaria que excluye la volatilidad de mercado y sus extremos (al estar basada en promedios para los rendimientos de los instrumentos de señalización) genera incentivos para que los agentes económicos creen instrumentos volátiles para compensar la falta de rendimientos por tasas de interés bajas y ambientes, en promedio, estables, de ahí la necesidad de modelar estos retornos con memoria mediante modelos ARFIMA.

Ahora, premio al riesgo se entiende como la tasa de ganancia que los inversionistas adquieren al asumir un riesgo mayor en su inversión, en este caso, lo que los inversionistas consiguen de beneficios por adquirir activos del mercado de capitales y no invertir en los activos libres de riesgo (Engel, 1995).

$$PR = r_m - r_l \quad (1)$$

Por otra parte, en la ecuación (1) se tiene la definición teórica del premio al riesgo. Sea PR la tasa de rentabilidad que se adjudica al inversionista por adquirir riesgo de mercado; la tasa de rentabilidad de mercado está definida por r_m ; mientras que r_l representa la tasa libre de mercado.

En otras palabras, el premio al riesgo es el exceso de rentabilidad que adquiere el inversionista al asumir mayor incertidumbre en sus inversiones (Domowitz y Hakkio, 1984).

Según Bomfim (2003) existen dos enfoques distintos en el estudio de la relación entre el mercado de valores y la política monetaria, estos son: los economistas financieros y los economistas monetarios; los financieros durante mucho tiempo han considerado los efectos de las emisiones de datos económicos sobre la volatilidad del mercado de activos a través de la observación de lo que ocurre en las fechas de entrada de las noticias con la volatilidad en el mercado de activos; mientras que los monetarios han explorado cómo la política monetaria sorprende al nivel de precios de los activos al relacionar una inesperada decisión de política con el movimiento en el precio de las acciones después del anuncio de la decisión.

2.4 La paradoja del Banco Central

Para la economía norteamericana se considera una de las más estables épocas la precedida por la dirección de Alan Greenspan en la Reserva Federal (FED), banco central de los Estados Unidos. Pues para muchos economistas presidió durante casi dos décadas de prosperidad, con solo dos recesiones históricamente breves y suaves en 1990-91 y 2001. Las amenazas importantes que se presentaron para la economía, como la caída del mercado de valores de 1987, la crisis financiera asiática de 1997-98, la burbuja de las punto.com, el 11/9) fueron moderadas. Se aclamaban las acciones conducidas por las autoridades monetarias como reflejo de la creencia de que se estabilizó la economía sin alimentar nuevamente la inflación, debido a los virtuosos cambios en las tasas de interés y las adecuadas intervenciones en las crisis, todo dirigido por Greenspan (Samuelson, 2013).

Para principios del 2000, se creía en la posibilidad de alcanzar un bienestar más plácido. Los economistas la nombraron “la Gran Moderación”. Greenspan fue su principal arquitecto. Pero había un inconveniente no reconocido: con una economía de bajo riesgo los individuos (propietarios de viviendas, banqueros, administradores de inversiones) conjeturó que podía realizar algo que en una época distinta podría considerarse más arriesgado. Es decir, los consumidores podían obtener más créditos porque el entorno de estabilidad macroeconómica elevaba su capacidad de pagarlos. Las hipotecas para viviendas consideradas “de alto riesgo”, las cuales eran concedidas a prestatarios más débiles, se volvieron aparentemente más seguras por considerarse que los precios de las viviendas continuarían subiendo. Los bancos podían asumir más deudas, porque los mercados financieros se encontraban calmados. De ahí, la paradoja Greenspan (o paradoja del banco central): La creencia en un riesgo menor creó más riesgos. El resto es historia (Samuelson, 2013).

También, existe evidencia con respecto a la presencia de precios crecientes de las acciones en julio de 1997, se atribuye a moderadas tasas de interés en el largo plazo y a las expectativas por parte de los inversionistas de que los márgenes de ganancia se mantendrán estables o incluso aumentarán dentro de un entorno aparentemente estable y de baja inflación (Greenspan, 1997). Así, cuando al parecer el riesgo es bajo se incrementa la demanda de activos y por ende los precios de los activos dentro del mercado están aumentando, el crédito se expande impulsando los precios hacia arriba y los inversionistas privados adquieren más riesgos en la búsqueda de rendimiento incentivados por los periodos de percepción de bajo riesgo, además, estos periodos de aparentemente poco riesgo suelen ir acompañados de tasas de interés bajas, fomentando así la adquisición de más riesgos (Borio, 2011).

En el caso mexicano al respecto de este tema en particular los estudios aún son escasos, sin embargo, si se ha encontrado evidencia en la que las decisiones de política monetaria vía tasa de interés, impacta tanto en el mercado cambiario como en el mercado financiero.

Es congruente pensar que las decisiones del Banco Central que inciden directamente en el comportamiento de la tasa de interés impactan en los niveles del tipo de cambio y posteriormente la volatilidad del mercado cambiario participa en el proceso provocando consecuencias sobre el comportamiento del premio al riesgo de las acciones cotizadas en el mercado financiero en México.

Es decir, sabiendo que en el caso de la economía mexicana las autoridades monetarias tienen como objetivo primordial mantener contralada la inflación, y como mecanismo de transmisión se utiliza la tasa de interés de corto plazo, se piensa que las decisiones de política monetaria envían señales a los individuos que participan dentro del mercado financiero. Siendo así, si se tiene una postura de política monetaria en la que las tasas de interés bajan y con ello se considera una baja en la inflación, los individuos se verán estimulados a incrementar su consumo de riesgo dentro del mercado de valores al prever el entorno de la economía agregada como estable; mientras que, por lo contrario, si se tiene una postura de política restrictiva aumentando la tasa de interés y con ello se tiene la noción de un alza en la inflación, los inversionistas mantendrán bajo cautela sus transacciones en el mercado bursátil, en otras palabras, reducirán su demanda de riesgo pues el entorno que se entrevé presenta mayor inestabilidad.

3. Metodología que sustenta la paradoja del banco central

En la presente sección se muestran los principales aspectos teórico-metodológicos para trabajar con modelos de integración fraccional en series de tiempo; explicando nociones importantes para la investigación, como: memoria larga, integración, ruido fraccional gaussiano y cointegración fraccional. Con la finalidad de estimar un ARFIMA (modelo integrado fraccional autorregresivo) que demuestre la existencia de relaciones de largo plazo entre la política monetaria en México y variables consideradas de suma importancia dentro de la economía mexicana.

Específicamente se hace referencia a la tasa de interés a 28 días que funciona como mecanismo de transmisión de las decisiones de la política monetaria en México, y cuyo impacto se da tanto en el tipo de cambio (peso mexicano/dólar americano) como en el premio al riesgo de los activos financieros mexicanos.

3.1 Memoria larga

En Baillie (1996) se encuentra que al hallar correlogramas con valores que disminuyen muy lentamente, teniendo como consecuencia que sean significativos durante un gran número de rezagos y por tanto las autocorrelaciones no serán sumables, es posible que se trate de un proceso con memoria larga. Es decir, si tenemos una serie temporal discreta Y_t con su correspondiente función de autocorrelación ρ_j en el rezago j , si,

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{j=-n}^n |p_j| < \infty \quad (2)$$

Este proceso estocástico (2) conserva una memoria larga. También se puede entender que en la función de densidad espectral $f(\omega)$ del proceso Y_t no converge en la frecuencia cero, o, dicho de otra forma, no posee límites a bajas frecuencias.

Cassoni (1994) menciona que en el dominio de las frecuencias en dichos procesos se presenta una función de densidad espectral $f(\lambda)$ positiva, continua y acotada para $\lambda \in [-\pi, \pi)$. Y además se cumple que:

$$\sum_{j=0}^{\infty} |\gamma_j| < \infty \quad \text{donde } \gamma_j = \text{Cov}(p_t, p_{t-j}) \quad (3)$$

Esto quiere decir que los rezagos de la serie de tiempo tienen relación entre ellos mismos, pero esta se perderá en el tiempo, no logrando establecer un proceso de caminata aleatoria, pero si identificando uno de memoria larga.

Según Baillie (1996), desde un enfoque empírico basado en términos de la persistencia de las autocorrelaciones observadas, la extensión de persistencia es consistente con un proceso esencialmente estacionario, pero en el que las funciones de autocorrelación tardan más en decaer en comparación con los procesos ARMA. Cuando se observa que la función de autocorrelación muestra una persistencia que no es consistente con un proceso $I(1)$ ni un $I(0)$.

3.2 Integración Fraccional

La integración fraccional se puede definir a través de entenderla como un proceso $I(d)$, tal que $d < 1/2$ es débilmente estacionario y su función de auto covarianza es no infinita. Siempre que $d > 0$, se puede expresar como:

$$\sum_{j=0}^{\infty} |\gamma_j| < \infty \quad (4)$$

En esta situación (4) el procedimiento para diferenciar la serie en forma fraccional es desigual al de tomar diferencias enteras ya que ante la sospecha de procesos con memoria larga al diferenciar con números enteros se pierde información de la propia variable y en este caso se considera preciso utilizar todo el pasado de la serie,

$$(1 - L)^d = \sum_{j=0}^{\infty} a_j L^j \quad (5)$$

donde $a_j = \Gamma(j - d)/\Gamma(-d)\Gamma(j + 1)$ con $a_0 = 1$ y Γ es la función gamma. Tal que para diferenciar la serie fraccionalmente se requiere conocer toda la historia de la serie (teniendo en cuenta que el número de observaciones N es siempre finito), entonces la serie diferenciada en forma fraccional se obtiene mediante,

$$IF_t = \sum_{j=0}^{t-j} a_j I_{t-j} \quad (6)$$

Al obtener un proceso integrado de forma fraccional estacionario e invertible los valores del orden de diferenciación d deben de estar entre $-1/2$ y $1/2$. Si d es mayor que $1/2$ el proceso es no estacionario y si es menor que $-1/2$ el proceso es no invertible (Véase en la Cuadro 1).

Cuadro 1. Procesos de integración fraccional

Orden de integración	Modelo de caso.
$-1/2 < d < 0$	Se tiene un proceso con memoria negativa (el proceso es antipersistente).
$0 < d < 1/2$	Se tiene un proceso con memoria larga (el proceso es persistente).
$d = 0$	Se tiene un proceso con memoria corta.

Fuente: Creación propia con información obtenida en Baillie (1996).

Dentro de la presente investigación dado que se plantea como objetivo establecer las relaciones de largo plazo entre las variables de estudio, es de suma importancia identificar que las series a estudiar dependen fuertemente de su historia, es decir, poseen memoria larga, y además bajo la sospecha de que su orden de integración es fraccional.

3.3 Modelos ARFIMA

En la presente sección se desarrolla la especificación del modelo ARFIMA desde su forma funcional y su aplicabilidad en esta investigación. Este método se estima en dos fases, la primera partiendo de su forma simple (ARFIMA) y la segunda asumiendo variables exógenas (ARFIMAX).

El modelo "Autorregresivo fraccionalmente integrado" (ARFIMA), en el cual se desarrolla el estudio de una serie de tiempo que tiene la condición de memoria larga, la cual de acuerdo con la metodología empleada es una variable con un orden de integración fraccional; en otras palabras, de la serie estimada que depende fuertemente del pasado se busca entender su comportamiento con los componentes autorregresivo y media móvil, reconociendo el concepto de diferenciación fraccional, desarrollado en Adenstedt (1974), Hosking (1981) y Granjera (1980).

En Blanco (2006) se tiene la representación del proceso ARMA (para el tipo de situación mencionada anteriormente) de la siguiente forma:

$$\varphi(L)(1 - L)^\delta y_t = \theta(L)e_t \quad (7)$$

En (7), $\varphi(L)$ representa la parte autorregresiva o la dependencia de los valores actuales a los valores del pasado. Por otra parte, $\theta(L)$ son los errores de pronóstico o innovaciones de la metodología. Y ambas representan el polinomio de rezagos de cada proceso, esto es importante porque al obtener las raíces de ambos procesos estas se encuentran fuera del círculo unitario, lo que permite que sea estacionario e invertible.

En el caso de $(1 - L)^\delta$ representa el operador de rezagos o de diferenciación, tal que, para que Y_t sea estacionario, el coeficiente de diferenciación fraccional debe ser menor a un medio ($\delta < 1/2$) y para que sea invertible ser mayor a menos un medio ($-1/2 < \delta$).

Por lo tanto, el intervalo debe ser $\delta \in (-1/2, 1/2)$ para que Y_t cumpla con sus criterios base. En el caso de que $1/2 \leq \delta < 1$ entonces existe no estacionariedad de Y_t ; esto indica que, aunque seguirá una dinámica que converge a su media, el proceso no es de memoria larga.

Para el caso en el que $\delta \geq 1$ la serie es no estacionaria y por lo tanto no retorna a su comportamiento promedio entrando en el problema de la divergencia. Y para $\delta = 0$, se tiene que el proceso es una estructura ARMA, en otras palabras Y_t es una serie de tiempo estacionaria con memoria corta.

Reconociendo lo anterior, el proceso bajo el cual se dio respuesta a la hipótesis del presente trabajo es un modelo ARFIMA en su forma simple y también con entradas exógenas (ARFIMAX). Para explicar las relaciones de largo plazo entre la política monetaria en México y variables económicas consideradas de suma importancia como lo son el tipo de cambio (peso mexicano/dólar americano) y el premio al riesgo de los activos financieros mexicanos, se debe tener en cuenta todas las relaciones inmersas en el panorama de estudio, es decir, tanto de forma individual como conjunta.

El modelo ARFIMAX presenta aportaciones interesantes dentro de la investigación, por ejemplo, medir las implicaciones conjuntas del pasado de las variables de interés (consideradas integradas fraccionalmente) con la historia de alguna otra variable (incluso que no necesariamente presente un orden de integración fraccional). Permitiendo una visión aún más completa de la dinámica entre variables significativas dentro de la economía mexicana.

Por lo tanto, el modelo ARFIMAX está especificado en la siguiente ecuación (Sriboonchitta et al., 2011).

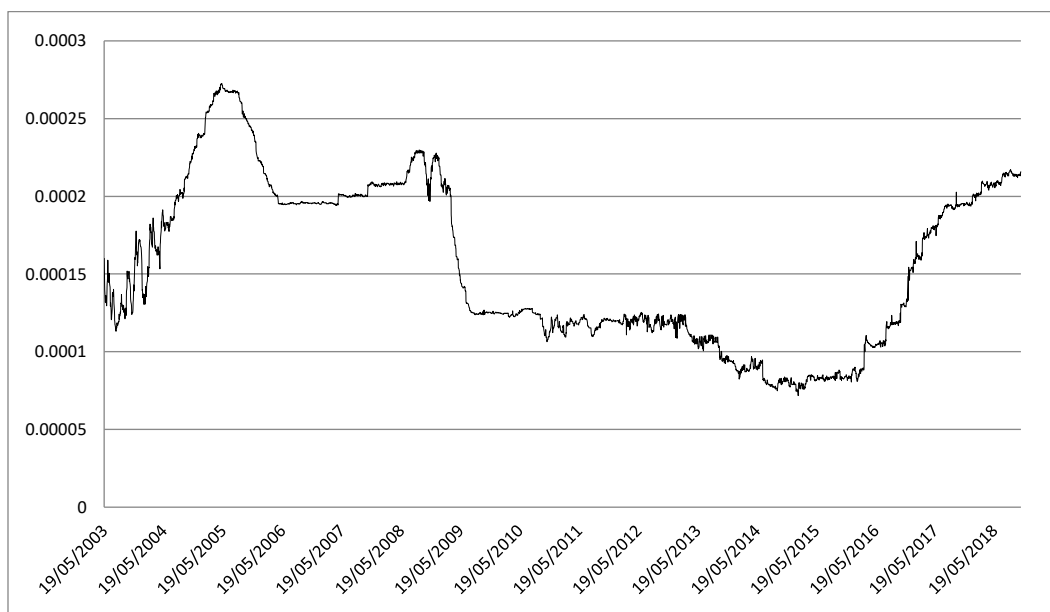
$$y_t = \alpha_0 + \alpha_1 y_{t-1} + \dots + \alpha_p y_{t-p} + \beta_1 x_t + \dots + \beta_d x_{t-d} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (8)$$

En (8), $(\alpha_1 y_{t-1} + \dots + \alpha_p y_{t-p})$ es la parte autorregresiva de la serie estimada y $(\beta_1 x_t + \dots + \beta_d x_{t-d})$ muestra la parte exógena del modelo, por último, $(-\theta_1 \varepsilon_{t-1} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q})$ representa las innovaciones del proceso (Titus, Wanjoya, y Mageto, 2021) y (Izzeldin, Hassan, Pappas, y Tsionas, 2019).

4. Paradoja del banco central caso México

La herramienta por excelencia que funge como mecanismo de transmisión de la política monetaria en México es la “Tasa de interés a 28 días” en el estudio se utilizan el rendimiento de CETES a 28 días, y es considerada para la presente investigación como la variable independiente pues su valor es establecido por decisión de las autoridades monetarias bajo el objetivo de inflación controlada.

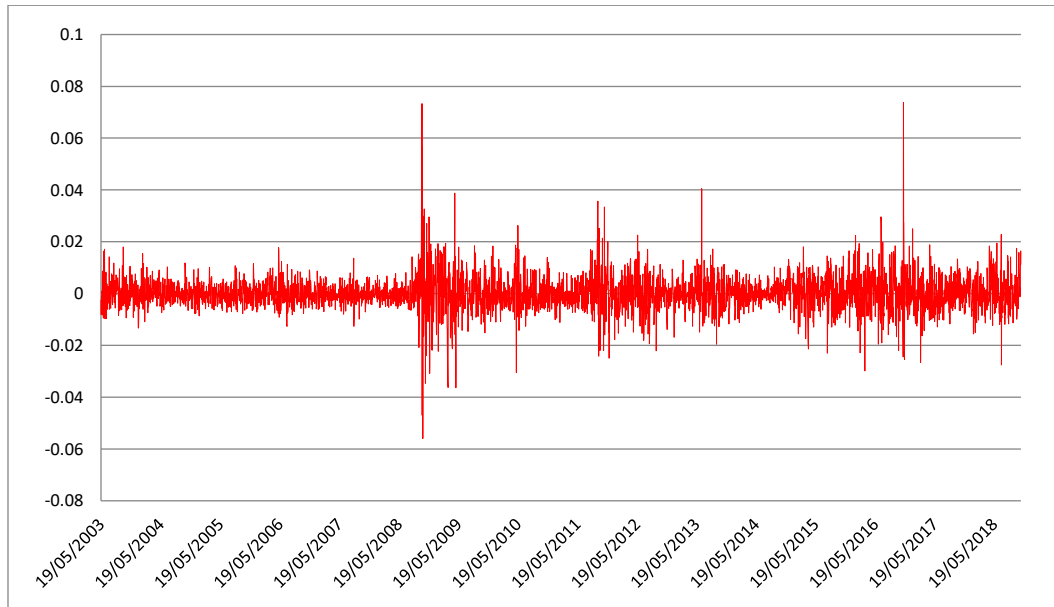
En la presente investigación se asume que, ante la presencia de un entorno aparentemente estable en la economía mexicana, propiciado por las decisiones de política monetaria, los agentes económicos se ven incentivados a consumir una mayor cantidad de riesgo dentro del mercado financiero y de igual forma dentro del mercado cambiario se tienen repercusiones bajo los movimientos de la tasa de interés. Se realiza un estudio de la variable “Tasa de interés a 28 días” con información diaria, los datos se obtuvieron de la página oficial del banco de datos de Banxico, y el periodo de estudio es de mayo del 2003 a octubre del 2018 (Gráfica 1).



Gráfica 1. Tasa de interés a 28 días, considerada como el reflejo de las decisiones de política monetaria por parte del Banco de México

Fuente: Creación propia con datos de la página oficial del banco de datos de Banxico.

El canal de transmisión más común de la política monetaria en México y el que importa para fines de esta investigación es el “Tipo de cambio (peso mexicano/dólar americano)”. Ante los movimientos de la tasa de interés en México, los participantes en el mercado extranjero toman decisiones que terminan repercutiendo dentro de la estabilidad de la economía mexicana.



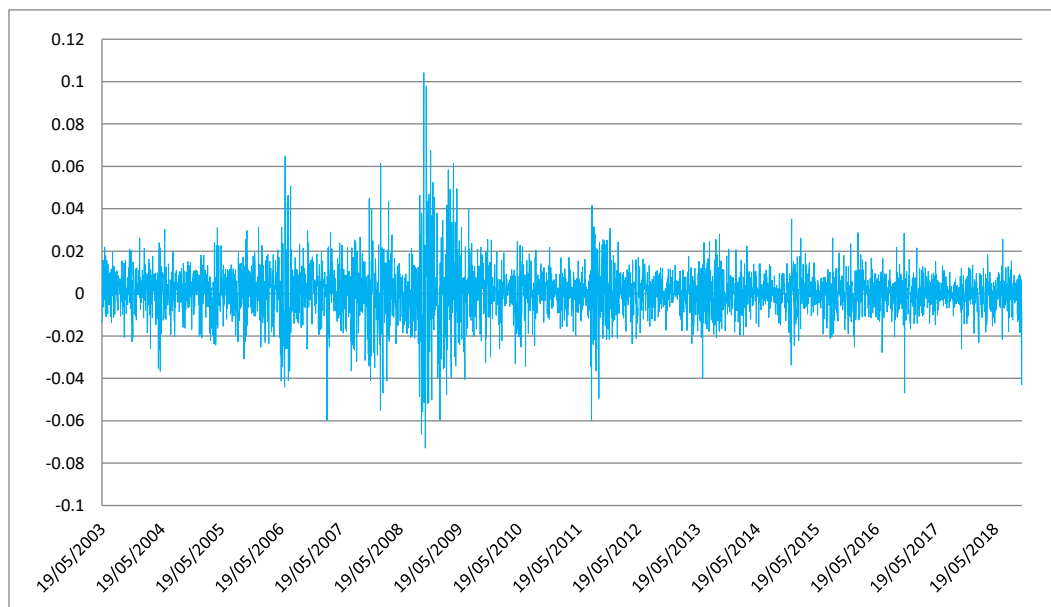
Gráfica 2. Tipo de cambio (peso mexicano/dólar americano) considerado como canal de transmisión de las decisiones de política monetaria en México

Fuente: Creación propia con datos de la página oficial del banco de datos de Banxico.

Se realiza un estudio de la variable “Tipo de cambio (peso mexicano/dólar americano)” con información diaria, los datos se obtuvieron de la página oficial del banco de datos de Banxico, y el periodo de estudio es de mayo del 2003 a octubre del 2018 (Gráfica 2).

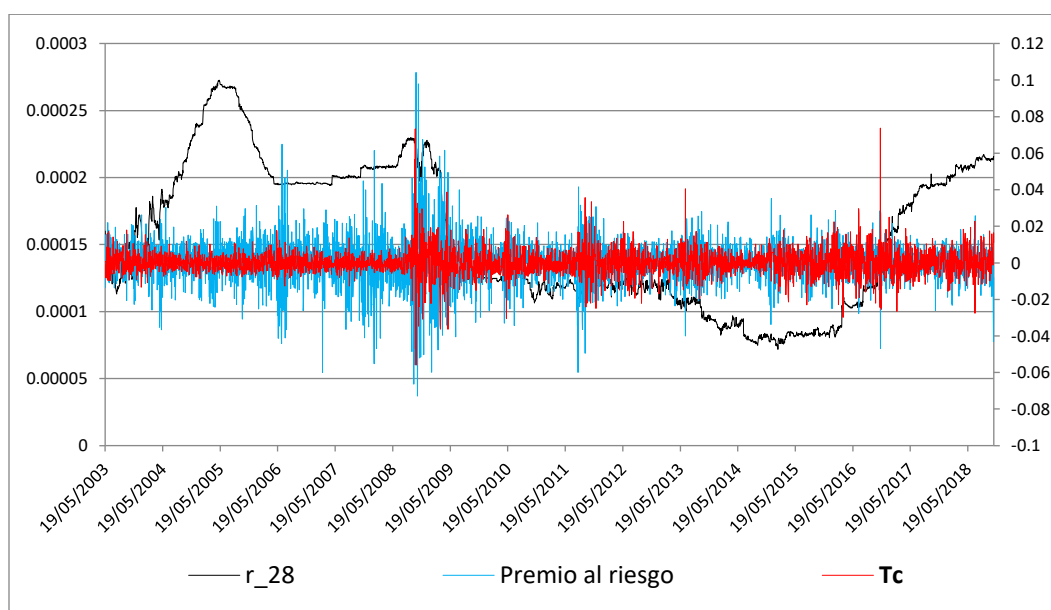
El mercado financiero en México es un mercado poco profundo, aún en auge, pero que sin duda es capaz de reflejar la perspectiva de los individuos de la actividad económica en el país. Tiene un indicador mediante el cual le es posible otorgar valores para determinar día con día si el desempeño de la Bolsa Mexicana de Valores tuvo una evolución o un retroceso.

Se realiza el estudio de la variable “Premio al riesgo” que se calculó mediante la diferencia entre el rendimiento del Índice de precios y cotizaciones de la Bolsa Mexicana de Valores (S&P/ BMV IPC) considerado como la rentabilidad de los activos financieros con riesgo menos la rentabilidad de los activos libres de riesgo. Información diaria, los datos se obtuvieron de la página Yahoo! Finance, y el periodo de estudio es de mayo del 2003 a octubre del 2018 (Gráfica 3).



Gráfica 3. Premio al riesgo dentro del mercado financiero en la economía mexicana
 Fuente: Creación propia con datos de la página Yahoo Finance.

De acuerdo con esta investigación, la cual se centra en identificar las relaciones de largo plazo entre la política monetaria en México, el tipo de cambio (peso mexicano/ dólar americano) y el premio al riesgo de los activos financieros mexicanos, se considera importante observar su comportamiento en conjunto (Gráfica 4). Este comportamiento demuestra que existen momentos en los que, tiempos de gran volatilidad son precedidos por movimientos en la tasa de interés.



Gráfica 4. Premio al riesgo, Tipo de cambio y Tasa de interés en la economía mexicana
 Fuente: Creación propia con datos de la página Yahoo Finance.

4.1 Resultados Modelos ARFIMA.

En este apartado se desarrolla la aplicación de los modelos ARFIMA con el objetivo de reconocer la existencia de memoria larga en las variables de estudio. El Cuadro 2 muestra el modelo ARFIMA de la tasa de interés, y señala que la memoria larga es parte fundamental para entender el comportamiento de esta variable, en otras palabras, que las decisiones que toma el Banco de México reflejadas a través de esta variable consideran la información de movimientos anteriores en la política monetaria. Entonces, dado que el coeficiente fraccional “D” es significativo, se sugiere que dada la presencia de memoria larga este modelo permite explicar de una mejor forma los valores presentes de la serie.

Cuadro 2. Modelo ARFIMA de la tasa de Interés

Tasa de interés	
Variable	Coefficiente
D	0.07302415***
AR (1)	-0.68070971***
AR (2)	-0.13562044***
MA (1)	0.54042768***
Estadísticamente significativo al 99% (***), 95% (***) y 90% (*).	

Fuente: Elaboración propia en el software estadístico econometric-views.

En el Cuadro 3 se muestra el modelo ARFIMA del premio al riesgo en el que se encontró que el incentivo al riesgo de los inversionistas tiene relación con su pasado inmediato, esto por el poder explicativo que presenta su componente autoregresivo; pero también depende en cierto grado de su historia, esto sugerido por que el valor del coeficiente de integración fraccional resulta ser estadísticamente significativo. Además, el componente de media móvil sugiere que existe información exógena al comportamiento de la variable que impacta de forma inversamente proporcional al valor presente del premio al riesgo.

Cuadro 3. Modelo ARFIMA del premio al riesgo

Premio al riesgo	
Variable	Coefficiente
D	0.09758718**
AR (1)	0.77294892***
AR (2)	-0.07889649***
MA (1)	-0.78839316***
Estadísticamente significativo al 99% (***), 95% (***) y 90% (*).	

Fuente: Elaboración propia en el software estadístico econometric-views.

El Cuadro 4 muestra el modelo ARFIMA del tipo de cambio. Este modelo señala la presencia de memoria larga en la variable tipo de cambio, indicada por el coeficiente de integración fraccional

estadísticamente significativo. A su vez, se observa que tanto el componente autorregresivo como el de media móvil tienen poder explicativo dentro la variable, lo que es de esperarse dado que se tuvo bajo sospecha desde un principio que los valores presentes del tipo de cambio obedecen tanto al cambio de factores exógenos como al generado dentro de su propia historia.

Cuadro 4. Modelo ARFIMA del Tipo de cambio

Tipo de cambio	
Variable	Coefficiente
D	-0.03321325***
AR (1)	-0.76947011***
AR (2)	0.10723015***
MA (1)	0.86389882***
Estadísticamente significativo al 99% (***), 95% (***) y 90% (*).	

Fuente: Elaboración propia en el software estadístico econometric-views.

4.2 Resultados Modelos ARFIMAX

La presente sección desarrolla los modelos ARFIMAX, estos son modelos de memoria larga que permiten identificar aquellos componentes existentes en la historia de la serie de tiempo que afectan su comportamiento actual, además en este caso se agregan otras variables que permitan identificar causalidad con la serie analizada. Los modelos desarrollados en la presente sección indican la dependencia de las series estudiadas a la historia de estas, esto porque los coeficientes de integración fraccional denotados por D son estadísticamente significativos en todos los modelos realizados.

El Cuadro 5, muestra el modelo ARFIMAX del premio al riesgo en función de la tasa de interés y el tipo de cambio. La estimación de las variables en conjunto presenta la relación causal entre el mecanismo de transmisión y el canal de transmisión de la política monetaria, contra el exceso de rendimiento que proporciona el mercado. Se encontró que la tasa de interés (mecanismo) es estadísticamente no significativa, es decir, las decisiones de política monetaria no tienen una relación directa.

Por otra parte, la volatilidad del tipo de cambio es significativa en su valor actual y su primer rezago tomando coeficientes con signo negativo. En otras palabras, los movimientos en la tasa de interés pierden efecto en premio al riesgo, debido a que su efecto es incorporado en el canal de transmisión en el periodo corriente y en un rezago. Esto implica que, en promedio, los agentes económicos incorporan los movimientos de la política monetaria, aunque los movimientos abruptos y las agrupaciones de volatilidad (memoria larga) persisten, de hecho, son usados para generar ingresos dentro del mercado.

Lo anterior indica que la tasa de interés en un modelo conjunto pierde poder explicativo sobre el valor del premio al riesgo de los activos financieros mexicanos, lo que es un tanto esperado dado que se piensa que la información proporcionada a través del tipo de cambio como canal de transmisión es suficiente para dar respuesta al comportamiento de la serie, incluso se observa como

la rentabilidad del tipo de cambio impacta de manera inversamente proporcional en el premio al riesgo, lo que es congruente con la literatura estudiada, pues ante una disminución de la tasa de interés e inflación baja, los individuos estiman la economía agregada como estable y segura, eso desencadena en un incremento del consumo de riesgo dentro del mercado de valores y a su vez un aumento del valor del premio al riesgo; en caso de un aumento en la tasa de interés los resultados serán completamente contrarios.

Cuadro 5. Modelo ARFIMAX 1

Premio al Riesgo en función de la tasa de interés y el tipo de cambio	
Variable	Coficiente
D	-0.038385***
DR	- 39.64363
TC	-0.637988***
TC (-1)	-0.072212***
AR (1)	0.052765***
Estadísticamente significativo al 99% (***), 95% (***) y 90% (*).	

Fuente: Elaboración propia en el software estadístico econometric-views.

En el Cuadro 6 se muestra la estimación del modelo ARFIMAX del premio al riesgo en función de la tasa de interés. La primera consideración es que el modelo muestra la existencia de memoria larga en la forma funcional planteada y entonces es necesario modelar el comportamiento de la serie de tiempo a partir de integración fraccional. Además, a diferencia del modelo conjunto (Cuadro 5) en este caso se encontró que la tasa de interés si tiene poder explicativo a un nivel de confianza del 10%.

En este caso, la tasa de interés es inversamente proporcional al premio al riesgo, lo que indica que si se tiene una postura de política monetaria relajada (disminución de la tasa de interés), los individuos incrementan su demanda de riesgo dentro del mercado de valores al prever la situación de la economía agregada como estable, aumentando así el valor del incentivo al riesgo de participar en el mercado financiero; mientras que, por lo contrario, si se tiene una postura de política restrictiva por parte de las autoridades del Banco de México (alza de la tasa de interés), los inversionistas reducirán su demanda de riesgo pues el entorno que se prevé presenta inestabilidad, cuya consecuencia será la disminución del valor del premio al riesgo financiero en la economía mexicana.

Cuadro 6. Modelo ARFIMAX 2

Premio al Riesgo en función de la tasa de Interés	
Variable	Coficiente
D	0.09855499**
DR	-166.805426*
AR (1)	0.77324554***
AR (2)	-0.07803796***

MA (1)	-0.79007054***
Estadísticamente significativo al 99% (***) , 95% (***) y 90% (*).	

Fuente: Elaboración propia en el software estadístico econometric-views.

La prueba impulso respuesta del premio al riesgo en función de la tasa de interés (Figura 3) sugiere que ante una fluctuación en la tasa de interés el premio al riesgo es afectado de forma inmediata pero este efecto es transitorio, dado que la variable regresa a su trayectoria. Esto muestra que la tasa de interés tiene un efecto inmediato o en otras palabras que en efecto se trata de un mecanismo de transmisión y no un canal.

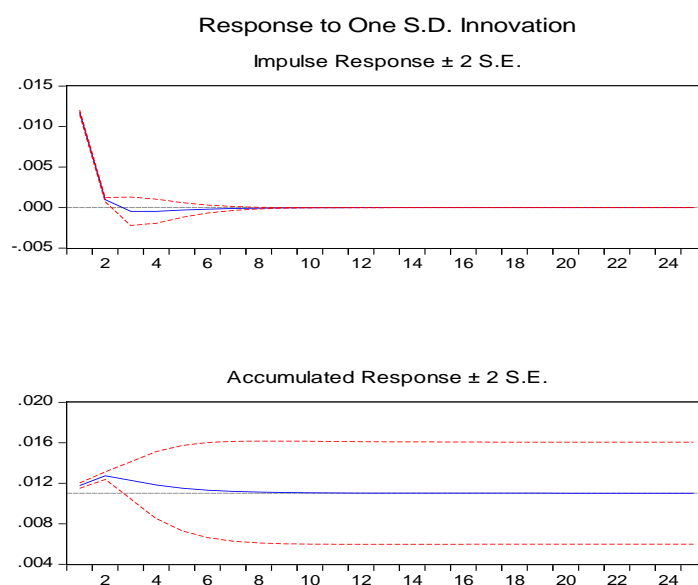


Figura 3. Prueba impulso respuesta del premio al riesgo en función de la tasa de interés

Fuente: Elaboración propia en el software estadístico econometric-views.

El Cuadro 7 muestra el modelo ARFIMAX del premio al riesgo en función del tipo de cambio. Se encontró que la rentabilidad del tipo de cambio es inversamente proporcional al incentivo al riesgo de los inversionistas. Esto se explica porque ante mayor rentabilidad en el mercado cambiario propiciada por una política monetaria restrictiva, los inversionistas prevén un entorno inestable dados los aumentos de la tasa de interés y se ven desalentados a adquirir activos con mayor riesgo por lo que al disminuir la participación dentro del mercado financiero se tiene una disminución del premio al riesgo, mientras que por lo contrario ante una disminución de la rentabilidad del tipo de cambio se conseguirán efectos inversos, situación que refiere a un incremento del premio al riesgo de los activos financieros mexicanos.

Cuadro 7. Modelo ARFIMAX 3

Premio al Riesgo en función del tipo de cambio	
Variable	Coefficiente
D	-0.0382637***
TC	-0.63856001***
TC (-1)	-0.07245928***
AR (1)	0.05257905***
Estadísticamente significativo al 99% (***), 95% (***) y 90% (*).	

Fuente: Elaboración propia en el software estadístico econometric-views.

La prueba impulso respuesta del premio al riesgo en función del tipo de cambio (Figura 4) señala que ante una fluctuación en el tipo de cambio existe un efecto de tipo permanente en el premio al riesgo, tal como se observa en la gráfica de respuesta acumulada, situación que se preveía pues se anticipaba que es el tipo de cambio el que funge como el canal de transmisión de la política monetaria.

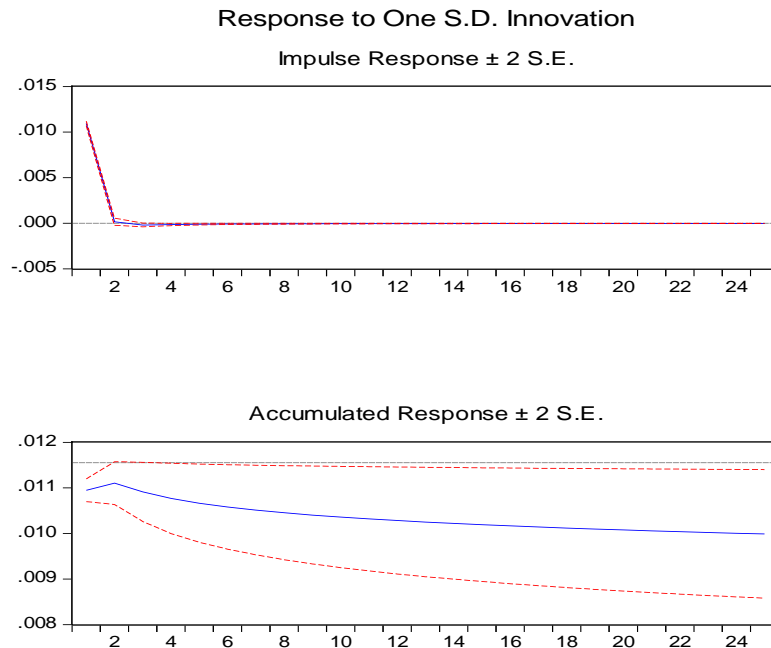


Figura 4. Prueba impulso respuesta del premio al riesgo en función del tipo de cambio

Fuente: Elaboración propia en el software estadístico econometric-views.

Continuando con el análisis, en la Cuadro 8 se tiene el modelo ARFIMAX del tipo de cambio en función de la tasa de interés, en el cual la tasa de interés resulta ser estadísticamente significativa y afecta de forma directa la volatilidad del tipo de cambio, además muestra que éste impacto es grande dado que el coeficiente es de 204.47. Lo que indica que ante movimientos de la política monetaria a través de su mecanismo de transmisión se genera un efecto importante y además directamente proporcional en la rentabilidad del tipo de cambio. Por ejemplo, ante una decisión de

política monetaria relajada por parte del Banco Central (disminución de la tasa de interés) los depósitos en moneda extranjera se vuelven más atractivos en comparación con los de moneda nacional, lo que lleva a un aumento en el valor de los depósitos en moneda extranjera y una disminución en el valor de los depósitos en moneda doméstica, por tanto se tiene una depreciación de la moneda nacional, es decir menor rentabilidad del tipo de cambio.

Lo anterior es congruente con el análisis planteado en la investigación dado que se justifica que la tasa de interés como mecanismo de transmisión de las decisiones del banco central este fuertemente relacionada con el canal de transmisión de la política monetaria, que en este caso se trata de la rentabilidad del mercado cambiario.

Cuadro 8. Modelo ARFIMAX 4

Tipo de cambio en función de la tasa de interés	
Variable	Coefficiente
D	-0.03376303***
DR	204.474568***
AR (1)	-0.76209453***
AR (2)	0.10862257***
MA (1)	0.85628925***
Estadísticamente significativo al 99% (***), 95% (***) y 90% (*).	

Fuente: Elaboración propia en el software estadístico econometric-views.

La prueba impulso respuesta del tipo de cambio en función de la tasa de interés (Figura 5) muestra que, ante una innovación en la tasa de interés, existe un efecto de tipo permanente en la volatilidad del tipo de cambio, tal como se observa en la gráfica de respuesta acumulada.

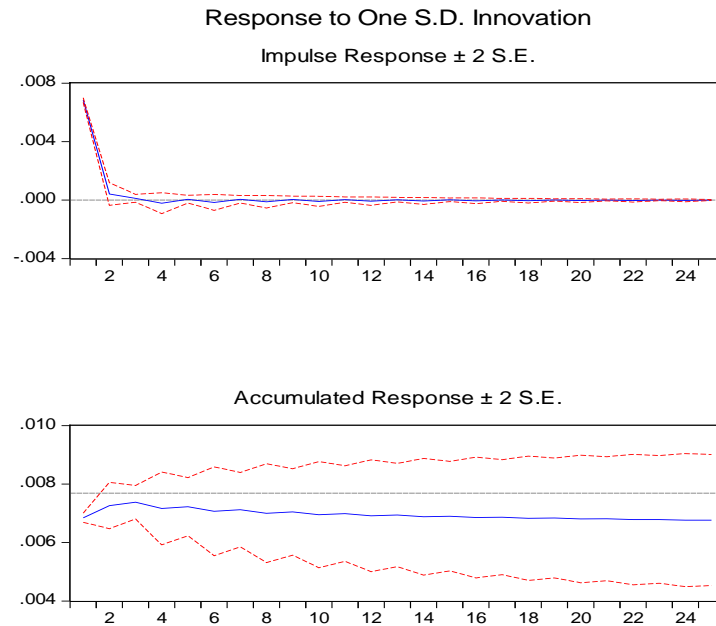


Figura 5. Prueba impulso respuesta del tipo de cambio en función de la tasa de interés
Fuente: Elaboración propia en el software estadístico econometric-views.

Los resultados generados por los modelos ARFIMAX señalan la existencia de una relación entre el mecanismo de transmisión de la política monetaria (tasa de interés) y el canal de transmisión (volatilidad del tipo de cambio). Se encontró que la tasa de interés tiene un efecto transitorio sobre el premio al riesgo y que la volatilidad del tipo de cambio tiene un efecto permanente sobre el premio al riesgo, además la tasa de interés tiene un efecto permanente sobre la volatilidad del tipo de cambio. Estos eventos muestran que la política monetaria de Banco de México tiene diversas fases de propagación, primero a través de la tasa de interés que impacta directamente la volatilidad del tipo de cambio, y segundo, la rentabilidad del tipo de cambio que impacta inversamente al premio al riesgo de los activos financieros mexicanos.

5. Conclusiones

Se tiene evidencia de que los movimientos de la política monetaria a través de su mecanismo de transmisión, que es la tasa de interés, generan un efecto en la rentabilidad del tipo de cambio, que se identifica a su vez como canal de transmisión de la política monetaria.

Es decir, se tiene en un primer momento las decisiones de las autoridades monetarias implementadas mediante la fijación del valor de la tasa de interés, las cuales se transmiten de forma directa a través de la volatilidad del mercado cambiario. En un segundo momento se tiene que el comportamiento de la volatilidad del tipo de cambio genera una alteración que además es inversamente proporcional al valor del premio al riesgo de los activos financieros mexicanos, esto sugiere que la volatilidad del mercado cambiario realiza su función como canal de transmisión de la política monetaria en México.

Sin embargo, estimando un modelo conjunto para el caso del premio al riesgo en función de la tasa de interés y el tipo de cambio, la tasa de interés pierde poder explicativo, mientras que el tipo

de cambio continúa fungiendo como el principal emisor de las consecuencias de la toma de decisiones del banco central dentro del premio al riesgo de los activos financieros en México.

Es así como la hipótesis de la existencia de una relación de largo plazo entre el mecanismo de transmisión de la política monetaria (tasa de interés) y el canal de transmisión (volatilidad del tipo de cambio) no se rechaza. Tampoco se rechaza que las políticas de la banca central afectan el mercado de capitales en este caso medido por el premio al riesgo, pues se encontró que la tasa de interés tiene un efecto transitorio sobre el premio al riesgo, efecto que se considera transmitido por el canal de transmisión que es la volatilidad del tipo de cambio el cual presenta un efecto permanente sobre el premio al riesgo. Estos eventos muestran que la política monetaria del Banco de México tiene esta importante fase de propagación y es por estas relaciones consideradas de largo plazo presentes entre las variables de estudio que se reconoce la existencia de la paradoja del banco central en la economía mexicana.

Referencias

- [1] Alchian, A. A. (1950). Uncertainty, Evolution, and Economic Theory. *Journal of Political Economy*, 211-221. DOI: <https://doi.org/10.1086/256940>
- [2] Adenstedt, R. K, y Eisenberg, B. (1974). Estimación lineal de los coeficientes de regresión. *Trimestral de Matemáticas Aplicadas*, 32 (3), 317-327.
- [3] Baillie, R. T. (1996). Procesos de larga memoria e integración fraccional en econometría. *Revista de econometría*, 73 (1), 5-59.
- [4] Banxico. (2018). Educa Banxico. Obtenido de ABC de la política monetaria: <http://educa.banxico.org.mx/pdfs/retobanxico/%7B461B2467-EDA4-560B-4663-3568624E4F64%7D.pdf>
- [5] Bekaert, G., Hoerova, M., y Lo Duca, M. (2013). Risk, uncertainty and monetary policy. *Journal of Monetary Economics*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jmoneco.2013.06.003>
- [6] Bernanke, B. S., & Gertler, M. (2001). Should Central Banks Respond to Movements in Asset Prices? . *The American Economic Review*, 253-257. DOI: <https://doi.org/10.1257/aer.91.2.253>
- [7] Blanco, G. P. (2006). La Memoria Larga y la Cointegración Fraccional en las Series Temporales; una Aplicación a la Paridad de Poder de Compra en los Países del Cono Sur. 1-49. DOI: <https://doi.org/10.32468/dtseru.31>
- [8] Blinder, A. S. (1998). El banco central: Teoría práctica. Barcelona: Antoni Bosch.
- [9] Bordo, M. D., & Jeanne, O. (2002a). Boom-Busts in asset prices, economic instability, and monetary policy. *National Bureau of Economic Research*. DOI: <https://doi.org/10.3386/w8966>
- [10] Bordo, M. D., y Jeanne, O. (2002b). Monetary Policy and Asset Prices: Does "Benign Neglect" Make Sense? . *International Finance*, 139-164. DOI: <https://doi.org/10.1111/1468-2362.00092>
- [11] Borio, C. (2011). Implementing a Macroprudential Framework: Blending Boldness and Realism. *Capitalism and Society*, 6(1). DOI: <https://doi.org/10.2202/1932-0213.1083>
- [12] Bomfim, A. N. (2003). Pre-announcement effects, news effects, and volatility: Monetary policy and the stock market. *Journal of Banking and Finance*, 133-151. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0378-4266\(01\)00211-4](https://doi.org/10.1016/s0378-4266(01)00211-4)
- [13] Cassoni, A. (1994). Cointegración (n. ° 330.115 CASc). Universidad de la República (Uruguay). Facultad de Ciencias Sociales. Departamento de Economía. DOI: <https://doi.org/10.24241/rcai.2019.121.1.181>

-
- [14] Domowitz, I., y Hakkio, C. S. (1984). Conditional Variance and the Risk Premium in the Foreign Exchange Market. *Journal of International Economics*. DOI: [https://doi.org/10.1016/0022-1996\(85\)90018-2](https://doi.org/10.1016/0022-1996(85)90018-2)
- [15] Engel, C. (1995). The forward discount anomaly and the risk premium: A survey of recent evidence. *Empirical Finance*. DOI: <https://doi.org/10.3386/w5312>
- [16] Gil León, J. M., & Toca Toca, J. S. (2020). Política monetaria no convencional en EE. UU y comportamiento de los mercados emergentes en América Latina. *Tendencias*, 21(1), 24-51. DOI: <https://doi.org/10.22267/rtend.202101.126>
- [17] Granger, J. (1980). An introduction to long memory property of stock market returns and a new model. *Journal of Time Series Analysis*, 1, 15-39.
- [18] Greenspan, A. (1997). The Federal Reserve's Semiannual Monetary Policy Report. Washington, DC: Federal Reserve Board.
- [19] Hosking, J. R. M. (1981). Fractional differencing. *Biometrika* 68 165–176. *Mathematical Reviews* (MathSciNet): MR614953 *Zentralblatt MATH*, 464. DOI: <https://doi.org/10.1093/biomet/68.1.165>
- [20] c. Forecasting realised volatility using ARFIMA and HAR models. *Quantitative Finance*, 19(10), 1627-1638. DOI: <https://doi.org/10.1080/14697688.2019.1600713>
- [21] Minsky, H. (1977). The Financial Instability Hypothesis: An Interpretation of Keynes and an Alternative to 'standard' theory. *Journal of Economics and Business*, 59-70.
- [22] Mishkin, F. S. (1995). Symposium on the Monetary Transmission Mechanism. *Journal of Economic Perspectives*, 3-10.
- [23] Rajan, R. G. (2006). HAS FINANCIAL DEVELOPMENT MADE DE WORLD RISKIER? *European Financial Management*, 499-533. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1468-036x.2006.00330.x>
- [24] Roubini, N. (2006). Why Central Banks Should Burst Bubbles. *International Finance*, 87-107. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1468-2362.2006.00032.x>
- [25] Salazar-Núñez, H. F. y F. Venegas-Martínez (2015). Memoria larga en el tipo de cambio nominal: evidencia internacional (1971-2012). *Revista Contaduría y Administración*, Vol. 60, No. 3, pp. 615-630. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cya.2015.05.007>
- [26] Salgado, R. J., Herrera, F. L., y Ramírez, A. F. (2017). Cointegración fraccionaria entre el tipo de cambio, la Bolsa Mexicana de Valores y la TIEE. In A. R. Porras, y F. V. Martínez, *Avances en economía financiera y desarrollo económico, Modelos analíticos y estudios cuantitativos*. (pp. 87-114). México: Universidad de Guadalajara. DOI: <https://doi.org/10.21919/remef.v12i1.17>
- [27] Samuelson, R. (2013, Octubre 28). La paradoja de Alan Greenspan al frente de la FED. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. DOI: <https://doi.org/10.25085/rsea.780402>
- [28] Sriboonchitta, S., Sriboonjit, J., Chokethaworn, K., Chaitip, P., y Chaiboonsri, C. (2011). Forecasting of International Tourists' Expenditure in Thailand: Using AFIMAX and ARFIMAX-GARCH Approach. *Thailand Econometrics Society*, 220-232.
- [29] Téllez-León, I. E. y F. Venegas-Martínez (2013). Modelado de las decisiones de política monetaria en un marco discreto, 2004-2012. *Investigación Económica*, Vol. 72, No. 284, pp. 23-55. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0185-1667\(13\)72591-8](https://doi.org/10.1016/s0185-1667(13)72591-8)
- [30] Titus, C. M., Wanjoya, A., & Mageto, T. (2021). Time Series Modeling of Guinea Fowls Production in Kenya Using the ARIMA and ARFIMA Models. *International Journal of Data Science and Analysis*, 7(1), 1.
- [31] Vasicek, O. A., and Venegas-Martínez, F. (2021). Modelos de la estructura de plazos de las tasas de interés: Revisión, tendencias y perspectivas. *Revista Mexicana de Economía y Finanzas*, Vol. 16, No. 2, pp. 1-15. DOI: <https://doi.org/10.21919/remef.v16i2.587>

Informalidad, pobreza y consumo en México: Evidencia empírica entre 1993 y 2019

Oscar de Jesús Gálvez-Soriano¹ - University of Houston, USA

Miguel Ramírez-Loyola - Universidad Autónoma Chapingo, México

Dixia Vega Valdivia - Universidad Autónoma Chapingo, México

Resumen

En este documento exploramos la relación entre informalidad, pobreza y “consumo predecible” en México. Partimos de un modelo macroeconómico con dos tipos de agentes para recuperar la serie de consumo predecible, que representa a los individuos que gastan todo su ingreso en cada periodo de tiempo. Estimamos el consumo predecible con un método de variables instrumentales para resolver el problema de simultaneidad entre consumo e ingreso. Utilizando esta serie, probamos la hipótesis de que los individuos con consumo predecible son personas en situación de pobreza o que trabajan en la informalidad. Nuestros resultados sugieren que algunas de las variaciones en el consumo predecible se deben a cambios en la pobreza. Este documento es el primero en analizar la heterogeneidad del consumo en México, mapeando su comportamiento con dos tipos de consumidores, de donde se concluye que una parte considerable del consumo privado (casi el 40%) es consistente con la hipótesis del ingreso permanente. Además, este artículo es el primero en documentar formalmente la fuerte relación entre pobreza e informalidad en México, lo que tiene importantes implicaciones de política económica.

Clasificación JEL: C36, E26, E27, I32.

Palabras clave: Variables instrumentales, Sector Informal, Consumo, Pobreza.

Informality, Poverty and Consumption in Mexico: Empirical Evidence between 1993 and 2019

Abstract

In this document we explore the relationship between informality, poverty and “predictable consumption” in Mexico. We start from a macroeconomic model with two types of agents to recover the predictable consumption series, which represents the individuals who spend all their income in each period. We estimate predictable consumption with an instrumental variables method to solve the problem of simultaneity between consumption and income. Using this series, we test the hypothesis that individuals with predictable consumption are people living in poverty or working in the informality. Our results suggest that some of the variations in predictable consumption are due to changes in poverty. This document is the first to analyze the heterogeneity of consumption in Mexico, mapping out its behavior with two types of consumers, from which it is concluded that a considerable part of private consumption (almost 40%) is consistent with the permanent income hypothesis. Furthermore, this article is the first to formally document the strong relationship between poverty and informality in Mexico, which has important economic policy implications.

JEL Classification: C36, E26, E27, I32.

Keywords: Instrumental Variables, Informal economy, Consumption, Poverty.

¹ Autor de correspondencia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1753-8651>

URL: <https://sites.google.com/site/oscargalvezsoriano/>

*Sin fuente de financiamiento para el desarrollo de la investigación



1. Introducción

En este artículo exploramos la relación que existe entre la población que consume en función de su ingreso actual y dos tipos de población: 1) los individuos que trabajan en el sector informal y 2) la población que se encuentra en situación de pobreza. Para ello, utilizamos dos de las hipótesis principales sobre el consumo. Primero, la propuesta por Keynes (1972) y en la cual nos basamos para describir a los consumidores “predecibles”, cuyo consumo está determinado por el ingreso corriente. Segundo, la planteada por Friedman (1957) y Ando y Modigliani (1963), quienes introducen el término de “ingreso permanente”. En esta última hipótesis, el consumo no está determinado del todo por el ingreso corriente, lo que sugiere que los individuos esperan que su ingreso futuro sea diferente al actual. Por ejemplo, cuando se espera que el ingreso futuro sea mayor al actual los consumidores tienden a pedir prestado para aumentar su consumo actual, sobrepasando su ingreso corriente. Si, por el contrario, el ingreso actual es mayor al esperado, los individuos ahorrarán para seguir consumiendo al menos la misma cantidad de bienes ante choques exógenos a su ingreso futuro.

La evidencia empírica acerca del comportamiento del consumo en economías en desarrollo es escasa, en particular para México. Por un lado, existen estudios que tratan de explicar las causas de los periodos excepcionales de auge en el consumo (*consumption booms*). De estos estudios hemos aprendido que los auges de consumo se explican por incrementos en la riqueza asociados con cambios en los términos de intercambio comercial y no necesariamente con cambios en la política fiscal o cambios en los precios relativos (Montiel, 2000; Mendoza y Terrones, 2012). Esto explica que el fuerte incremento en el consumo privado en México antes de la crisis de 1995 se debió, en gran parte, a la liberalización financiera y comercial.

Por otro lado, un segundo conjunto de investigaciones se ha concentrado en la explicación de los comportamientos regulares del consumo, así como su ajuste a las predicciones teóricas de los modelos que fueron desarrollados para economías desarrolladas. Estos estudios han encontrado, en general, predicciones distintas a las propuestas por los modelos teóricos. Algunas razones de esto son: el limitado acceso a créditos por parte de los consumidores, el hábito y/o la baja posibilidad de ahorro en economías en vías de desarrollo (Villagomez, 1997; Copelman, 1997; Mashi y Peters, 2010). Nuestra investigación se relaciona con esta literatura porque nosotros no ponemos especial atención a los auges en el consumo privado, pero sí a su comportamiento regular y a la relación de éste con los tipos de consumidores en México.

En efecto, diversos estudios para México se han centrado en el análisis de la relación entre consumo e ingreso, así como en determinar una función de consumo que represente dicha relación (Gomez y Ventosa, 2009; Villagomez y Hernandez, 2009; Verastegui y Cedillo, 2006; Castillo-Ponce, 2002; García, 2003; Venegas-Martinez, 2000; Solorzano, 2021). Sin embargo, ninguno de estos estudios previos ha explotado la heterogeneidad de los individuos en términos de patrones de consumo.

A diferencia de la literatura previa, en este documento proponemos analizar, por primera vez, la relación que existe entre los consumidores “predecibles” (quienes consumen todo su ingreso en cada periodo de tiempo) y la población en situación de pobreza. Así como entre los primeros y los trabajadores informales. La motivación que hay detrás de este análisis es que la población en

situación de pobreza no es capaz de ahorrar, lo que nos lleva a pensar que estos individuos no consumen de acuerdo con la hipótesis del ingreso permanente (PIH, por sus siglas en inglés).

De forma similar, los individuos que trabajan en el sector informal son vulnerables a cambios en el mercado laboral, choques exógenos en la economía y cambios en su salud, por la falta de seguridad social. Debido a esta incertidumbre, es de esperarse que los individuos se preparen para enfrentar diferentes escenarios. Sin embargo, esto no es necesariamente cierto si los trabajadores en el sector formal se encuentran en situación de pobreza. Por lo que no es claro si el consumo de los trabajadores informales sigue la PIH o no.

Para probar nuestras hipótesis, estimamos una serie de consumo predecible. Para la construcción de esta serie utilizamos el modelo de consumo propuesto por Campbell y Mankiw (1990), el cual se diferencia del modelo estándar porque introduce la posibilidad de que existan consumidores que gastan todo su ingreso en cada momento del tiempo. Como lo sugieren Campbell y Mankiw (1990), utilizamos variables instrumentales para resolver el problema de endogeneidad generado por la simultaneidad entre el consumo y el ingreso.

Finalmente, utilizamos la serie estimada de consumo predecible para analizar su relación de largo plazo con la pobreza y la informalidad en México. Para ello, utilizamos modelos de vectores de corrección de errores. Nuestros resultados sugieren que algunas de las variaciones del consumo predecible se explican por cambios en el número de personas en situación de pobreza. En particular, cuando la pobreza crece en uno por ciento, el consumo predecible incrementa en 0.03 por ciento. Por otro lado, encontramos que el consumo predecible no tiene una relación de largo plazo con la población que trabaja en la informalidad. Sin embargo, encontramos que existe una fuerte relación entre pobreza e informalidad en México.

El resto del documento se estructura de la siguiente forma. En la primera sección exponemos la estrategia empírica. En la segunda sección describimos los datos, así como el tratamiento de estos. En la tercera sección resumimos los principales resultados, mientras que en la cuarta sección concluimos y discutimos sobre las implicaciones de nuestra investigación.

2. Estrategia empírica

2.1 Modelo con consumo predecible

Supongamos que en la economía existen dos tipos de individuos. Por un lado, aquellos cuyo consumo varía de forma proporcional a los cambios en su ingreso (*ROT -rule of thumb-*, quienes consumen todo su ingreso en cada momento en el tiempo, y a quienes nos referiremos como los consumidores “predecibles”). Por otro lado, los individuos que consumen de acuerdo con la hipótesis del ingreso permanente (PIH, es decir, las variaciones de su ingreso son impredecibles). Ambos agentes representan, respectivamente, fracciones λ y $(1 - \lambda)$ del total de la población en nuestra economía.

Definamos como $\Delta C_{ROT,t} = C_{ROT,t+1} - C_{ROT,t}$ al cambio en el consumo agregado, en el tiempo t , de aquellos individuos cuyo consumo es predecible y que puede expresarse como la fracción λ del cambio en el ingreso nacional, en el tiempo t ,

$$\Delta C_{ROT,t} = \lambda \Delta Y_t$$

donde $\Delta Y_t = Y_{t+1} - Y_t$.

De forma similar, definamos como $\Delta C_{PIH,t} = C_{PIH,t+1} - C_{PIH,t}$ al cambio en el consumo agregado, en el tiempo t , de los agentes que cumplen con la hipótesis del ingreso permanente.

$$\Delta C_{PIH,t} = \epsilon_t$$

donde asumimos que ϵ_t es ruido blanco.

En consecuencia, podemos definir al cambio en el consumo nacional agregado como:

$$\Delta C_t = \Delta C_{ROT,t} + \Delta C_{PIH,t} = \lambda \Delta Y_t + \Delta \mathbf{X}_t \boldsymbol{\beta} + \epsilon_t \quad (1)$$

Donde el estimador λ es sesgado en la ecuación estructural (1) por el problema de endogeneidad generado por la simultaneidad entre consumo e ingreso. Además, incluimos un vector de variables exógenas $\Delta \mathbf{X}_t$ para controlar por observables que pueden predecir los cambios en el consumo y que no están asociados con los consumidores predecibles ni con los que siguen la PIH. Este vector incluye variables *dummies* que controlan por choques exógenos en el ingreso caracterizados durante las crisis de 1995 y la de 2009.

Nótese que la especificación en la ecuación estructural asume que el cambio en el consumo nacional es un promedio ponderado de los cambios en el ingreso corriente y la variación impredecible en el ingreso permanente (observable, $\Delta \mathbf{X}_t$, y no observable ϵ_t).

Para resolver el problema de endogeneidad, proponemos instrumentar la variable endógena, ΔY_t , con su primer rezago (ΔY_{t-1} , como se sugiere en Campbell y Mankiw, 1990). Nuestro instrumento cumple con los dos supuestos de identificación del modelo. Primero, el supuesto de relevancia, $Cov(\Delta Y_t, \Delta Y_{t-1}) \neq 0$, el cual se cumple debido a que el rezago del ingreso es un predictor natural de esta misma variable porque el ingreso sigue un proceso autorregresivo. Esto se prueba formalmente en la sección de resultados. Segundo, el supuesto de exclusión, $Cov(\Delta Y_{t-1}, \epsilon_t) = 0$, sugiere que el instrumento no está correlacionado con el término de error. El argumento a favor de este supuesto recae en el hecho de que el ingreso pasado no afecta al consumo presente directamente (lo cual es lógico por la temporalidad entre ambas variables), sin embargo, existe un efecto del primero sobre el segundo únicamente a través del ingreso presente. Es decir, la única forma por medio de la cual el ingreso pasado afecta el consumo presente es mediante el ingreso presente. Para este último supuesto no existe una prueba formal, sin embargo, el argumento que ofrecemos es una buena aproximación de la veracidad del supuesto.

Asumiendo que los dos supuestos de identificación se cumplen en nuestro modelo, podemos estimar la ecuación de la primera etapa de la siguiente forma,

$$\Delta Y_t = \delta + \alpha \Delta Y_{t-1} + \Delta \mathbf{X}_t \boldsymbol{\beta} + v_t \quad (2)$$

donde la variable endógena es ahora la variable dependiente, mientras que el resto de las variables exógenas, incluido el instrumento, ΔY_{t-1} , son las variables explicativas.

El supuesto de relevancia se puede verificar formalmente realizando una prueba de significancia estadística al coeficiente asociado al instrumento, α . Es decir, estaríamos ofreciendo evidencia del supuesto de relevancia si encontramos que α es estadísticamente significativo en la ecuación de la primera etapa (es decir, en la ecuación 2).

En este documento utilizamos el método de variables instrumentales (VI) mediante mínimos cuadrados en dos etapas (MC2E), que consiste en estimar la ecuación de la primera etapa y sustituir el ajuste de dicho modelo en la ecuación estructural. En particular, podemos sustituir (2) en (1),

$$\Delta C_t = \lambda(\delta + \alpha \Delta Y_{t-1} + v_t) + \Delta X_t \beta + \epsilon_t$$

y distribuir el producto de λ ,

$$\Delta C_t = \lambda \delta + \alpha \lambda \Delta Y_{t-1} + \Delta X_t \beta + (\lambda v_t + \epsilon_t)$$

Reescribiendo, tenemos que,

$$\Delta C_t = \theta + \gamma \Delta Y_{t-1} + \Delta X_t \beta + e_t \quad (3)$$

de donde podemos calcular la fracción de personas cuyo consumo es predecible mediante la siguiente fórmula,

$$\lambda = \frac{\gamma}{\alpha} \quad (4)$$

Además, podemos recuperar la serie que caracteriza el patrón de consumo de los individuos predecibles, $\Delta \widehat{C}_{ROT,t}$, mediante la siguiente ecuación:

$$\Delta \widehat{C}_{ROT,t} = \Delta \widehat{C}_t - \theta - \Delta X_t \beta$$

donde $\Delta \widehat{C}_t$ es el ajuste del modelo de VI.

2.2 Relaciones de largo plazo entre consumo, pobreza e informalidad

En esta subsección proponemos un modelo econométrico para probar la hipótesis de que los consumidores predecibles son aquellos que se encuentran en situación de pobreza y/o en la informalidad. Para ello, utilizamos la serie estimada de consumo predecible que obtuvimos en la subsección anterior, $\Delta \widehat{C}_{ROT,t}$. En particular, proponemos probar nuestra hipótesis utilizando un modelo de corrección de errores. La intuición es que, si el consumo predecible se encuentra en equilibrio de largo plazo con la pobreza, podríamos concluir que los individuos en situación de pobreza son aquellos cuyo consumo es predecible. De forma análoga podríamos llegar a una conclusión similar para la población que trabaja en la informalidad.

El modelo que proponemos considera al consumo privado nacional, C_t , como variable dependiente, mientras que las variables explicativas son el número de personas en la informalidad,

INF_t , y el número de personas en situación de pobreza, $POBRE_t$. Estas variables fueron estandarizadas y transformadas con logaritmos (como se explica en la siguiente sección).

En la especificación del modelo seguimos a Engle y Granger (1987), pero en lugar de realizar una estimación en dos etapas proponemos una sola ecuación (como lo han hecho recientemente Galvez-Soriano, 2020a; y Galvez-Soriano y Cortés, 2021 con datos de México). Este método se conoce en la literatura como ecuación condicional del modelo de corrección de errores (MCE) y es preferible por tener un poder estadístico superior a los modelos tradicionales de corrección de errores (Kremers, Ericsson y Dolado, 1992; Banerjee *et al.*, 1993; y Zivot, 2000).

Proponemos distintas especificaciones del MCE donde el consumo solo depende de la pobreza, o solo depende de la informalidad. Sin embargo, el modelo general se puede expresar de la siguiente forma:

$$\Delta C_t = \alpha_1 C_{t-1} + \alpha_2 W_{t-1} + \sum_{i=2}^p \beta_{i-1} (\Delta C_{t-i}) + \sum_{j=2}^q \gamma_{j-1} (\Delta W_{t-j}) + \varepsilon_t$$

donde Δ es el operador diferencia, W_t se refiere a la variable de pobreza o informalidad ($POBRE_t$ o INF_t , dependiendo del modelo) y todas las variables se expresan en logaritmos naturales, además suponemos que el término de error, ε_t , es ruido blanco con distribución normal.

Los primeros dos términos de MCE corresponden al vector de cointegración, que define la relación de largo plazo entre las variables del modelo. La segunda parte de la ecuación (suma de los rezagos de las diferencias logarítmicas) define la relación de corto plazo.

Para probar nuestra hipótesis basta con realizar pruebas de significancia estadística a los coeficientes asociados a la informalidad y la pobreza, en el vector de cointegración. Estos coeficientes informan sobre el equilibrio de largo plazo entre el consumo, la informalidad y la pobreza, en términos de elasticidades.

3. Datos

La información estadística utilizada en este trabajo corresponde al periodo 1993-2019 con periodicidad trimestral (1993Q1-2019Q4). La base de datos que construimos se compone de tres fuentes de información: 1) el Sistema de Cuentas Nacionales (SCN) del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), de donde se obtuvieron los indicadores relacionados con el consumo privado y los datos del Producto Interno Bruto (PIB), a nivel nacional; 2) la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE) del INEGI, de donde obtuvieron los datos de informalidad; y 3) la tercera fuente es el CONEVAL de donde se recuperaron los datos sobre pobreza laboral, utilizando el índice de Tendencia Laboral de la Pobreza (ITLP).²

² Adicionalmente, obtuvimos datos del flujo de remesas y tipo de cambio (FIX) promedio mensual del Sistema de Información Económica del Banco de México, así como la serie del Índice Nacional de Precios al Consumidor del INEGI. Estos datos se utilizaron en las pruebas de robustez mostradas en el [anexo A1](#), por lo que no forman parte de la estimación principal.

El ITLP mide la tendencia de la proporción de personas que no pueden adquirir la canasta alimentaria con el ingreso de su trabajo. Es decir, es un índice que se basa en la medida tradicional de pobreza mediante el *headcount ratio*:

$$HCR_t = \frac{\sum_i i_t \cdot 1_{y_{it} < p_t}}{n_t}$$

donde $1_{y_{it} < p_t}$ es una función indicadora, p_t es la línea de pobreza (canasta alimentaria) en el periodo t , mientras que y_{it} es el ingreso (laboral) per-cápita del individuo i en el periodo t , y n_t es el número total de individuos en el mismo periodo.

Es importante mencionar que este índice no constituye una medición completa de la pobreza en México porque no comprende todas las fuentes de ingreso ni toda la multidimensionalidad de la pobreza. Sin embargo, el ITLP se considera apto para realizar esta investigación, ya que los ingresos laborales representan aproximadamente cuatro quintas partes del ingreso total de un hogar mexicano promedio (Galvez-Soriano, 2020c).

La informalidad se mide a partir de la definición oficial del INEGI utilizando la ENOE como fuente primaria de información. El INEGI considera que un trabajador se desempeña en el sector informal si trabaja en una unidad económica (empresa) no constituida en sociedad, que opera a partir de los recursos de los hogares y que no lleva un registro contable de su actividad, independientemente de las condiciones de trabajo que se tengan. Ello implica que los trabajadores informales no pagan impuestos y no tienen acceso a seguridad social.

Todas las series en nuestra base de datos recibieron un tratamiento particular. Estandarizamos cada una de las variables para expresarlas como índices con base 2013=100. Aplicamos una transformación de Box-Cox (1964) mediante el logaritmo natural para reducir la varianza de las series. Desestacionalizamos todas las variables en nuestra base de datos utilizando el programa X-13ARIMA-SEATS, que es el software oficial utilizado por el INEGI (Galvez-Soriano, 2020b).³ Finalmente, las series que se obtienen del SCN están expresadas en términos reales utilizando el deflactor del PIB del año 2013.

La figura 1 ilustra los cambios de las series de tiempo que componen nuestra base de datos, así como su evolución en el tiempo. El primer factor que notamos es la temporalidad de las series. Contamos con datos trimestrales de las series obtenidas del SCN de México para el periodo completo (1993-2019). Sin embargo, los datos de pobreza e informalidad están disponibles para un periodo de tiempo más corto (2005-2019) aunque con la misma frecuencia. Finalmente, a pesar de que las series de cuentas nacionales y las de informalidad siguen una tendencia positiva, sabemos que esto podría ser el resultado de una correlación espuria, por lo que más adelante probamos formalmente si existe una relación de largo plazo entre todas las variables.

³ Los modelos de ajuste estacional que desarrollamos se basaron en el documento "Procedimiento para la obtención de modelos de ajuste estacional con el programa X12-ARIMA" del Grupo Especializado en Desestacionalización (GED) del Comité Especializado en Estadísticas Macroeconómicas y Cuentas Nacionales de México.

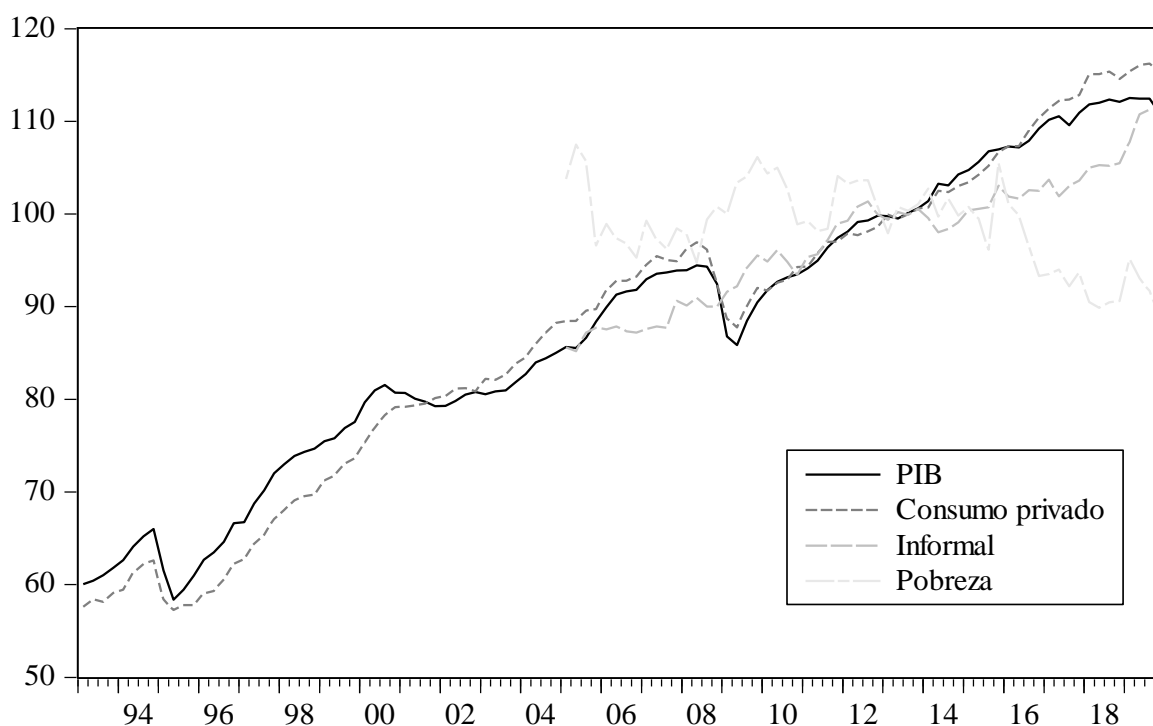


Figura 1. Evolución de las series de tiempo ajustadas.

Nota: Se grafican series estandarizadas con año base 2013=100. Todas las variables están desestacionalizadas.

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI y CONEVAL.

El MCE que proponemos en este documento requiere el cumplimiento de ciertas condiciones previas. Primero, las series que se incluyen en el modelo deben ser variables no estacionarias. Segundo, estas mismas variables deben estar integradas del mismo orden (probamos las dos primeras condiciones en la tabla 1). Y, tercero, debe existir al menos una ecuación por medio de la cual se pueda expresar el equilibrio de las variables del modelo en el largo plazo (probamos formalmente esta condición en la tabla 2).

Para probar las dos primeras condiciones de nuestro MCE utilizamos pruebas de raíz unitaria de las series originales (con lo que comprobamos la no estacionariedad), y de las series en primeras diferencias (para probar el orden de integración). En particular, realizamos este análisis con tres tipos de pruebas de raíz unitaria: prueba de Dickey Fuller Aumentada (ADF), prueba de Phillips-Perron (PP), y prueba Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (KPSS, véase tabla 1).

Tabla 1. Prueba de raíz unitaria

Nombre de la variable	Ho: La serie tiene una raíz de unidad						Ho: La serie es estacionaria	
	Prueba aumentada de Dickey-Fuller			Prueba de Phillips-Perron			Prueba de KPSS	
	Ninguno	Intercepto	Intercepto y tendencia	Ninguno	Intercepto	Intercepto y tendencia	Intercepto	Intercepto y tendencia
Consumo predecible	0.989		0.189	0.994			p>0.10	p>0.10
	[0.0000]		[0.0000]	[0.0000]			[p<0.01]	[p<0.01]
Informalidad	0.997		0.187	0.999		0.187	p>0.10	p>0.10
	[0.0000]		[0.0000]	[0.0000]		[0.0000]	[p<0.01]	[p<0.01]
Pobreza		0.720	0.623		0.799	0.629	0.05>p>0.01	0.05>p>0.01
		[0.0000]	[0.0000]		[0.0000]	[0.0000]	[p<0.01]	[p<0.01]

Nota: Las pruebas de raíz unitaria que se resumen en esta tabla se realizaron en el período 2015Q1-2019Q4. Se muestran los valores p para las correspondientes hipótesis nulas. El valor p en corchetes se refiere a las pruebas de las series en primeras diferencias. Omitimos los resultados de las pruebas en las que los coeficientes de las regresiones resultaron no estadísticamente significativos.

De acuerdo con los resultados de las pruebas de raíz unitaria probamos que las variables analizadas son no-estacionarias. Por otro lado, las pruebas con primeras diferencias sugieren que todas las variables están integradas de orden uno, $I(1)$. Con estos resultados hemos demostrado el cumplimiento de las primeras dos condiciones para el uso de nuestro MCE.

Tabla 2. Prueba de cointegración de Johansen

Hipótesis nula (número de ecuaciones)	Prueba de la traza		Prueba del máximo Eigenvalue	
	Estadístico de la traza	Valor crítico	Estadístico de Max-Eigen	Valor crítico
<i>Panel A. Modelo de consumo e informalidad (1)</i>				
Ninguna*	16.273	12.321	13.594	11.225
Como máximo 1	2.679	4.130	2.679	4.130
<i>Panel B. Modelo de consumo y pobreza (2)</i>				
Ninguna	15.36188	25.87211	8.972363	19.38704
Como máximo 1	6.389513	12.51798	6.389513	12.51798
<i>Panel C. Modelo de pobreza e informalidad (3)</i>				
Ninguna	10.72166	25.87211	6.345912	19.38704
Como máximo 1	4.375752	12.51798	4.375752	12.51798

Nota: * denota el rechazo de la hipótesis nula, con un nivel de significancia del 5%.

El siguiente paso es probar la tercera condición de nuestro modelo. Es decir, evaluar si existe al menos una ecuación que exprese la relación de equilibrio de las variables de nuestro modelo, en el largo plazo. Para demostrar formalmente esta condición utilizamos la prueba de cointegración de Johansen (1991) en las tres especificaciones que elaboramos: 1) consumo-informalidad; 2) consumo-pobreza y 3) pobreza-informalidad.

En las pruebas de Johansen, especificamos vectores autorregresivos de orden 2 para los dos primeros modelos y un vector autorregresivo de orden uno para el tercer modelo. Consideramos que las variables no tienen ni intercepto ni tendencia en el primer modelo y que tienen ambos (intercepto y tendencia) en los últimos dos modelos, como lo sugieren las pruebas de raíz unitaria (véase la tabla 1). Utilizamos las dos variantes de la prueba para determinar el número de vectores de cointegración; el de la traza (*trace test*) y la prueba del valor propio máximo (*maximum eigenvalue test*). Los resultados de dichas pruebas rechazan la hipótesis nula de que no existan ecuaciones que expresen la combinación lineal de las variables del primer modelo, en el largo plazo (véase panel A de la tabla 2). Es decir, existe al menos un vector de cointegración que expresa una combinación lineal de las variables del modelo. Por otro lado, los resultados de la prueba para los modelos 2 y 3 no rechazan la hipótesis nula de que no existen ecuaciones que expresen la combinación lineal de las variables. Sin embargo, tampoco se rechaza la hipótesis de que existe al menos una combinación lineal de dichas variables en el largo plazo (véase paneles B y C de la tabla 2). Por lo que procedemos a modelar las tres especificaciones.

4. Resultados

4.1 Estimación del consumo predecible

En esta subsección utilizamos el modelo de consumo descrito en la subsección 1.1 para obtener una serie de consumo predecible, es decir, obtenemos la serie de consumo de aquellos agentes que consumen todo su ingreso en cada periodo de tiempo.

En nuestra primera estimación de la ecuación estructural (ecuación 1) utilizamos el método de mínimos cuadrados ordinarios (MCO). Las variables recibieron el tratamiento descrito en la sección anterior. Además, las series utilizadas en el modelo fueron transformadas con una diferencia logarítmica para inducir la estacionariedad. Los resultados de esta estimación sugieren que, cuando el ingreso incrementa en uno por ciento, el consumo privado incrementa 0.79 por ciento.

Sin embargo, sabemos que las estimaciones derivadas de este método podrían producir coeficientes sesgados e inconsistentes por la presencia de problemas de endogeneidad generados por la causalidad inversa entre consumo e ingreso. Es decir, existe un efecto multiplicador porque mayor ingreso implica más consumo, pero también mayor consumo incentiva la actividad económica incrementando nuevamente el ingreso y así sucesivamente. En consecuencia, esperamos que el efecto del sesgo sea negativo, lo que significa que estaríamos subestimando el efecto del ingreso en el consumo. Para resolver este problema, utilizamos el método de VI. El primer supuesto de identificación del método de VI se prueba formalmente en la estimación de la ecuación de la primera etapa. En efecto, el coeficiente asociado a nuestro instrumento es estadísticamente significativo.

Tabla 3. Estimaciones del modelo de consumo predecible

	(Ecuación Estructural - MCO)	(Primera etapa)	(Ecuación estructural -VI)
	DLOG(Consumo)	DLOG(PIB)	DLOG(Consumo)
DLOG(PIB)	0.7975*** (0.0473)		0.8505*** (0.0567)
DLOG(PIB(-1))		0.5894*** (0.0741)	
DLOG(PIB(-2))		-0.1561*** (0.0737)	
PIB	0.8767*** (0.0209)		0.9530*** (0.0078)
PIB(-1)		1.3699*** (0.0679)	
Observaciones	105	105	105
Controles	NO	SI	NO
R ² ajustado	0.66	0.53	0.67
Suma de errores al cuadrado	0.01	0.01	0.01
Estadístico Durbin-Watson	2.15	1.85	2.14

Nota: Los resultados del modelo estructural se obtienen de la ecuación (1). Los resultados de la primera etapa sugieren que se cumple el supuesto de relevancia. El estimador de VI se obtiene mediante MC2E, basado en la ecuación (3). Los resultados de las series del PIB sin transformaciones se usan para calcular la fracción de personas cuyo consumo es predecible (λ).

Errores estándar entre paréntesis. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

Nuestra mejor estimación para el efecto del ingreso en el consumo se muestra en la tercera columna de la tabla 3. El coeficiente estimado es insesgado y consistente. Como era de esperarse, este coeficiente es mayor al estimado con MCO. Su interpretación es análoga a la de una propensión marginal a consumir. En decir, encontramos que, por cada incremento porcentual en el ingreso, el consumo crece en 0.85 por ciento.

Por otro lado, la proporción de individuos cuyo consumo es predecible no se puede estimar directamente debido a las transformaciones logarítmicas. Sin embargo, estimaciones del mismo modelo sin la transformación de Box-Cox sugieren que la proporción de individuos que gastan todo su ingreso en cada periodo de tiempo es aproximadamente $\lambda = 0.69$.⁴ Esta proporción es mayor a la encontrada por Campbell y Mankiw (1990) para Estados Unidos ($\lambda = 0.4$, en promedio para diferentes especificaciones de instrumentos). Sin embargo, es similar a las estimaciones oficiales de pobreza e informalidad en México (aproximadamente 67 y 57 por ciento, respectivamente, con datos

⁴ Como se explicó en la sección 1, la fracción de personas cuyo consumo es predecible se calcula mediante la siguiente fórmula, $\lambda = \gamma/\alpha$

donde γ es el coeficiente del PIB en la ecuación de VI, mientras que α es el coeficiente del rezago del PIB en la ecuación de la primera etapa. Por lo que $\lambda = \frac{\gamma}{\alpha} = \frac{0.95}{1.37} = 0.69$.

de 2020). Es por ello que, en la siguiente subsección, probamos formalmente si estos consumidores predecibles representan a los individuos en situación de pobreza o que trabajan en la informalidad.

4.2 La relación entre consumo predecible, pobreza e informalidad

Previamente propusimos un modelo macroeconómico con el que estimamos los patrones de consumo de los individuos que no siguen la PIH. Es decir, consumidores que gastan todo su ingreso en cada periodo de tiempo, a los que nos referimos como consumidores predecibles. En esta subsección utilizamos esta serie estimada para probar nuestra hipótesis de que dichos consumidores representan a la población en situación de pobreza y/o a los trabajadores que se desempeñan en la informalidad.

La prueba formal que sugerimos es un modelo de corrección de errores, para el que consideramos dos especificaciones. En la primera, el consumo predecible es una función de la informalidad. En la segunda, la misma serie de consumo predecible es una función de la pobreza. Adicionalmente, proponemos una tercera especificación en la que la variable de pobreza es función de la serie de informalidad.

Nuestros tres ECMs propuestos son robustos a los cambios en el periodo de estimación dentro de la muestra analizada. Mostramos esto realizando un análisis de estabilidad de coeficientes usando pruebas de CUSUM. La figura 2 muestra el comportamiento de las sumas acumuladas de residuos recursivos (CUSUM) y la suma acumulada de residuos recursivos al cuadrado (CUSUM al cuadrado). En todas pruebas los valores CUSUM se sitúan entre el intervalo de confianza del 95 por ciento. Esto sugiere que nuestros ECMs ajustados son parsimoniosos y estables.

Tabla 4. Estimaciones de equilibrios en el largo plazo (modelo MCE)

Variable	DLOG(Consumo)	DLOG(Consumo)	DLOG(Pobreza)
	(1)	(2)	(3)
LOG(Consumo(-1))	-0.1426*** (0.0430)	-0.0316*** (0.0070)	
LOG(Pobreza(-1))		0.0324*** (0.0069)	-0.2920*** (0.0806)
LOG(Informal(-1))	-0.0502 (0.0483)		0.3254*** (0.0884)
Observaciones	51	56	56
R ² ajustado	0.830	0.808	0.483
Suma de errores al cuadrado	0.001	0.005	0.019
Estadístico Durbin-Watson	1.980	1.858	1.991

Nota: Se muestran los vectores de cointegración de los tres MCE propuestos. En la primera columna se analiza la relación de largo plazo entre el consumo predecible y la informalidad. La segunda columna muestra el vector de cointegración que se obtiene de la relación entre consumo predecible y pobreza. Finalmente, la última columna muestra la relación de largo plazo entre la pobreza y la informalidad.

Errores estándar entre paréntesis. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$.

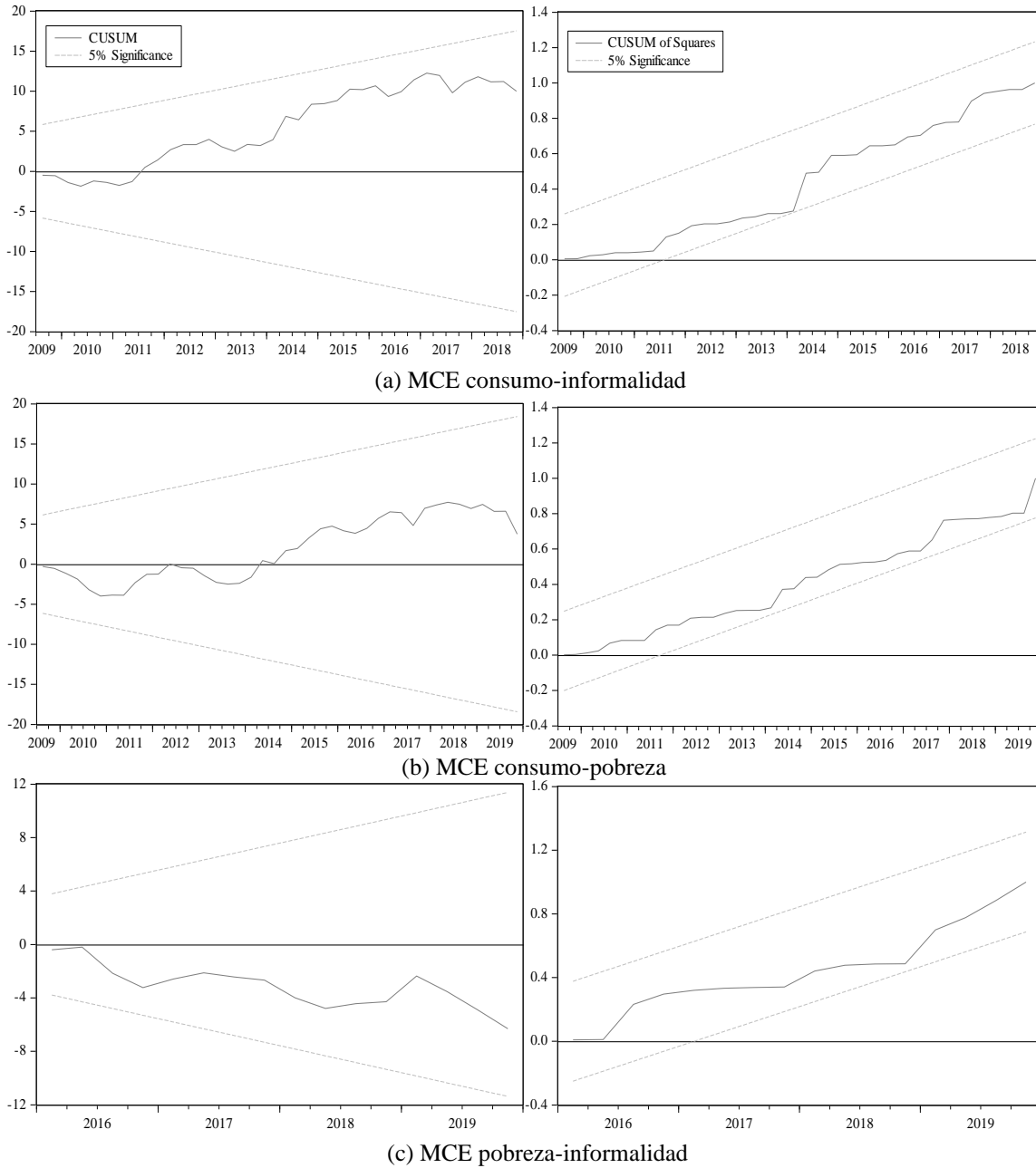


Figura 2. Pruebas de CUSUM

Nota. Se muestran las pruebas de CUSUM de los tres MCEs que proponemos. Los resultados de estas pruebas sugieren que los coeficientes estimados en los MCEs son estables ante cambios en el periodo de estimación.

Los resultados de la primera especificación sugieren que los individuos que trabajan en el sector informal de México no tienen un consumo predecible, es decir, su consumo es consistente con la PIH. Este primer hallazgo se deriva del hecho de que no encontramos un equilibrio de largo plazo entre ambas variables cuando las modelamos usando el MCE propuesto. Esto puede notarse en el vector de cointegración que se muestra en la primera columna de la tabla 4, donde el coeficiente asociado a la variable de informalidad resultó ser no estadísticamente significativo.

Los resultados de la segunda especificación indican que algunos de los mexicanos en situación de pobreza consumen todo su ingreso en cada periodo de tiempo. Esto corrobora nuestra hipótesis principal y puede ser interpretado como la población cuyo consumo no es consistente con la PIH. Este hallazgo se deriva del vector de cointegración que se muestra en la segunda columna de la tabla 4, donde el coeficiente asociado a la variable de pobreza es estadísticamente significativo. En particular, podemos concluir que el consumo predecible en México incrementa en 0.03 por ciento ante incrementos de un punto porcentual en la proporción de personas en situación de pobreza.

Además, nuestro análisis también nos permite concluir acerca de la relación entre pobreza e informalidad. La columna tres de la tabla 4 muestra el vector de cointegración del MCE que relaciona a la pobreza y la informalidad en México. Nuestros resultados sugieren una fuerte relación positiva de largo plazo entre ambas variables. En particular, encontramos que la pobreza incrementa en 0.33 puntos porcentuales ante incrementos de uno por ciento en el número de personas que trabajan en la informalidad.

En el anexo A1 mostramos que nuestro modelo MCE también es robusto ante la inclusión de una variable de remesas, la cual controla por diferentes patrones de consumo asociados a individuos receptores de remesas y que, a su vez afecta sus decisiones de trabajar en el sector informal o que les alivia su situación de pobreza (Caceres y Caceres, 2017). En efecto, aun controlando por remesas, los resultados no cambian significativamente y el coeficiente asociado a esta variable no es estadísticamente significativo en ninguna de las especificaciones, lo que sugiere que la proporción de hogares receptores de remesas no es tan grande como para tener un efecto significativo a nivel nacional.

Finalmente, encontramos que los resultados sobre la relación entre pobreza e informalidad son robustos ante cambios en la variable de informalidad cuando se analiza la participación laboral por género (véase el anexo A2). De este último análisis, concluimos que la brecha salarial entre hombres y mujeres en el sector informal vulnera el bienestar de las mujeres en términos de pobreza laboral. Es decir, las mujeres tienden a encontrarse en situación de pobreza, con una mayor probabilidad que los hombres, si trabajan en el sector informal.

5. Conclusiones y discusión

En este documento proponemos probar la hipótesis de que los mexicanos en situación de pobreza (o que trabajan en la informalidad) tienen patrones de consumo predecibles. Es decir, queremos determinar si los mexicanos son individuos que consumen su ingreso en cada periodo de tiempo, por lo que su consumo no es consistente con la hipótesis del ingreso permanente (PIH). La verificación de esta hipótesis es de particular relevancia para los hacedores de política económica debido a que la caracterización de dichos consumidores implicaría un tratamiento distinto de la política fiscal y/o de los programas de seguridad social, que tienen efectos diferenciados entre los mexicanos dependiendo de sus patrones de consumo.

Para ello, proponemos un método en dos pasos. El primer paso consiste en generar la serie de consumo que caracteriza a los individuos predecibles (pues esta serie es no observada). Construimos esta serie a partir de la estimación de un modelo macroeconómico con dos tipos de agentes: los que consumen de acuerdo con la PIH y los consumidores predecibles. Realizamos la

estimación de este modelo mediante variables instrumentales para resolver el problema de endogeneidad generado por la simultaneidad entre consumo e ingreso.

El segundo paso consiste en la prueba formal de nuestra hipótesis. En particular proponemos analizar la relación de largo plazo entre las variables de consumo y pobreza, así como consumo e informalidad para determinar si existe un equilibrio de largo plazo entre ambos pares de variables y, con ello, concluir acerca de la población que caracteriza al consumo predecible. Analizamos las relaciones de largo plazo por medio de vectores de corrección de errores utilizando series trimestrales de consumo predecible, pobreza laboral e informalidad.

Los resultados de nuestro análisis arrojan cuatro conclusiones principales. Primero, la proporción de individuos que gastan todo su ingreso en cada momento de tiempo es aproximadamente $\lambda = 0.69$. Esta proporción es mayor a la encontrada por Campbell y Mankiw (1990) para Estados Unidos ($\lambda = 0.4$, en promedio para diferentes especificaciones de instrumentos). Sin embargo, es similar a las estimaciones oficiales de pobreza e informalidad en México (aproximadamente 0.67 y 0.57, respectivamente, con datos de 2020). La proporción tan alta de individuos con consumo predecible es consistente con la existencia de restricciones para acceder a créditos en México (Mashi y Peters, 2010) lo que, de otra forma, permitiría a estos individuos invertir en negocios familiares y/o suavizar su consumo.

Segundo, los individuos que trabajan en el sector informal de México no tienen un consumo predecible, es decir, su consumo es consistente con la PIH. Tercero, algunos de los mexicanos en situación de pobreza consumen todo su ingreso en cada periodo de tiempo. En particular, podemos concluir que el consumo predecible en México incrementa en 0.03 por ciento ante incrementos de un punto porcentual en la proporción de personas en situación de pobreza. Estos resultados son robustos incluso después de controlar por el flujo de remesas a México.

Finalmente, nuestra cuarta conclusión es que existe una fuerte relación positiva de largo plazo entre pobreza e informalidad en México. En particular, encontramos que la pobreza incrementa en 0.33 puntos porcentuales ante incrementos de uno por ciento en el número de personas que trabajan en la informalidad. Además, encontramos efectos sustancialmente diferentes cuando analizamos la relación entre pobreza laboral e informalidad por género, lo que sugiere que la brecha salarial entre hombres y mujeres en el sector informal vulnera el bienestar de las mujeres en términos de pobreza laboral.

Estos últimos hallazgos son consistentes con el hecho de que la población que trabaja en el sector informal generalmente tiene ingresos bajos e inestables, con mínimo o inadecuado acceso a la seguridad social, lo que les impide invertir en capital humano y lograr así empleos con mayor remuneración, especialmente para el caso de mujeres (Baker *et al.*, 2020). Esta situación contribuye con la trampa de la pobreza, donde los individuos en condiciones desfavorables son los que tienen menos probabilidad de superar su condición de pobreza. Este último resultado también es de particular relevancia en términos de política económica porque sugiere que la generación de empleos formales es una potencial alternativa al combate de la pobreza en México. En efecto, la población del sector informal se caracteriza por ser la menos educada y la más vulnerable ante los cambios económicos. En este sentido, las políticas y estrategias del gobierno deberían estar encaminadas a incrementar el nivel de escolaridad de la población en situación de pobreza y a coadyuvar en la transición de la economía informal a la economía formal, como medidas de combate a la pobreza en economías en desarrollo.

Referencias

- [1] Ando, A y Modigliani, F. (1963). The Life Cycle Hypothesis of Savings. Aggregate Implications and tests. *American Economic Review*, 53 (1): pp 55-84. URL: <https://www.jstor.org/stable/1817129>
- [2] Baker, A., Berens, S., Feierherd, G., y Gonzales, I. M. (2020). Informalidad laboral y sus consecuencias políticas en América Latina. Vanderbilt University report, 144: 1-16. URL: <https://www.vanderbilt.edu/lapop/insights/IO944es.pdf>
- [3] Banerjee, A., Dolado, J.J., Galbraith, J.W. y Hendry, D. (1993). Co-Integration, Error Correction, and the Econometric Analysis of Non-Stationary Data. OUP Catalogue, Oxford University Press. DOI: <https://doi.org/10.1093/0198288107.003.0009>
- [4] Box, G.E. y Cox, D. (1964). An analysis of transformations. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)*, 26(2): 211-243. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.2517-6161.1964.tb00553.x>
- [5] Caceres, L. y Caceres, S. (2017). Self-Employment in Latin America. *Journal of Developing Areas*, 51(3): 33-49. DOI: <https://doi.org/10.1353/jda.2017.0059>
- [6] Campbell, Y. y Mankiw, G. (1990). Permanent Income, Current Income, and Consumption. *Journal of Business & Economic Statistics*, 8: 265-279. DOI: <https://doi.org/10.1080/07350015.1990.10509798>
- [7] Castillo Ponce, R. (2003). Restricciones de liquidez, canal de crédito y consumo en México. *Economía Mexicana, Nueva Época*, 12(1): 65-101. URL: <https://www.redalyc.org/pdf/323/32312103.pdf>
- [8] Copelman, M. y Werner, A. (1997). El mecanismo de la transmisión monetaria en México. *El Trimestre Económico*, 64(253): 75-104.
- [9] Engle, R.F. y Granger, C.W. (1987). Co-integration and error correction: representation, estimation, and testing. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 55(2): 251-276. DOI: <https://doi-org.ezproxy.lib.uh.edu/10.2307/1913236>
- [10] Friedman, M. 1957. The Permanent Income Hypothesis. En M. Friedman. (Ed), *A Theory of the Consumption Function* (pp. 20-37), Princeton, NJ: Princeton University Press.
- [11] Galvez-Soriano, O. (2020a). Could Education Increase the Economic Growth of Mexico? *Análisis Económico*, 35(89): 37-64. DOI: <https://doi.org/10.24275/uam/azc/dcsh/ae/2020v35n89/galvez>
- [12] Galvez-Soriano, O. (2020b). Nowcasting Mexico's quarterly GDP using factor models and bridge equations. *Estudios Económicos*, 35(2): 213-265. DOI: <https://doi.org/10.24201/ee.v35i2.402>
- [13] Galvez-Soriano, O. (2020c). Do Remittances Reduce Labor Poverty and Inequality in Rural Mexico? Unpublished manuscript, University of Houston, 1-24. DOI: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.26858.34244>
- [14] Galvez-Soriano, O., and Cortés, M. (2021). Is there a pass-through from the international coffee price to the Mexican coffee market? *Studies in Agricultural Economics*, 123: 86-94. DOI: <https://doi.org/10.7896/j.2143>
- [15] Gomez, M. y Ventosa, D. (2009). Bilateral Relationship between Consumption and GDP in Mexico and the USA: A Comment. *Applied Econometrics and International Development*, 9 (1): 77-90. URL: <https://www.usc.es/economet/reviews/aeid916.pdf>
- [16] García, J. (2003). La dinámica del consumo privado en México: un análisis de cointegración con cambios de régimen. *Monetaria*, 26(4), 429-449. URL: http://www.cemla.org/PDF/monetaria/PUB-MON_XXVI-04.pdf
- [17] Johansen, S. (1991). Estimation and Hypothesis Testing of Cointegrating Vectors in a Gaussian Vector Autorregressive Models, *Econometrica*, 59: 1551-1580. DOI: <https://doi.org/10.2307/2938278>
- [18] Keynes, J. M (1972). *The General Theory of Employment, Interest and Money*. Londres, Inglaterra. Macmillan.

- [19] Kremers, J., Ericsson, N., y Dolado, J. (1992). The power of cointegration tests. *Oxford bulletin of economics and statistics*, 54(3): 325-348. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1468-0084.1992.tb00005.x>
- [20] Mashi, R. y Peters, S. (2010). A Revisitation of the Savings-Growth Nexus in Mexico. *Economic Letters*, 107(3): 318-320. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2010.02.001>
- [21] Mendoza, E. G., y Terrones, M. E. (2012). An anatomy of credit booms and their demise. *National Bureau of Economic Research*, W18379: 1-28. DOI: <https://doi.org/10.3386/w18379>
- [22] Montiel, P. (2000). What Drives Consumption Booms?, *The World Bank Economic Review*, 14(3): 457-480. DOI: <https://doi.org/10.1093/wber/14.3.457>
- [23] Solorzano, R. (2021). El consumo permanente bajo la concepción de Robert Hall. Un estudio econométrico para Sudamérica, 1960-2019. *Análisis Económico*, 36 (92): 45-62. DOI: <https://doi.org/10.24275/uam/azc/dcsh/ae/2021v36n92/solorzano>
- [24] Verastegui, J. y Cedillo, R. (2006). Consumption Smoothing and the Current Account: Evidence from Mexico, 1980-2005. *Revista Brasileira de Economía de Empresas*, 6(2): 17-23. URL: <https://portalrevistas.ucb.br/index.php/rbee/article/view/4241/2582>
- [25] Venegas-Martínez, F. (2000). Utilidad, Aprendizaje y Estabilización. *Gaceta de Economía*, 10: 153-169.
- [26] Villagómez, A. (1997). Private Saving, Interest Rates and Liquidity Constraints in LDC's: Recent Evidence. *Applied Economics*, 29: 607-615. DOI: <https://doi.org/10.1080/000368497326804>
- [27] Villagómez, A y Hernández, J.I. (2009). Impacto de la Reforma al Sistema de Pensiones en México. *Economía Mexicana, Nueva Época*, 19(2): 271-310. URL: <http://www.scielo.org.mx/pdf/emne/v19n2/v19n2a3.pdf>
- [28] Zivot, E. (2000). The power of single equation tests for cointegration when the cointegrating vector is prespecified. *Econometric Theory*, 16(3): 407-439. DOI: <https://doi.org/10.1017/s0266466600163054>

Fuentes de información para las bases de datos

- [29] Banco de México (2021). Sistema de Información Económica: Ingresos por remesas (CE81, Banxico).
- [30] Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (2020). Índice de la tendencia laboral de la pobreza (coneval.org.mx).
- [31] Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2020). Banco de información económica: Cuentas nacionales (BIE).
- [32] Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2020). Banco de información económica: Indicadores de ocupación y empleo (ENOE).

Anexo

A1. Remesas y consumo predecible

Como prueba de robustez, proponemos incluir una variable de remesas como control en el modelo MCE (véase la sección 1.2). La intuición detrás de esta prueba es que las remesas son un componente importante en el ingreso de los hogares mayoritariamente pobres y rurales en México, por lo que esperaríamos que parte de las variaciones en el consumo predecible se expliquen por las variaciones en las remesas. Sin embargo, nuestros resultados sugieren que las remesas no juegan un papel importante en la determinación del consumo predecible nacional. Esto puede deberse a que la proporción de hogares receptores de remesas no es tan grande como para tener un efecto significativo a nivel nacional (véase tabla A1).

Tabla A1. Estimaciones de equilibrios en el largo plazo (pruebas de robustez)

Variable	DLOG(Consumo)	DLOG(Consumo)	DLOG(Pobreza)
	(1)	(2)	(3)
LOG(Consumo(-1))	-0.1771*** (0.0326)	-0.0276*** (0.0120)	
LOG(Pobreza(-1))		0.0306*** (0.0076)	-0.3768*** (0.0845)
LOG(Informal(-1))	-0.0323 (0.0294)		0.4439*** (0.1028)
LOG(Remesas(-1))	0.0033 (0.0043)	-0.0021 (0.0055)	-0.0255 (0.0172)
Observaciones	51	56	56
R ² ajustado	0.843	0.800	0.501
Suma de errores al cuadrado	0.001	0.001	0.016
Estadístico Durbin-Watson	2.054	1.804	1.823

Nota: Se muestran los vectores de cointegración de los tres MCE propuestos. En la primera columna se analiza la relación de largo plazo entre el consumo predecible y la informalidad. La segunda columna muestra el vector de cointegración que se obtiene de la relación entre consumo predecible y pobreza. Finalmente, la última columna muestra la relación de largo plazo entre la pobreza y la informalidad. Los resultados mostrados son del mismo signo (y similar magnitud) a los mostrados en la tabla 3.

Errores estándar entre paréntesis. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$.

Por otro lado, los resultados de la tabla A1 sugieren que las estimaciones mostradas en la tabla 4 son robustas puesto que los signos y las magnitudes de los coeficientes son estadísticamente iguales entre ambas especificaciones, incluso después de haber controlado por remesas.

A2. Efectos heterogéneos

Finalmente, llevamos a cabo un análisis de efectos heterogéneos de la informalidad en el consumo y la pobreza en México. En particular, evaluamos por separado el efecto de las variaciones en la informalidad femenina y masculina. La idea de este análisis es que las bajas tasas de participación laboral femenina podrían generar efectos diferenciadores.

Tabla A2. Estimaciones de equilibrios en el largo plazo (efectos heterogéneos)

Variable	DLOG(Consumo)	DLOG(Pobreza)
	(1)	(2)
<i>Panel A: Hombres que trabajan en la informalidad</i>		
LOG(Consumo(-1))	-0.0274*** (0.0076)	
LOG(Pobreza(-1))		-0.2436*** (0.0806)
LOG(Informal_H(-1))	0.0283*** (0.0074)	0.2499*** (0.0813)
R ² ajustado	0.812	0.301
Estadístico Durbin-Watson	1.737	2.154
<i>Panel B: Mujeres que trabajan en la informalidad</i>		
LOG(Consumo(-1))	-0.0254*** (0.0078)	
LOG(Pobreza(-1))		-0.4964*** (0.0949)
LOG(Informal_M(-1))	0.0264*** (0.0078)	0.5048*** (0.0959)
R ² ajustado	0.836	0.660
Estadístico Durbin-Watson	1.837	1.842

Nota: Se muestran los vectores de cointegración de los tres MCE propuestos para dos tipos de poblaciones: hombres trabajando en la informalidad (panel A) y mujeres trabajando en la informalidad (panel B). En la primera columna se analiza la relación de largo plazo entre el consumo predecible (nacional) y la informalidad (por género). La segunda columna muestra la relación de largo plazo entre la pobreza (por género) y la informalidad (por género).

Errores estándar entre paréntesis. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$.

En efecto, el análisis por género arroja dos nuevos resultados que agregan a nuestro modelo. Primero, en nuestros resultados principales de la tabla 4 no encontramos efectos significativos de la informalidad en el consumo predecible, lo que implica que no hay una relación de largo plazo entre ambas variables, por lo que el concluimos que el consumo de los individuos que trabajan en la informalidad sigue la PIH. Sin embargo, cuando desagregamos la información por género encontramos que sí hay una fracción de los trabajadores informales con consumo predecible. Además, la relación entre consumo e informalidad es positiva, lo que sugiere que a medida que se incrementa la informalidad (masculina y femenina) el consumo predecible incrementa en 0.03 por ciento (véase columna (1) de la tabla A2). Nótese que este efecto es muy cercano a cero, por lo

que es consistente con nuestros resultados principales para el total de la población que trabaja en la informalidad.

Segundo, tanto la informalidad femenina como la masculina afectan positivamente la pobreza. Es decir, los individuos que trabajan en la informalidad tienen una probabilidad más alta de estar en situación de pobreza. Esta conclusión es consistente con los hallazgos de Caceres y Caceres (2017) para otras economías Latinoamericanas (distintas a México). Por otro lado, el efecto de la informalidad en la pobreza es sustancialmente más grande para mujeres que para hombres, lo que sugiere que las primeras se encuentran en una situación más vulnerable respecto a los segundos, en la economía informal. Además, este resultado es consecuencia de una importante brecha salarial entre hombres y mujeres en el mercado laboral mexicano. Finalmente, las estimaciones mostradas en las tablas 4, A1 y A2 son consistentes en signo y magnitud, lo que apoya a la robustez de nuestros resultados.

An Analysis of Optimal Tax Revenue Sharing for Mexico

Raúl Alberto Ponce Rodríguez¹ - Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México

Benito Alan Ponce Rodríguez² - Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México

Abstract

We develop an analysis that identifies the characteristics of an optimal system of shared tax collection and intergovernmental transfers. Mathematical optimization is used to find the level of taxes and intergovernmental transfers. Formulas for the optimal level of taxes and transfers to subnational governments are characterized. We suggest reforms to intergovernmental transfers to include the costs of tax inefficiency, some tax equalization transfer rules, and the marginal social benefits of local public spending. Future research could include local public spending with regional externalities, migration, and consider a dynamic model. This article proposes an original theoretical model of optimal tax coordination and transfers. The optimal level of taxes and transfers are identified. This paper proposes reforms to the participation formula for subnational governments.

JEL Classification: H2, H7, H72, H77.

Keywords: Tax revenue sharing, optimal taxation, state and local expenditures, fiscal federalism.

Un análisis de la participación óptima en los ingresos fiscales de México

Resumen

Se desarrolla un análisis que identifica las características de un sistema óptimo de recaudación tributaria compartida y transferencias intergubernamentales. Se utiliza la técnica de optimización para encontrar el nivel de impuestos y transferencias intergubernamentales. Se caracterizan fórmulas para el nivel óptimo de impuestos y transferencias a gobiernos subnacionales. Reformar las participaciones al incluir los costos de ineficiencia de los impuestos, algunas normas de transferencias de equalización fiscal, y los beneficios sociales marginales del gasto público local. Para futuras investigaciones se podrían incluir el gasto público local con externalidades regionales, la migración, y considerar un modelo dinámico. Este artículo propone un modelo teórico original de coordinación de impuestos y transferencias óptimas. Se identifican el nivel óptimo de impuestos y transferencias. Este trabajo propone reformas a la fórmula de participaciones a gobiernos subnacionales.

Clasificación JEL: H2, H7, H72, H77.

Palabras clave: Ingresos tributarios compartidos, impuestos óptimos, gastos estatales y locales, federalismo fiscal.

¹ Corresponding Author. Av. Universidad y Av. Heroico Colegio Militar S/N Zona Chamizal C.P. 32300, Ciudad Juárez, Chihuahua, México. Phone: 6883837, email: rponce@uacj.mx. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0851-2687>

² Email: alan.ponce@uacj.mx. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4550-2103>

* No source of funding for research development



1. Introduction

One of the most distinctive characteristics of fiscal federalism in Mexico is its tax revenue sharing accord in which the federal government collects tax revenue from nationwide uniform tax rates in sales, personal income taxes and other taxes that are distributed to subnational governments through a formula of intergovernmental transfers. This tax revenue sharing accord is also known as the *law of fiscal coordination* established in Mexico in 1980 in which the federal and subnational governments seek to coordinate the fiscal system to establish rules for administrative collaboration between the federation, states and municipalities to collect tax revenue and distribute it among them.

In terms of tax collection, the law of fiscal coordination constitutes an agreement for the application of some taxes to collect public income. Some of the main taxes in the law of fiscal coordination include the special form of sales tax on production and services, also known as IEPS, the income tax from hydrocarbon exploration and extraction, wages and the provision of personal services, as well as other taxes.³ In addition, the fund constituted by this law is financed by 80.29% of oil revenues from the federal government. In terms of the distribution of tax revenue, the law of fiscal coordination mandates the federal government to establish a set of intergovernmental transfers to be allocated to subnational governments. To do so, the federal government employs linear formulas for the distribution of intergovernmental transfers. For instance, the following formula describing the general fund of participations (which is one of several funds of “Ramo 28”) in the last reform of the law of fiscal coordination published in 2018, is the following:^{4,5}

$$P_{i,t} = P_{i,07} + \Delta FGP_{07,t} (0.6C1_{i,t} + 0.3C2_{i,t} + 0.1C3_{i,t}) \quad (1)$$

Where $P_{i,t}$ is the transfer (or participation) from the federal government to state i in year t , $P_{i,07}$ is the transfer (or participation) from the federal government to state i in year 2007 and $\Delta FGP_{07,t}$ is the growth in the general participation fund between 2007 and year t . In addition, $C1_{i,t}$ is a distribution coefficient of the general participation fund related to the evolution of gross domestic product of state i , while $C2_{i,t}$ and $C3_{i,t}$ are distribution coefficients related to realized tax collections from state i .

The specific structure of the tax revenue sharing agreement in Mexico begs for the following question: Is the tax revenue sharing structure in Mexico optimal? Which are the main advantages and shortcomings from the current system? More importantly, how can we identify socially beneficial reforms to the current system of tax revenue sharing? In this paper we seek to provide answers to these questions. To do so, we develop a model of optimal tax revenue sharing. The purpose of this paper is to develop an in-depth analysis of the welfare calculus involved in designing a tax revenue sharing policy. Our model let us to develop a comparative analysis between socially optimal policies

³ Originally, the law of fiscal coordination also considers a tax on new motor vehicles and fees applied to owners of mining concessions for the activities of exploration or exploitation.

⁴ For more specific details see the document http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/31_300118.pdf

⁵ We thank an anonymous referee for clarifying that equation (1) corresponds to a particular formula of the general participation fund, which is only one of several funds in “Ramo 28”. Other participation funds have their own formulas.

and current policies implemented in the case of Mexico. Our purpose is to identify profitable avenues for fiscal policy reform to the current system of tax revenue sharing.

To do so, our paper characterizes the optimal structure of a tax revenue sharing by using some specific characteristics observed in the Mexican economy such as the tax structure. Hence our model provides specific formulas for the optimal level of taxation in the economy and we provide a new formula for the distribution of intergovernmental transfers known as participations. More importantly, our analysis provides several insights for possible fiscal policy reforms to the tax revenue sharing agreement in place in Mexico. In particular, our analysis prescribes the following insights: *first*, the formula of participations should include the regional distribution of inefficiency costs from taxation. Currently, the formula of participations does not consider any type of costs of taxation. However, including the inefficiency costs of taxation represents an important innovation for policy reform because one of the main sources of income in the tax revenue accord is derived from taxation which inevitably causes deadweight (or inefficiency) costs. Ignoring the inefficiency costs of taxes is likely to lead to suboptimal levels of taxation, tax revenue and ultimately participations.

Second, the formula for participations should include some elements of equalization transfers to improve the capacity of local governments to finance goods and services not currently considered under the law (specially in low income localities in which local governments might not be able to generate their own resources to finance such essential goods and services). *Third*, the formula for participations in each locality should incorporate indicators of the opportunity costs of allocating an extra \$1 in the locality. In other words, the formula does not consider the marginal benefits of local spending associated with changing the size of the participation in the locality. This is an important shortcoming of the current system because the ultimate rationale of collecting taxes is to finance important goods and services provided by governments at the local level. The lack of indicators of marginal benefits of local public spending in the formula of participations is likely to lead to a suboptimal allocation of tax revenue in the economy.

The rest of the paper is structured as follows: section two includes a brief literature review. Section three considers the theoretical model in which we provide specific formulas for the optimal level of tax rates and the optimal level of participations for each subnational government. Section four includes a discussion of the implications of fiscal policy design of this paper. Section five concludes.

2. Literature Review

The literature of fiscal federalism has identified that one of the main advantages of a tax revenue sharing accord is that such policy helps to reduce problems associated with the misallocations of resources that result from uncoordinated tax and spending policies from different tiers of government. For instance, Keen (1998), Wilson (1999), and Devereux et al (2007) point out that each tier of government can design different tax and spending policies that could lead to vertical and horizontal tax externalities. Uncoordinated tax policies produce horizontal tax externalities when subnational governments do not recognize that their policies affect the tax base of neighborhood localities. In this case, subnational governments overestimate the marginal cost of public funds leading to sub-optimal levels of local taxation and spending (see Wilson, 1999).

In the event of vertical fiscal externalities, the central and subnational governments do not consider how their tax policies affect the tax bases of other tiers of government. Johnson (1988) and Boadway and Keen (1996) show that, in this case, all levels of government underestimate the marginal costs of public funds associated with raising tax revenue leading to too high taxation and spending. Since vertical and horizontal tax externalities arise because of differentiated and uncoordinated tax policies between different tiers of government, a tax revenue sharing accord could solve this problem by setting a unique set of uniform taxes applied across different regions of the economy.

However, a tax revenue sharing agreement also leads to more fiscal centralization which might reduce the nationwide welfare by setting uniform tax policies that might not recognize the regional heterogeneity of preferences (see Oates 1972). If the regional heterogeneity of preferences is high, it could be best to maintain fiscal decentralization (see Martinez-Vazquez et al 2015). Hankla et al (2019) show that policy coordination among different tiers of government can be reached not through a tax revenue agreement but by the right political incentives created in the electoral system of the economy. In this case, subnational governments maintain some autonomy in policy making but the cost of uncoordinated policies is mitigated.

For the particular case of the analysis of intergovernmental transfers in Mexico. Ponce and Ponce (2018) provide some estimates for the share of intergovernmental transfers. Their analysis is different to ours here since they analyze participations and contributions (which are discretionary transfer with specific purposes) while one of the purposes of this paper is to develop an analysis of the specific formula determining the transfers associated with the law of fiscal coordination currently in place in Mexico. In a different line of research, Broid and Timmons (2013) and Abbott et al (2015) develop an empirical analysis to study whether there is partisan effect in the allocation of intergovernmental transfers in Mexico. They find that the identity of the party in power matters to determine the size of intergovernmental transfers. Diaz-Cayeros, Magaloni and Weingast (2005) find that the allocation of federal transfers is consistent with short term electoral goals at the expense of providing public goods. All of these important papers are interested in the political economy of intergovernmental transfers in Mexico while our analysis is normative and interested in providing insights for policy reform.

In particular, our analysis seeks to develop a theoretical model that incorporates important stylized facts from the current tax revenue sharing agreement (such as the dependence of tax and the specific form of taxation included in the law of fiscal coordination) and to provide insights about the relevant social benefits and costs associated with taxation in the context of tax revenue sharing. Another important distinction of our analysis with recent literature, is that we provide socially optimal formulas for determining the size of participations for each subnational government. By so doing, in this paper we include an in-depth analysis of tradeoffs in policy design. In addition, we compare the policy that is currently in place with our analysis of optimal tax revenue sharing agreement for our economy and offer suggestions for policy reform. Finally, it is not less important to emphasize that, due to the need to make our analysis tractable, we did not include all relevant aspects of a tax revenue sharing system. From our analysis, it is absent the possibility of tax evasion and tax administration in the context of an economy with multi tiers levels of government. These two

issues are of great importance for the practice of fiscal policy in modern economies and, because of issues of space here, will be studied in future research.

3. The Model of Optimal Tax Revenue Sharing

In this section we develop a theory of an optimal tax revenue sharing system in which the federal government establishes a uniform tax, collects revenue and determines the formula for participation (or federal transfers) to all localities in the economy. In this economy there are several tiers of government. The fiscal structure is constituted by a federal government and sub-national governments for localities $i = 1, 2, \dots, I$. In each locality, there is a representative family with preferences given by $\mu_i = \mu_i(x_i, g_i) = (1 - \beta_i)\ln(x_i) + \beta_i\ln(g_i)$ where x_i and g_i are, correspondingly, private and public goods consumed by the representative household of locality i and $\beta_i > 0$ is a constant reflecting the intensity of preferences of the household for the local public good in locality i . We consider a Cobb-Douglas utility function because this function is widely used in the literature and it helps to compare our results with other works of related interest in the analysis of fiscal federalism. In addition, this utility function is considered for mathematical simplicity

In each locality there are n_i residents each of them with preferences given by μ_i . The budget constraint of the representative household is given by $x_i(1 + \tau) = y_i + T_i$ where y_i is the household's own income and T_i is an exogenous transfer received by the representative household while τ is a consumption tax. In this economy, the subnational distribution of income is not only determined by the localities' own resources but by the distribution of exogenous transfers (such as welfare programs of the government or private transfers such as remittances) in each locality. These transfers can affect the welfare calculus of policy makers about the optimal structure of taxation and intergovernmental transfers.

In this economy, there is a tax revenue sharing agreement between the federal and subnational governments in all localities. Under this accord, the federal government sets a uniform commodity tax to collect tax revenue from all localities. To develop our model, and to simplify the analysis, we consider only a sales tax. However, it is important to emphasize that a general sales tax is equivalent to a general income tax and therefore our analysis is also equivalent to the case in which we consider a broad income tax.⁶ With the collected tax revenue, the federal government designs a rule for participation of this revenue to all localities. Hence the federal government transfers a participation of the tax revenue collected to each locality given by P_i for $i = 1, 2, \dots, I$. The indirect preferences of the representative household in locality i are given by v_i :⁷

$$v_i = \text{Max} \left\{ \begin{array}{l} \mu_i(x_i, g_i) = (1 - \beta_i)\ln(x_i) + \beta_i\ln(g_i) \\ \text{s. t:} \\ x_i(1 + \tau) = y_i + T_i \end{array} \right\} \quad (2)$$

⁶To see this, note that in equation (2) we could replace the commodity tax τ for an income tax given by $t = 1 - \frac{1}{(1+\tau)}$. In this way the budget constraint of the household would look in the following way: $x_i = (y_i + T_i)(1 - t)$

⁷ Because policy instruments are taxes and transfers the indirect utility function is useful for the analysis that follows. In addition, recall that, by definition, the operator "Max" in equation 2 says that the indirect utility is the maximum value that the direct utility can achieve for different values of income and prices.

Equation (2) shows that the indirect utility of the representative household in locality i , $v_i = v_i(y_i, T_i, \tau, g_i)$ depends positively on the household's own income y_i , exogenous transfers T_i and local government spending g_i in the locality. The welfare of the household also depends negatively on the federal consumption tax τ .

The problem of policy design for subnational governments is to administer the transfers received from the federal government that are determined by the tax revenue agreement between the federal government and subnational governments. The subnational government in locality i seeks to provide a local public good, g_i , that is financed by the federal transfer or *participation* P_i to maximize the social welfare of residents of locality i given by $\Psi_i = n_i v_i(y_i, T_i, \tau, g_i)$. For our analysis, it is convenient to state the social welfare of residents of locality i as follows:

$$\Psi_i = n_i v_i(y_i, T_i, \tau, g_i) \quad \text{subject to: } P_i = g_i \quad \forall i = 1, 2 \quad (3)$$

Note that by using the budget constraint of the subnational government, the indirect utility function of the representative household can be written as follows $v_i(y_i, T_i, \tau, P_i)$ and therefore the social welfare function of the subnational government in that locality is $\Psi_i = n_i v_i(y_i, T_i, \tau, P_i)$ for $i = 1, 2$.

The problem of policy design of the federal government is to set an optimal tax rate τ^* to collect tax revenue from all localities and then share the corresponding tax revenue through a set of transfers to all localities defined by *participations* P_i^* for $i = 1, 2, \dots, I$. These policy tools, τ^* , $P_1^*, P_2^*, \dots, P_I^*$ are chosen to maximize the nationwide social welfare of all residents in this economy denoted by $\Psi_f = \omega_1 \Psi_1 + \omega_2 \Psi_2 + \dots + \omega_I \Psi_I$ which is the weighted sum of the aggregate welfare of residents in all localities where Ψ_i for $i = 1, 2, \dots, I$ is the aggregate welfare of all residents in locality i and ω_i is a positive constant that reflect the social weight or importance of residents of locality i in the social welfare function of the policy maker at the federal government.

The budget constraint of the federal government is given by $P_1 + P_2 + \dots + P_I = \tau \sum_{i=1}^I n_i x_i^*$ where the expression $\tau \sum_{i=1}^I n_i x_i^*$ corresponds to the nationwide tax revenue collected by the federal government and $P_1 + P_2 + \dots + P_I$ corresponds to the aggregate outlays of the federal government that provides fiscal resources for subnational governments to exercise local public spending.⁸ Therefore, the problem of policy design for the federal government is:

$$\text{Max}_{\{\tau^*, P_1^*, \dots, P_I^*\}} \Psi_f = \sum_{i=1}^I \omega_i \Psi_i = \sum_{i=1}^I \omega_i n_i v_i(y_i, T_i, \tau, P_i) \quad (4)$$

$$\text{s. t: } \sum_{i=1}^I P_i = \tau \sum_{i=1}^I n_i x_i^* \quad (5)$$

To solve the problem, we state the following Lagrangian

⁸ In the budget constraint of the federal government the tax is applied over the Marshallian demand function of the representative household x_i^* , in other words, $x_i^* \in \text{argmax } \mu_i(x_i, g_i) = (1 - \beta_i) \ln(x_i) + \beta_i \ln(g_i)$ subject to $x_i(1 + \tau) = y_i + T_i$. The reason to use the Marshallian demand in the budget constraint of the federal government is that the commodity tax is applied over the realized purchases of households.

$$\delta = \sum_{i=1}^I \omega_i n_i v_i(y_i, T_i, \tau, P_i) + \lambda \left(\tau \sum_{i=1}^I n_i x_i^* - \sum_{i=1}^I P_i \right) \quad (6)$$

Where λ is a Lagrange multiplier. The first order conditions of this policy problem are:

$$\frac{\partial \delta}{\partial \tau} = \sum_{i=1}^I \omega_i n_i \frac{\partial v_i(y_i, T_i, \tau, P_i)}{\partial \tau} + \lambda^* \left(\sum_{i=1}^I n_i x_i^* + \tau^* \sum_{i=1}^I n_i \frac{\partial x_i^*}{\partial \tau} \right) = 0 \quad (7)$$

For the optimal distribution of participations $P_1^*, P_2^*, \dots, P_I^*$, it is satisfied:

$$\frac{\partial \delta}{\partial P_i} = \omega_i n_i \frac{\partial v_i(y_i, T_i, \tau, P_i)}{\partial P_i} - \lambda^* = 0 \quad \text{for } i = 1, 2, \dots, I \quad (8)$$

And

$$\frac{\partial \delta}{\partial \lambda} = \tau^* \sum_{i=1}^I n_i x_i^* - \sum_{i=1}^I P_i^* = 0 \quad (9)$$

The first order condition in (7) imply that the optimal tax rate τ^* must satisfy the following welfare calculus: an increase in the optimal tax rate τ^* brings a positive marginal tax revenue collection given by $\sum_{i=1}^I n_i x_i^* + \tau^* \sum_{i=1}^I n_i \frac{\partial x_i^*}{\partial \tau}$ which at the optimum must be equal to the social marginal welfare cost of raising revenue from taxation. This nationwide welfare cost can be expressed as follows $-\frac{1}{\lambda^*} \sum_{i=1}^I \omega_i n_i \frac{\partial v_i(y_i, T_i, \tau, P_i)}{\partial \tau}$. The first order condition in (8) says that the optimal allocation of transfers for each locality must be equalized, that is the government cannot increase the welfare of the economy by reallocating money across localities. This condition is equivalent to:

$$\omega_1 n_1 \frac{\partial v_1(y_1, T_1, \tau, P_1)}{\partial P_1} = \omega_2 n_2 \frac{\partial v_2(y_2, T_2, \tau, P_2)}{\partial P_2} = \dots = \omega_I n_I \frac{\partial v_I(y_I, T_I, \tau, P_I)}{\partial P_I} \quad (10)$$

And finally, the first order condition (9) says that the government cannot waste resources by not allocating all of its tax revenue across all localities.

In what follows, proposition 1 characterizes the optimal commodity tax rate $\frac{\tau^*}{1+\tau^*}$ to be applied by the federal government.

Proposition 1. *The optimal commodity tax rate $\frac{\tau^*}{1+\tau^*}$ is given by:*

$$\left(\frac{\tau^*}{1 + \tau^*} \right) = \frac{1 - \frac{\sum_{i=1}^I \omega_i \alpha_i S_i}{\lambda^*}}{\xi_A} \quad (11)$$

Where α_i is the marginal utility of income of household in locality i and λ^* is the social marginal welfare of transferring resources through participations to locality i :

$$\lambda^* = \frac{\omega_i n_i \beta_i}{P_i^*} \quad \text{for } i = 1, 2, \dots, I \quad (12)$$

Moreover, s_i is the share of the tax base of locality i in relation to the nationwide tax base which is equivalent to the ratio of full income in locality i , $y_i + T_i$, in relation to the economy's full income $\sum_{i=1}^I n_i (y_i + T_i)$. That is,

$$s_i = \frac{n_i x_i^*}{\sum_{i=1}^I n_i x_i^*} = \frac{n_i (y_i + T_i)}{\sum_{i=1}^I n_i (y_i + T_i)} \quad \text{for } i = 1, 2, \dots, I \quad (13)$$

In addition, we define $\xi_i > 0$ as the elasticity of private consumption of locality i with respect to commodity tax:

$$\xi_i = -\frac{\partial x_i^*}{\partial \tau} \frac{1 + \tau^*}{x_i^*} > 0 \quad \text{for } i = 1, 2, \dots, I \quad (14)$$

And the nationwide aggregate elasticity of consumption with respect to commodity tax, ξ_A , is a weighted average from elasticities in all localities while the weighting factor is $s_i \in [0, 1]$. Hence ξ_A satisfies

$$\xi_A = \sum_{i=1}^I \xi_i s_i > 0 \quad (15)$$

Proof.

See the appendix

Proposition 1, says that the optimal tax rate $\frac{\tau^*}{1+\tau^*}$ depends negatively on the welfare costs of taxation given by $\sum_{i=1}^I \omega_i \alpha_i s_i$. The society's welfare falls as the commodity tax rate increases because the price of the private good increases which leads to a fall in private consumption and welfare. The optimal tax rate $\frac{\tau^*}{1+\tau^*}$ also depends positively from the social marginal utility of transferring resources to localities $i = 1, 2, \dots, I$ that is λ^* , and negatively from the deadweight (or inefficiency) costs of taxation caused by the distortion of relative prices in the economy. The higher is the weighted aggregate elasticity of private consumption with respect to commodity tax, ξ_A , the higher the deadweight costs from taxation and the lower should be the tax rate at equilibrium.

In what follows, proposition 2 characterizes the optimal distribution of *participations* or federal transfers to subnational governments in localities $i = 1, 2, \dots, I$ while we leave the formal proof for the interested reader to the appendix. In addition, propositions 3 explains the main determinants of the formula that determines tax revenue into federal transfers to subnational governments in all

localities. After the characterization of proposition 3, we explain intuitively the main determinants of participations in our economy.

Proposition 2. *The optimal distribution of tax revenue in locality i , P_i^* for $i = 1, 2, \dots, I$, is given by:*

$$P_i^* = \frac{\left(\frac{1}{\xi_A}\right) \sum_{i=1}^I n_i (y_i + T_i)}{\left(\frac{1}{\psi_i} + \frac{1}{\xi_A} \left(\frac{\sum_{i=1}^I \omega_i \alpha_i n_i (y_i + T_i)}{\omega_i n_i \beta_i}\right)\right)} \quad \text{for } i = 1, 2, \dots, I \quad (16)$$

Where ψ_i is the relative social importance (or relative social marginal utility) of locality i in the economy.

$$\psi_i = \frac{\omega_i n_i \beta_i}{\sum_{i=1}^I \omega_i n_i \beta_i} \quad \text{for } i = 1, 2, \dots, I \quad (17)$$

Proof

See the appendix.

Proposition 3. *The optimal size of the federal transfer through the tax revenue sharing agreement to subnational government i , $P_i^* \forall i = 1, 2, \dots, I$, depends*

- 3.i) *Positively on full income of locality i if the size of population in locality i is sufficiently large.*
- 3.ii) *In an ambiguous way from increases in the inefficiency costs of taxation measured through the elasticity of consumption with respect to commodity tax ξ_A . That is, $dP_i^*/d\xi_A \gtrless 0$.*
- 3.iii) *In an ambiguous way from increases in the population of locality i n_i . That is, $dP_i^*/dn_i \gtrless 0$.*
- 3.iv) *Positively from the relative social importance (or relative social marginal utility) of locality i , ψ_i in the economy.*

Proof.

See the appendix.

Proposition 3 says that the main determinants of federal *participations* to subnational governments are the per capita full income from the locality, $y_i + T_i$, the inefficiency costs of taxation measured through the elasticity of consumption with respect to commodity tax ξ_A , the population in each locality, and the relative social marginal utility of residents in each locality ψ_i . This last concept reflects the fact that policy makers might have preferences for the welfare of residents in different localities. This preference means that the social marginal utility of residents of certain locality could have a high weight in the social welfare function of the policy maker in the federal government.

In fact, the relative social marginal utility of residents of certain locality might be related with concerns of inter-regional equity. Policy makers might care about the regional inequality of income because the income of certain localities in the economy can be sufficiently low such that the local government does not have enough resources to provide basic public services such as health care, education, spending in infrastructure and anti-poverty programs. If the relative social marginal utility of this type of households is high in the social welfare function, the policy maker reveals that

the social marginal benefit of transferring an extra \$1 to that locality is high as well. As a result, the federal government will provide a high transfer to that locality to reduce the inter-regional inequality in the capacity of the local government in providing essential government services.

Proposition 3 also says that:

- i. An increase in the full percapita income in a locality, $y_i + T_i$, increases the capacity of the central government to collect tax revenue and increases the size of transfers in all localities.
- ii. An Increase in the deadweight costs of taxation leads to a fall of transfers in all localities. Higher deadweight costs increase the welfare costs of taxation which tends to reduce the optimal tax rate $\frac{\tau^*}{1+\tau^*}$ at the equilibrium and consequently reduces the size of transfers of all localities. However, an increase of the deadweight costs of taxation also changes the social marginal utility of participations. This effect tends to increase the size of optimal participations. Hence the net effect is ambiguous, that is to say, $dP_i^*/d\xi_A \geq 0$.
- iii. An increase in the population of locality i has an ambiguous effect on transfers in all localities. Increases in population lead to three different effects on P_i^* that are in conflict:
 - First, an increase in the population of locality i increases the economy's full income (the size of the tax base) and the government's tax revenue. This effect tends to increase P_i^* .
 - Second, an increase in the population of locality i increases the social marginal benefit of transferring \$1 through an intergovernmental transfer to locality i . This effect also tends to increase P_i^* .
 - The third effect is that the welfare costs of taxation are a positive function of population of locality i .⁹ Hence, the higher the population in locality i the higher the welfare costs from taxation and the lower should be the optimal transfer P_i^* .

If the first and second effects of a positive change in population in locality i dominate the third effect then an increase in population should increase P_i^* , conversely (if the third effect dominates the first and second effects described above) then P_i^* should decrease.

- iv. An increase in the relative social marginal utility of residents in locality i leads to a higher social marginal benefit of transferring an extra \$1 to that locality. Therefore P_i^* should be higher at the equilibrium.

In what follows, corollary 4 presents a result that is relevant to compare with the current policy in place for the tax revenue sharing agreement used in Mexico.

Corollary 4. *The optimal formula for the allocation of participations P_i^* for $i = 1, 2, \dots, I$, can be stated as follows:*

⁹ Recall that the welfare costs of taxation are associated with lower utility levels of residents of locality i due to the fact that taxes take away income from households.

$$P_i^* = \sigma_i \sum_{i=1}^I n_i (y_i + T_i) \quad \forall i = 1,2 \quad (18)$$

Where

$$\sigma_i = \frac{\Phi_i}{\xi_A} > 0 \quad \text{for } i = 1,2, \dots, I \quad (19)$$

And

$$\Phi_i = \frac{1}{\frac{1}{\psi_i} + \frac{1}{\xi_A} \left(\frac{\sum_{i=1}^I \omega_i \alpha_i n_i (y_i + T_i)}{\omega_i n_i \beta_i} \right)} > 0 \quad \text{for } i = 1,2, \dots, I \quad (20)$$

Corollary 4 shows that a nonlinear relationship between participations in any given locality i to changes in the percapita full income, population, and the deadweight costs from taxation in locality i , could be socially optimal. Corollary 4 shows that the marginal effect on participations in locality i due to increases in full income in locality i , $y_i + T_i$ is positive but marginally decreasing. It is also relevant to point out that the marginal effect of full income in locality i , $y_i + T_i$ on P_i^* is not equivalent to σ_i . The exact relationship between changes in full income in locality i , $y_i + T_i$, is more complicated and it is demonstrated in proposition 3 (see the appendix).

4. Policy Implications

The specific structure of the tax revenue sharing agreement in Mexico begs the following questions: Is the tax revenue sharing structure in Mexico optimal? Which are the main advantages and shortcomings from the current system? And more importantly: How can we identify guidelines for beneficial policy reforms to the current tax revenue sharing agreement? As we mentioned before, a tax revenue sharing system brings advantages (such as solving problems of horizontal and vertical tax externalities) and disadvantages (such as the increase of fiscal centralization in the economy and the welfare loss in the society associated with less diversity of tax and spending policies at local governments). In addition, it is important to discuss specific issues related with the current policy of tax revenue sharing in Mexico.

In particular, from the current formulas of distribution of intergovernmental transfers in Mexico (such as the one shown in condition 1), it is important to emphasize the following: *first*, the formula does not consider inefficiency costs from taxation as a main determinant of intergovernmental transfers. However, this could be an important element of fiscal policy design because one of the main sources of public revenue of this fund is derived from taxation which inevitably causes deadweight (or inefficiency) costs. Ignoring inefficiency costs from taxation is likely to lead to suboptimal tax policies and a suboptimal tax revenue sharing system.

Second, inter-regional equity considerations are absent in the current formula for participations. However, the literature in fiscal federalism has emphasized that one advantage of a fiscally centralized instrument, such as the tax revenue sharing accord in Mexico, is the establishment

of equalization transfers. In practice, policy makers might care about the regional inequality of income because subnational governments in low income localities might not have enough resources to provide basic public services such as health care, education, spending in infrastructure and anti-poverty programs. A system of equalization transfers can improve the inequality in the regional distribution of welfare by instituting transfers from rich to poor localities that improve the capacities of local governments with low income to provide fundamental goods and services.

Third, there are no considerations for the opportunity costs of intergovernmental transfers in the formula of participations. That is, the formula of participations does not consider the relative marginal benefit from allocating an additional \$1 to locality i at the expense of allocating that transfer to some other locality. Hence, the formula of participations does not consider the marginal benefits of local spending associated with changing the size of intergovernmental transfers in each locality. Ignoring the benefits of spending financed by participations in localities is also likely to lead to suboptimal decisions which might reduce significantly the overall efficiency of a tax revenue sharing program. This, could be a significant shortcoming of the current system in Mexico.

Fourth, non-linear incentives from the localities' domestic product are excluded in the formula (that is to say, the formula of participations is linear). What this means is that marginal changes in participations in each locality due to changes in local GDP and tax effort are constant.

Our analysis of optimal tax revenue sharing systems can provide interesting avenues for policy reform. In particular, our analysis suggests the following insights:

- I) *Incorporate the inefficiency Costs of Taxation in The Formula for Participations* The formula of participations should also include the regional distribution of inefficiency costs from taxation. In practice, these inefficiency costs can be incorporated by estimating the elasticity of consumption in each locality with respect to sales tax (or if it is the case in which the fund of tax revenue sharing is primarily determined by the income tax, then use the elasticity of the supply of labor with respect to wages).
- II) *Incorporate Indicators of Regional Equity in The Formula for Participations.* The formula should include some elements of equalization transfers to improve the capacity of local governments to finance essential goods and services such as education, health services and anti-poverty programs. In practice, the formula would incorporate the objective of equalization transfers by designing an indicator of relative social importance (or relative social marginal utility) of locality i in the society. In our model, the parameter ψ_i is the relative social marginal utility of locality i and this parameter could be inversely proportional to the relative income of locality i in relation to the nationwide economy. By so doing, localities with lower than average income in the economy would receive higher than average transfers relative the transfers received in a formula that ignores the regional inequality in the distribution of income.
- III) *Incorporate the Opportunity Cost of Allocating an Extra \$1 in some given Locality in The Formula for Participations.* The tax revenue sharing accord should incorporate the social marginal benefits of local spending, that is to say, how allocating an extra \$1 in some locality is beneficial not only to that locality but also to the society. Our analysis in this paper in

proposition 2 says that the optimal size of participations requires that the social marginal utility of allocating an extra \$1 through the formula of participations must be the same across localities. What this means is that the nationwide social welfare in the economy can not improve by reallocating participations from some locality at the expense of other locality. In practice, one way to incorporate the opportunity costs of allocating \$1 through the formula of participations is considering the regional heterogeneity of preferences of households for goods and services provided by the local government. In practice, the heterogeneity of preferences of households for public spending in localities can be estimated by considering the social-demographic characteristics of residents in each locality such as gender, median or average age, density of population, etc.

5. Conclusions

of the most distinctive characteristics of fiscal federalism in Mexico is its tax revenue sharing accord (the law of fiscal coordination) in which the federal government collects tax revenue from nationwide uniform tax rates in sales, income and other taxes that are distributed to subnational governments through a formula of intergovernmental transfers called participations ("*participaciones*"). These participations finance important goods and services provided by local governments. The formula of participations used in Mexico uses local gross domestic product and tax effort to determine the size of participations to be distributed to each state. The specific structure of the formula for participations begs for the following question: Is the tax revenue sharing system used in Mexico optimal? Which are the main advantages and shortcomings from the current system? And more importantly: How can we identify guidelines for beneficial policy reforms to the current tax revenue sharing accord?

In this paper we provide answers to these questions by developing a theoretical analysis that provide insights about the characteristics of an optimal tax revenue sharing system. Our analysis contributes to the literature by making a comparison between the current structure of the tax revenue sharing accord used in Mexico and our own analysis of an optimal tax revenue sharing system. Our analysis provides insights about feasible policy reforms to the current law of fiscal coordination: *first*, the tax revenue sharing accord should incorporate the inefficiency costs of taxation in the formula for participations. *Second*, the efficacy of the tax revenue sharing system in Mexico could improve if we incorporate indicators of regional equity in the formula for participations. *Third*, the formula of participations should incorporate the social marginal benefits of allocating resources to finance local public spending. A reform in this direction would link more closely the local costs of taxation with the local benefits of spending, improving this way, the net efficiency of the tax revenue sharing accord.

Some topics for future research on tax revenue sharing could be the effect of local public goods with regional spillovers and inter-state migration. Of interest for public policy design would be an analysis of the relative merits of direct transfers from the central governments to state and local governments compared with transfers from the central government to state governments which in turn make transfers to local governments. Another avenue of interest for future research could be to include a dynamic model to understand the role of non tax revenue such as income from oil.

References

- [1] Abbott, A., Cabral, R., Jones, P., & Palacios, R. (2015). Political pressure and procyclical expenditure: An analysis of the expenditures of state governments in Mexico. *European Journal of Political Economy*, 37, 195–206. <https://doi.org/10.1016/j.ejpoleco.2014.12.001>
- [2] Boadway, R., and Keen, M. (1996). Efficiency and the optimal direction for federal-state transfers". *International Tax and Public Finance*, 3(2): 137-155. <https://doi.org/10.1920/wp.ifs.1996.9601>
- [3] Broid, D. and J.F. Timmons, (2013). The political economy of municipal transfers: evidence from Mexico. *Publius: The Journal of Federalism* 43, Issue 4: 551–579, <https://doi.org/10.1093/publius/pjt007>
- [4] Devereux M.P., Lockwood, B., Redoano, M. (2007). Horizontal and vertical indirect tax competition: Theory and some evidence from the USA". *Journal of Public Economics*, 91, (3-4): 451-479. <https://doi.org/10.1016/j.jpubeco.2006.07.005>
- [5] Diaz-Cayeros, A., B. Magaloni, and B. Weingast. (2005). Tragic brilliance: equilibrium party hegemony in Mexico. Working Paper, Stanford University. <https://doi.org/10.2139/ssrn.1153510>
- [6] Hankla, C. Martínez-Vazquez J. and R.A Ponce-Rodríguez, (2019). Local accountability and national coordination in fiscal federalism: a fine balance, Edward and Elgard Publishing, United Kingdom. <https://doi.org/10.4337/9781788972178>
- [7] Johnson, W. R. (1988). Income redistribution in a federal system, *American Economic Review*, 78(3): 570-573. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-781820-7.50011-x>
- [8] Keen, M. (1998). Vertical tax externalities in the theory of fiscal federalism. *IMF Staff Papers*, 45,(3): 454-485. <https://doi.org/10.5089/9781451977318.001>
- [9] Martinez-Vazquez, J., Lago-Peñas, S. and Sacchi, A. (2017). The impact of fiscal decentralization: a survey. *Journal of Economic Surveys*, 31: 1095-1129. <https://doi.org/10.1111/joes.12182>
- [10] Oates, Wallace E. 1972. *Fiscal Federalism*. New York: Harcourt, Brace, Jovanovich. <https://doi.org/10.2307/1959998>
- [11] Ponce-Rodríguez, R.A and B.A. Ponce-Rodríguez (2019), Social Weights and the Regional Allocation of Inter-Governmental Transfers. *Revista Mexicana de Economía y Finanzas*, Vol. 14, Num 4, 745-767. <https://doi.org/10.21919/remef.v14i4.389>
- [12] Wilson, J.D. (1999). Theories of tax competition. *National Tax Journal* 52(2), 269-304. <https://doi.org/10.1086/ntj41789394>

Appendix

Proof of Proposition 1

From the first order conditions it is satisfied:

$$\frac{\partial \delta}{\partial \tau} = \sum_{i=1}^I \omega_i n_i \frac{\partial v_i(y_i, T_i, \tau, P_i)}{\partial \tau} + \lambda^* \left(\sum_{i=1}^I n_i x_i^* + \tau^* \sum_{i=1}^I n_i \frac{\partial x_i^*}{\partial \tau} \right) = 0 \quad (A.1)$$

Which is equivalent to:

$$\frac{\partial \delta}{\partial \tau} = - \sum_{i=1}^I \omega_i \alpha_i n_i x_i^* + \lambda^* \left(\sum_{i=1}^I n_i x_i^* + \tau^* \sum_{i=1}^I n_i \frac{\partial x_i^*}{\partial \tau} \right) = 0 \quad (A.2)$$

Equivalent to:

$$-\frac{\sum_{i=1}^I \omega_i \alpha_i n_i x_i^*}{\lambda^* \sum_{i=1}^I n_i x_i^*} + 1 + \left(\frac{\tau^*}{1 + \tau^*} \right) \sum_{i=1}^I \left(\frac{\partial x_i^*}{\partial \tau} \frac{1 + \tau^*}{x_i^*} \right) \frac{n_i x_i^*}{\sum_{i=1}^I n_i x_i^*} = 0 \quad (A.3)$$

Define s_i as the share of consumption on the private good in locality i in relation to the aggregate consumption in the economy

$$s_i = \frac{n_i x_i^*}{\sum_{i=1}^I n_i x_i^*} \quad \forall i = 1, 2, \dots, I \quad (A.4)$$

And we define the elasticity of private consumption of locality i and the commodity tax is:

$$\xi_i = - \frac{\partial x_i^*}{\partial \tau} \frac{1 + \tau^*}{x_i^*} > 0 \quad \forall i = 1, 2, \dots, I \quad (A.5)$$

And the nationwide aggregate elasticity of consumption and tax ξ_A is a weighted average from elasticities in all localities while the weighting factor is $s_i \in [0,1]$. Hence

$$\xi_A = \sum_{i=1}^I \xi_i s_i > 0 \quad (A.6)$$

Use the last equations into the first order conditions in (A.3) to prove that

$$-\frac{\sum_{i=1}^I \omega_i \alpha_i s_i}{\lambda^*} + 1 - \left(\frac{\tau^*}{1 + \tau^*} \right) \xi_A = 0 \quad (A.7)$$

Therefore, the optimal tax rate $\frac{\tau^*}{1 + \tau^*}$ is given by:

$$\left(\frac{\tau^*}{1 + \tau^*} \right) = \frac{1 - \frac{\sum_{i=1}^I \omega_i \alpha_i s_i}{\lambda^*}}{\xi_A} \quad (A.8)$$

Proof of Proposition 2.

From the budget constraint of the federal government

$$\sum_{i=1}^I P_i^* = \tau^* \sum_{i=1}^I n_i x_i^* \quad (A.9)$$

From the first order condition

$$\omega_1 n_1 \frac{\partial v_1(y_1, T_1, \tau, P_1)}{\partial P_1} = \omega_2 n_2 \frac{\partial v_2(y_2, T_2, \tau, P_2)}{\partial P_2} = \dots = \omega_I n_I \frac{\partial v_I(y_I, T_I, \tau, P_I)}{\partial P_I} \quad (A.10)$$

Implying

$$\frac{\omega_1 n_1 \beta_1}{P_1^*} = \frac{\omega_2 n_2 \beta_2}{P_2^*} = \dots = \frac{\omega_I n_I \beta_I}{P_I^*} \quad (A.11)$$

Therefore

$$P_2^* = \left(\frac{\omega_2 n_2 \beta_2}{\omega_1 n_1 \beta_1} \right) P_1^* ; P_3^* = \left(\frac{\omega_3 n_3 \beta_3}{\omega_1 n_1 \beta_1} \right) P_1^* ; \dots \dots P_I^* = \left(\frac{\omega_I n_I \beta_I}{\omega_1 n_1 \beta_1} \right) P_1^* \quad (A.12)$$

Use the former conditions into the budget constraint to show that

$$P_i^* \left(\frac{\sum_{i=1}^I \omega_i n_i \beta_i}{\omega_i n_i \beta_i} \right) = \tau^* \sum_{i=1}^I n_i x_i^* \quad \forall i = 1, 2, \dots, I \quad (A.13)$$

Define

$$\psi_i = \frac{\omega_i n_i \beta_i}{\sum_{i=1}^I \omega_i n_i \beta_i} \quad \forall i = 1, 2, \dots, I \quad (A.14)$$

Therefore, the budget constraint is given by:

$$P_i^* \left(\frac{1}{\psi_i} \right) = \tau^* \sum_{i=1}^I n_i x_i^* \quad (A.15)$$

Recall $x_i^* = \frac{y_i + T_i}{1 + \tau^*}$, therefore

$$P_i^* \left(\frac{1}{\psi_i} \right) = \left(\frac{\tau^*}{1 + \tau^*} \right) \sum_{i=1}^I n_i (y_i + T_i) \quad (A.16)$$

Hence, the budget constraint of the federal government is

$$P_i^* \left(\frac{1}{\psi_i} \right) = \left(\frac{\tau^*}{1 + \tau^*} \right) \sum_{i=1}^I n_i (y_i + T_i) \quad (A.17)$$

Recall that

$$\left(\frac{\tau^*}{1 + \tau^*} \right) = \frac{1 - \frac{\sum_{i=1}^I \omega_i \alpha_i S_i}{\lambda^*}}{\xi_A} \quad (A.18)$$

Therefore, the expression $\frac{\tau^*}{1 + \tau^*}$ is equivalent to:

$$P_i^* \left(\frac{1}{\psi_i} \right) = \left(\frac{1 - \frac{\sum_{i=1}^I \omega_i \alpha_i S_i}{\lambda^*}}{\xi_A} \right) \sum_{i=1}^I n_i (y_i + T_i) \quad (A.19)$$

Recall

$$\lambda^* = \frac{\omega_i n_i \beta_i}{P_i^*} \quad (A.20)$$

Therefore

$$P_i^* \left(\frac{1}{\psi_i} + \frac{1}{\xi_A} \left(\frac{\sum_{i=1}^I \omega_i \alpha_i S_i}{\omega_i n_i \beta_i} \right) \sum_{i=1}^I n_i (y_i + T_i) \right) = \frac{\sum_{i=1}^I n_i (y_i + T_i)}{\xi_A} \quad (A.21)$$

Hence

$$P_i^* \left(\frac{1}{\psi_i} + \left(\frac{\sum_{i=1}^I \omega_i \alpha_i S_i}{\omega_i n_i \beta_i \xi_A} \right) \sum_{i=1}^I n_i (y_i + T_i) \right) = \left(\frac{1}{\xi_A} \right) \sum_{i=1}^I n_i (y_i + T_i) \quad (A.22)$$

Use the fact that

$$s_i = \frac{n_i x_i^*}{\sum_{i=1}^I n_i x_i^*} = \frac{n_i (y_i + T_i)}{\sum_{i=1}^I n_i (y_i + T_i)} \quad \forall i = 1, 2, \dots, I \quad (A.23)$$

To reduce terms and express

$$P_i^* = \frac{\left(\frac{1}{\xi_A} \right) \sum_{i=1}^I n_i (y_i + T_i)}{\left(\frac{1}{\psi_i} + \frac{1}{\xi_A} \left(\frac{\sum_{i=1}^I \omega_i \alpha_i n_i (y_i + T_i)}{\omega_i n_i \beta_i} \right) \right)} \quad (A.24)$$

Proof of proposition 3.i.

To develop our analysis state the budget constraint of the federal government as follows

$$\sum_{i=1}^I P_i^* = \tau^* \sum_{i=1}^I n_i x_i^* \quad (A.25)$$

Following the mathematical analysis of proposition 2, (in other words, using the definition of P_i^*), we define the variable $Y_i^* = 0$ to develop our comparative static analysis as follows:

$$Y_i^* = P_i^* \left(\frac{1}{\psi_i} + \left(\frac{\sum_{i=1}^I \omega_i \alpha_i n_i (y_i + T_i)}{\omega_i n_i \beta_i \xi_A} \right) \right) - \left(\frac{1}{\xi_A} \right) \sum_{i=1}^I n_i (y_i + T_i) = 0 \quad (A.26)$$

Note that the function Y_i^* is an equilibrium condition that is a function of the following exogenous variables $\omega_i, \alpha_i, n_i, y_i + T_i, \xi_A$, and ψ_i . Hence, we can state Y_i^* as follows

$$Y_i^* = 0: Y_i^* = f(\omega_i, \alpha_i, n_i, y_i + T_i, \xi_A, \psi_i) \quad (A.27)$$

To prove statement 3.i) we obtain the total differential of Y_i^* to calculate:

$$\begin{aligned} \Delta Y_i^* &= \frac{\partial f(\omega_i, \alpha_i, n_i, y_i + T_i, \xi_A, \Omega, \psi_i)}{\partial P_i^*} dP_i^* \\ &+ \frac{\partial f(\omega_i, \alpha_i, n_i, y_i + T_i, \xi_A, \Omega, \psi_i)}{\partial (y_i + T_i)} d(y_i + T_i) \end{aligned} \quad (A.28)$$

Therefore, to show proposition (3.i), that is how changes in per capita full income in locality $i, y_i + T_i$, affect the size of transfers in locality i, P_i^* , we solve mathematically for $\frac{dP_i^*}{d(y_i + T_i)}$, therefore:

$$\frac{dP_i^*}{d(y_i + T_i)} = - \frac{\frac{\partial f(\omega_i, \alpha_i, n_i, y_i + T_i, \xi_A, \Omega, \psi_i)}{\partial (y_i + T_i)}}{\frac{\partial f(\omega_i, \alpha_i, n_i, y_i + T_i, \xi_A, \Omega, \psi_i)}{\partial P_i^*}} \quad (A.29)$$

Which is equivalent to:

$$\frac{dP_i^*}{d(y_i + T_i)} = \frac{\frac{1}{\xi_A} \left(n_i - \frac{\alpha_i P_i^*}{\beta_i} \right)}{\frac{1}{\psi_i} + \left(\frac{\sum_{i=1}^I \omega_i \alpha_i n_i (y_i + T_i)}{\omega_i n_i \beta_i \xi_A} \right)} \quad (A.30)$$

Note $\frac{1}{\psi_i} + \left(\frac{\sum_{i=1}^I \omega_i \alpha_i n_i (y_i + T_i)}{\omega_i n_i \beta_i \xi_A} \right) > 0$ and $\xi_A > 0$. Hence, if the size of population of locality i is large enough then

$$n_i > \frac{\alpha_i P_i^*}{\beta_i} \text{ which implies } \frac{dP_i^*}{d(y_i + T_i)} > 0 \quad (A.31)$$

Which proves that the optimal distribution of tax revenue in locality i , P_i^* for $i = 1, 2, \dots, I$ depends positively from per capita full income in locality i , $y_i + T_i$, but the relationship is decreasing as percapita full income increases. From (A.37) it is obvious that $\frac{d^2 P_i^*}{d^2(y_i + T_i)} < 0$.

Proof of Proposition 3ii.

From the optimal allocation of P_i^* for $i = 1, 2, \dots, I$ it can be shown that

$$\frac{dP_i^*}{d\xi_A} = - \frac{\frac{\partial f(\omega_i, \alpha_i, n_i, y_i + T_i, \xi_A, \Omega, \psi_i)}{\partial \xi_A}}{\frac{\partial f(\omega_i, \alpha_i, n_i, y_i + T_i, \xi_A, \Omega, \psi_i)}{\partial P_i^*}} \quad (A.32)$$

Recall

$$Y_i^* = P_i^* \left(\frac{1}{\psi_i} + \left(\frac{\sum_{i=1}^I \omega_i \alpha_i n_i (y_i + T_i)}{\omega_i n_i \beta_i \xi_A} \right) \right) - \left(\frac{1}{\xi_A} \right) \sum_{i=1}^I n_i (y_i + T_i) - \Omega = 0 \quad (A.33)$$

Therefore

$$\frac{dP_i^*}{d\xi_A} = \frac{\left(\frac{1}{\xi_A} \right)^2 \left(P_i^* \frac{\sum_{i=1}^I \omega_i \alpha_i n_i (y_i + T_i)}{\omega_i n_i \beta_i} - \sum_{i=1}^I n_i (y_i + T_i) \right)}{\frac{1}{\psi_i} + \left(\frac{\sum_{i=1}^I \omega_i \alpha_i n_i (y_i + T_i)}{\omega_i n_i \beta_i \xi_A} \right)} \quad (A.34)$$

Since $\frac{1}{\psi_i} + \left(\frac{\sum_{i=1}^I \omega_i \alpha_i n_i (y_i + T_i)}{\omega_i n_i \beta_i \xi_A} \right) > 0$ and $\left(\frac{1}{\xi_A} \right)^2 > 0$ then

$$P_i^* \frac{\sum_{i=1}^I \omega_i \alpha_i n_i (y_i + T_i)}{\omega_i n_i \beta_i} > \sum_{i=1}^I n_i (y_i + T_i) \Rightarrow \frac{dP_i^*}{d\xi_A} > 0 \quad (A.35)$$

Proof of Proposition 3.iii.

In this section, we seek to calculate $\frac{dP_i^*}{dn_i}$. From the optimal allocation of P_i^* for $i = 1, 2, \dots, I$, it can be shown that

$$\frac{dP_i^*}{dn_i} = - \frac{\frac{\partial f(\omega_i, \alpha_i, n_i, y_i + T_i, \xi_A, \Omega, \psi_i)}{\partial n_i}}{\frac{\partial f(\omega_i, \alpha_i, n_i, y_i + T_i, \xi_A, \Omega, \psi_i)}{\partial P_i^*}} \quad (A.36)$$

From(A.26), it is satisfied that

$$\begin{aligned} \frac{dP_i^*}{dn_i} = & \frac{-P_i^* \left(\frac{\alpha_i(y_i + T_i)}{n_i \beta_i \xi_A} \right) + P_i^* \frac{\sum_{i=1}^I \omega_i \alpha_i (y_i + T_i)}{\omega_i n_i \beta_i \xi_A} \left(\frac{1}{n_i} \right)}{\frac{1}{\psi_i} + \left(\frac{\sum_{i=1}^I \omega_i \alpha_i n_i (y_i + T_i)}{\omega_i n_i \beta_i \xi_A} \right)} \\ & + \frac{\left(\frac{1}{\xi_A} \right) \sum_{i=1}^I (y_i + T_i)}{\frac{1}{\psi_i} + \left(\frac{\sum_{i=1}^I \omega_i \alpha_i n_i (y_i + T_i)}{\omega_i n_i \beta_i \xi_A} \right)} \begin{matrix} > 0 \\ < 0 \end{matrix} \end{aligned} \quad (A.37)$$

Since

$$\frac{1}{\psi_i} + \left(\frac{\sum_{i=1}^I \omega_i \alpha_i n_i (y_i + T_i)}{\omega_i n_i \beta_i \xi_A} \right) > 0 \quad (A.38)$$

And

$$\left| \left(\frac{1}{\xi_A} \right) \sum_{i=1}^I (y_i + T_i) + P_i^* \frac{\sum_{i=1}^I \omega_i \alpha_i (y_i + T_i)}{\omega_i n_i \beta_i \xi_A} \left(\frac{1}{n_i} \right) \right| \begin{matrix} > \\ < \end{matrix} \left| P_i^* \left(\frac{\alpha_i (y_i + T_i)}{n_i \beta_i \xi_A} \right) \right| \quad (A.39)$$

Then

$$\frac{dP_i^*}{dn_i} \begin{matrix} > \\ < \end{matrix} 0 \quad (A.40)$$

Proof of Proposition 3.iv.

This proposition is proved by calculating $\frac{dP_i^*}{d\psi_i}$. As we have done before, consider the optimal allocation of P_i^* for $i = 1, 2, \dots, I$, it can be shown that

$$\frac{dP_i^*}{d\psi_i} = - \frac{\frac{\partial f(\omega_i, \alpha_i, n_i, y_i + T_i, \xi_A, \Omega, \psi_i)}{\partial \psi_i}}{\frac{\partial f(\omega_i, \alpha_i, n_i, y_i + T_i, \xi_A, \Omega, \psi_i)}{\partial P_i^*}} \quad (A.41)$$

Use (A.26) to show

$$\frac{dP_i^*}{d\psi_i} = \frac{\left(\frac{1}{\psi_i} \right)^2 P_i^*}{\frac{1}{\psi_i} + \left(\frac{\sum_{i=1}^I \omega_i \alpha_i n_i (y_i + T_i)}{\omega_i n_i \beta_i \xi_A} \right)} > 0 \quad (A.42)$$

Since $\frac{1}{\psi_i} + \left(\frac{\sum_{i=1}^I \omega_i \alpha_i n_i (y_i + T_i)}{\omega_i n_i \beta_i \xi_A} \right) > 0$, it follows that $\frac{dP_i^*}{d\psi_i} > 0$.

Los efectos del crédito bancario otorgado a la industria y al consumo en el crecimiento económico: evidencia de México, 1994-2017

David Salvador Cisneros Zepeda¹ - Universidad Autónoma de Sinaloa, México

Resumen

Este artículo analiza empíricamente la relación entre el crédito bancario otorgado a la industria y al consumo y el crecimiento económico en México, utilizando como método un análisis de regresión, para medir los efectos a largo plazo; además, se implementó una variable dicotómica, para observar la existencia de posibles cambios en la relación entre las variables con la ocurrencia de la crisis financiera del 2008. Se encontró que, a pesar de ser un país con un sistema financiero poco eficiente, existe una relación positiva con el crecimiento económico en el largo plazo; asimismo, la relación entre el PIB y el crédito bancario otorgado a la industria, denota un cambio tras la crisis financiera del 2008, donde el segundo dejó de tener efectos positivos sobre el crecimiento económico. Los obstáculos del estudio se deben a que las bases de datos sobre crédito bancario dejaron de actualizarse en INEGI. Sin duda, el papel de banca sobre el crecimiento aún es importante para México, y se debe pensar en mejores regulaciones sobre la implementación del crédito para la industria.

Clasificación JEL: E00, E44, E51, F41, F43, G20.

Palabras clave: Crédito Bancario, Industria, Crecimiento Económico, PIB, Consumo, Largo Plazo, Series de Tiempo.

The Effects of Bank Loans Granted to Industry and Consumption on Economic Growth: Evidence from Mexico, 1994-2017

Abstract

This article empirically analyzes the relationship between bank credit granted to industry and consumption and economic growth in Mexico, using regression analysis as a method to measure long-term effects; Furthermore, a dichotomous variable was implemented to observe the existence of possible changes in the relationship between the variables with the occurrence of the 2008 financial crisis. It was found that, despite being a country with an inefficient financial system, there is a positive relationship with long-term economic growth; Likewise, the relationship between GDP and bank credit granted to industry denotes a change after the financial crisis of 2008, where the latter stopped having positive effects on economic growth. The obstacles to the study are due to the fact that the databases on bank credit were no longer updated in INEGI. Undoubtedly, the role of banking on growth is still important for Mexico, and better regulations on the implementation of credit for the industry should be considered.

JEL Classification: E00, E44, E51, F41, F43, G20.

Keywords: Bank Loans, Industry, Economic Growth, GDP, Consumption, Long-Term.

¹ Autor de correspondencia. Departamento de Ingeniería de Sistemas, Facultad de Ciencias, UNAM Av. Universidad N° 3000, Universidad Nacional Autónoma de México, C.U., Ciudad de México, C.P. 04510, teléfono: 55-2522-3398, e-mail: jaimberto@hotmail.com

*Sin fuente de financiamiento para el desarrollo de la investigación



1. Introducción

Este documento analiza empíricamente si los créditos bancarios – tanto los concedidos por la Banca Comercial como por la Banca de Desarrollo – otorgados a la industria y al consumo, están fuertemente correlacionados con los cambios en el crecimiento económico; observar si existe un cambio en el comportamiento del crédito bancario respecto al crecimiento económico, antes y después de una crisis financiera mundial. Esto usando datos sobre la economía mexicana en un periodo de 24 años – de 1994 al 2017, lapso que contempla la crisis financiera mundial del 2008 –. Esta investigación proporciona evidencia empírica sobre los debates teóricos respecto al vínculo entre el sector bancario, con el crédito otorgado a los sectores ya mencionados, y el crecimiento económico a largo plazo.

De esta manera, se utiliza un modelo de regresión de series de tiempo, trabajando con datos sobre montos de créditos otorgados por las instituciones bancarias al sector industrial y al consumo, todo respecto al Producto Interno Bruto. No obstante, cabe recalcar que antes se empleaba el método de investigación *cross-country*, no obstante, Levine (1998) cambia esa metodología por una regresión de series de tiempo, debido a la diferencia existente entre un país y otro, aceptando las series de tiempo como una herramienta más factible para estudiar los efectos a largo plazo en materia macroeconómica; de igual forma, Arestis, Demetriades y Luintel (2001) utilizan una regresión de series de tiempo para analizar el desarrollo financiero y sus efectos en el crecimiento económico a largo plazo.

En ese sentido, se pueden incluir las siguientes interrogantes: ¿Qué tipo de relación existe entre el crédito bancario, otorgado al sector industrial y al consumo, y el crecimiento económico a largo plazo en un país en vías de desarrollo? ¿Cuáles son los efectos del crédito bancario otorgado al sector industrial y al consumo sobre el crecimiento económico a largo plazo en un país en vías de desarrollo? ¿Cómo se comportan los efectos del crédito bancario, otorgados al sector industrial y al consumo, sobre el crecimiento económico a largo plazo? Para responder estas preguntas partimos del modelo de regresión utilizada por Levine (1998), agregándole las importaciones de bienes capital y las exportaciones, como variable control, para examinar los efectos a largo plazo del crédito sobre el crecimiento económico. Esto con el argumento de la función del crédito bancario como detonante de la mejora de los sectores productivos, impactando en los niveles del crecimiento económico.

El documento cuenta con 3 secciones más; en la primera, se aborda la literatura sobre la cual se han abordado temas similares al de este artículo, con la intención de dar sustento teórico, también, el contexto del comportamiento de las variables entre 1994 y 2017 (la serie no logró ser más actual, ya que los datos de crédito bancario del BIE del INEGI no se actualizaron y fueron eliminados; mientras los datos de Banxico y la CNBV, no empatan con las series del organismo antes mencionado); en la segunda, se hace alusión a las variables analizadas y sus descripciones, la predicción de las variables independientes con las variables explicadas, el desarrollo de las regresiones de los modelos de series de tiempo propuestos y el análisis de los resultados empíricos; y por último, la tercera sección contiene las conclusiones y discusiones.

2. Revisión de literatura

La relación del sistema financiero – ya sea mercado de valores o crédito bancario – con el crecimiento económico empieza con Bagehot (1873), Schumpeter (1912), McKinnon (1973) y Shaw (1973), argumentando la importancia del sector bancario en el crecimiento, y cómo éste puede incentivarlo a través de inversiones productivas – como la innovación –. Por otra parte, existen estudios sobre el papel financiero de una vertiente más general y sus efectos en la economía, los cuales toman como variable explicativa al nivel de desarrollo financiero; Gurley y Shaw (1955) argumentan la existencia de una clara relación con el desarrollo financiero; es decir, un incremento del ingreso aumenta el deseo de crear otros activos dentro del sistema financiero, siempre y cuando haya unidades superavitarias que las puedan consumir (acumular).

Siguiendo la idea anterior, Landa (2019), Tóala, Navarro y Hablich (2018), Montoya (2016) y Hassan, Sánchez y Yu (2011), determinan la relación entre el crecimiento económico y el desarrollo financiero a través de la siguiente lógica: un sector financiero bien desarrollado puede contribuir significativamente en el crecimiento de las tasas de ahorro y la inversión, conduciendo al crecimiento económico. Es decir, aseveran la existencia de una relación positiva entre ambas, siempre que haya un buen funcionamiento del sistema financiero, pero depende de las políticas económicas y financieras. En esa misma línea, Támara, Eusse y Castellón (2017), Zhang, Wang y Wang (2012) y Huang y Lin (2009), investigan la relación entre el desarrollo financiero y el crecimiento económico, encontrando una asociación positiva entre ambas variables; los primeros, desde una perspectiva local, donde depende mucho del tamaño y condiciones de la ciudad; los segundos, toman en cuenta el ingreso de cada país.

En ese sentido, el desarrollo financiero se puede fraccionar en dos vertientes de impacto en el crecimiento económico: 1) desde el mercado de valores – también conocido como mercado bursátil –; y, 2) desde el quehacer de las instituciones bancarias – el crédito otorgado al sector bancario. Aunque el presente documento se enfoca en el papel de las instituciones bancarias, se toma en cuenta, para el presente apartado, las dos.

Para el caso del sector bancario, la idea de la captación de ahorro y su canalización hacia inversiones más productivas ha cambiado con la evolución de la discusión del crecimiento endógeno en la década de 1988 (Greenwood y Jovanovic, 1990; Bencivenga y Smith, 1991; King y Levine, 1993). King y Levine (1993), hablan sobre cómo el nivel de intermediación financiera es un buen predictor del crecimiento económico a largo plazo, el capital humano y el mejoramiento de la productividad.

A pesar de que el enfoque histórico ha sido sobre la banca, existe literatura donde se debate el vínculo con el desarrollo financiero y el mercado bursátil a largo plazo. Levine (1991) y Bencivenga et al. (1995) parten de modelos donde los mercados bursátiles son más líquidos que las instituciones bancarias. En otras palabras, ni los bancos ni los intermediarios financieros podían crear fondos prestables por sí mismos; la única manera de crear fondos prestables es a través del ahorro en conjunto con el sistema financiero, o la venta de deuda a través de acciones en el mercado bursátil.

El papel de las instituciones bancarias, a través del crédito para el beneficio del crecimiento económico, tiene sus críticas en la operación de los intermediarios financieros. Lucas (1988), señalan que los bancos sobre estresan el crecimiento económico o responde pasivamente al mismo, argumentando que la relación entre éstos se da al revés, es decir, el crecimiento económico impulsa la demanda de servicios financieros; Smith (1994) y Obstfeld (1994) argumentan cómo la colocación

de los créditos se vuelve ineficiente, generando un incremento del riesgo financiero; Greenwood y Hanson (2013), señalan que los cambios acelerados en la cantidad de créditos – incrementos –, se asocian con una función ineficiente de los intermediarios, por la que la calidad de los créditos es menor, llevando a aumentar las pérdidas en el sector bancario y provocar una crisis financiera.

Por otra parte, está la idea sobre cómo los mercados de valores integrados de manera global hacen que el riesgo se distribuya, induciendo a un cambio de cartera de inversión segura, pasando de un bajo rendimiento a una inversión de alto rendimiento, acelerando un crecimiento en la productividad. Sin embargo, la visión de crear mejor predictor a los mercados de valores tiene un debate que pone en duda dicho argumento; Shleifer y Vishny (1986), y Bhidé (1993) objetan cómo un aumento de la liquidez facilita la venta de acciones, pero esto reduce los incentivos de los accionistas para asumir los costos de supervisión, debilitando al gobierno corporativo e impidiendo la asignación efectiva de recursos, lo cual retrasa el crecimiento.

En contraste con lo anterior, Baron y Xiong (2017), analizan la expansión crediticia sobre la perspectiva de los accionistas bancarios, es decir, las expectativas de los inversionistas sobre los mercados financieros, el conocimiento (información) y las perspectivas de los inversores que comercian y tienen acciones; en ese sentido, Schularick y Taylor (2012), señalan que una caída del capital bancario provocado por una expansión de crédito no implica rendimientos por debajo del promedio por parte de los accionistas, por lo tanto, les es difícil prever una caída por dicho fenómeno; entonces, los accionistas no reconocen el riesgo asumido por los banqueros, por lo cual la situación no va en contra de su voluntad, pero, por los momentos de euforia económica puede ser alentado por los mismos (Cheng, Hong y Scheinkman, 2015).

Las dos líneas sobre la cual se basa los efectos del sistema financiero sobre una economía, tienen puntos a favor y en contra, haciendo denotar que el debate sigue vigente. Sin embargo, el presente documento pretende acentuar desde la perspectiva del crédito bancario otorgado en una economía. En ese sentido, se parte de la hipótesis de King y Levine (1993) sobre la conexión independiente entre el mercado de valores y el sector bancario con el crecimiento económico, aseverando que los sistemas financieros más relacionados con el sector privado brindan mejores resultados para la economía; asimismo, encontraron que los niveles más altos de desarrollo financiero están asociados positivamente con las tasas más altas de crecimiento, acumulación de capital fijo y mejoras en la eficiencia económica, siempre que se cumpla con políticas económicas asequibles.

En cuanto al crédito bancario, también existe, en la actualidad, literatura sobre el papel del crédito en una economía; expansión de crédito no siempre genera mejoras en el crecimiento económico, donde un momento de euforia económica puede incrementar los montos crediticios otorgados, sin un síntoma de progreso en la economía, y generando una crisis financiera, tal como lo señalan Miao y Wang (2017), Martín y Ventura (2012), Culp, Nozawa y Veronesi (2018), Zhang, Zhai y Sun (2019) y Mah y Yoon (2020); en esta línea, León y Alvarado (2015), Arcand, Berkes y Panizza (2015) y Clavellina (2013), destacan una relación inversa entre el financiamiento y el crecimiento económico, porque en algunos casos el crédito bancario otorgado al sector privado puede alcanzar el 100% del PIB, o por la existencias de oligopolios bancarios que limitan la generación de crédito; Cecchetti y Kharroubi (2012) y Krinichansky y Sergi (2019), encontraron un punto de inflexión entre

el financiamiento y una mejora de la economía, lo que torna a una relación inversa entre dichas variables, pues a mayor crecimiento del sector bancario, más lenta de vuelve la economía. Por otro lado, otros autores relacionan de manera positiva el crédito y el crecimiento económico, siempre que éste vaya dirigido al sector privado (Geršl y Seidler, 2010; Fieldhouse, Mertens y Ravn, 2018; Guerrieri y Lorenzoni, 2017; Agarwal, Chomsisengphet, Mahoney y Stroebel, 2018; Barriga, González, Torres, Zurita y Pinilla, 2018; Kärnä, 2019; Torre y Flores, 2020).

Por último, y no menos importante, existe otra visión sobre la relación entre las finanzas y la mejora de una economía, en el cual Law y Singh (2013) y Masduzzaman, Parveen, Islam y Dipty (2019), argumentan que se da de forma no lineal, asemejándose más una función cuadrática de maximización, donde hay un clímax sobre el efecto de financiamiento en la economía, y al pasar dicho umbral sus efectos de transforman en rendimientos decrecientes. En otras palabras, el sector financiero, a través de los créditos, tiene un papel importante para lograr efectos positivos en la economía, pero existe un nivel óptimo de crecimiento en los recursos financieros para las actividades productivas, el cual depende del papel que desarrollen los intermediarios financieros.

Antecedentes

Dentro de esta sección, se revisa el comportamiento del crédito bancario, emitido por la Banca Comercial y la Banca de Desarrollo, otorgado a los sectores productivos y consumo; asimismo, lo ocurrido con el PIB mexicano en dicho periodo. En ese sentido, el apartado se divide en 2: el primero, el crédito bancario otorgado a los sectores productivos y al consumo; y el segundo, el comportamiento del PIB en México.

El crédito bancario otorgado a los sectores productivos y al consumo

Este análisis sobre el comportamiento del crédito bancario otorgados al sector industrial y al consumo en México, provienen del banco de datos del INEGI, con la intención de medir la relación con el crecimiento económico. Aunque el trabajo hace explícito que se toman como variables explicativas los montos crediticios bancarios concedidos al sector industrial y al consumo, se toman también los conferidos al agropecuario, servicios y vivienda, con fines de hacer más robustas las gráficas.

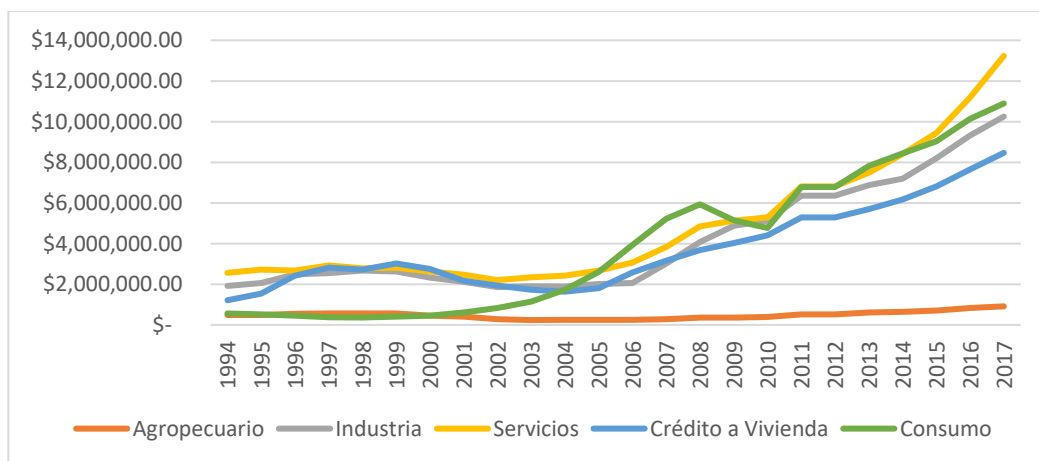


Figura 1. Crédito otorgado por la Banca Comercial a las actividades productivas y al consumo en México, en millones de pesos: 1994-2017.

Fuente: elaboración propia con datos del BIE del INEGI (inegi.org.mx).

Nota: las cifras son constantes con año base en 2013; las variaciones porcentuales se pueden ver en Anexo 1.

Como se puede observar en la Figura 1, la distribución del crédito de la Banca Comercial en México tuvo comportamiento atípico, en un lapso de 24 años; el financiamiento a los sectores productivos fue disminuyendo, mientras que el financiamiento al consumo – un sector no productivo – se incrementó, pasando del 8.33 % en el 1994 al 24.9 % en el 2017 del total de financiamiento otorgado por la Banca Comercial.

Entre 1994 y 2000, la distribución del crédito comercial tiene como pilar principal al sector servicios, seguidos de la vivienda y el sector industrial; en dicho periodo, el crédito al consumo no era tan importante, oscilando su participación entre 8 y 5 por ciento. Durante el sexenio de Vicente Fox, entre el 2003 y 2006, quisieron sentar un crecimiento económico en la industrialización; el sector industrial **tuvo un aumento del 5% en montos crediticios otorgados, pasando de \$ 1'902,432 millones de pesos en el 2003 a \$ 2'063,563 millones en el 2006, aunque en cuanto a participación respecto al total del crédito tuvo una caída – pasó del 25.83% al 17.37%, respectivamente. Un fenómeno muy vistoso en ese periodo (2003-2006), fue el impulso a los créditos de consumo, los cuales se dispararon en dicho periodo; empezando con el 15.63% (\$1'151,156.4 millones de pesos) de los créditos totales, culminando con un incremento de 17.44 puntos porcentuales, es decir, tuvo una representación del 33.07 por ciento (\$3'927,291.1 millones de pesos) de los créditos totales otorgados por la banca privada.**

La participación del Consumo en la distribución de los créditos otorgados por la Banca Comercial, tomó un papel imperante entre el 2006 y el 2008 – la representación osciló por encima del 30% -, superando al sector servicios y a la industria; no obstante, el boom del crédito bancario al consumo avisaba la llegada de una crisis financiera y, con ello, una caída de la representatividad en la distribución de los montos de crédito – pasó de 31.42% (\$5'930,913.00), en el 2008, a 23.85% (\$4'760,613.20), en el 2010 -. En los próximos 7 años, del periodo de estudio, del 2011 al 2017, el crédito al consumo se recupera, jugando el primer lugar de representatividad en la distribución de los montos crediticios con el sector servicios, dejando en el tercer puesto al sector industrial.

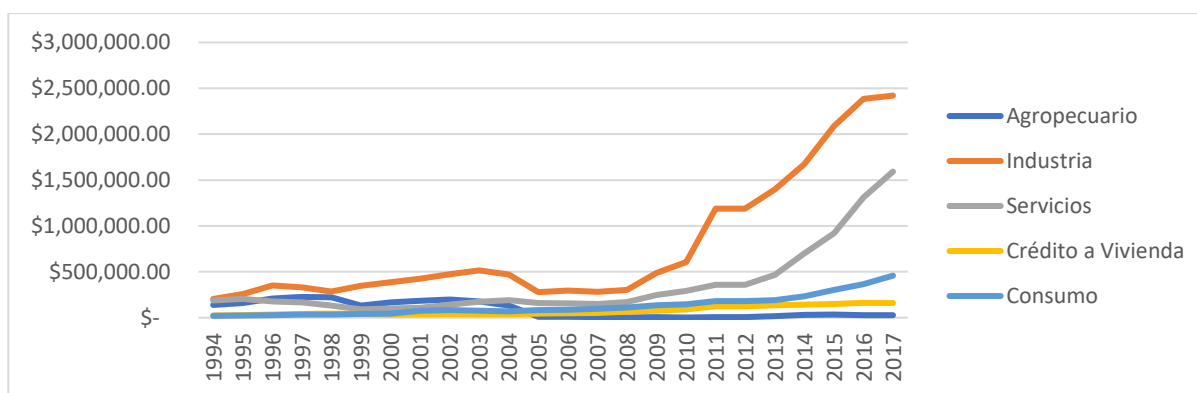


Figura 2. Crédito otorgado por la Banca de Desarrollo a las actividades productivas y al consumo en México, en millones de pesos: 1994-2017.

Fuente: elaboración propia con datos del BIE del INEGI (inegi.org.mx).

Nota: las cifras son constantes con año base en 2013; las variaciones porcentuales se pueden ver en Anexo 2.

En el caso del crédito otorgado por la Banca de Desarrollo, como se observa en la Figura 2, presentó un cambio en la distribución de los montos, siendo el sector primario el más perjudicado; de tener una participación del 24.28 por ciento (\$139,104 millones de pesos) en 1994, bajó a 0.57 por ciento (\$26,328.70 millones de pesos) en el 2017. Los servicios tuvieron un incremento porcentual entre 1994 y 2017; pasando de 32.43 a 34.19 por ciento, mas en el monto hubo un descenso pasando de \$14,444.43 millones a \$11,348.33 millones. Mientras que el consumo casi triplicó su participación, de tener el 3.44 por ciento (\$19,706.4 millones de pesos) de los créditos de la banca pública en el 1994, obtuvo el 9.83 por ciento en el 2017 (\$457,968 millones de pesos).

Por parte de la Banca de Desarrollo, el sector industrial fue el más favorecido con créditos otorgados; la representatividad de los montos concedidos a la industria pasaron a ser el 34.25% (\$204,060.00 millones) en 1994, al 46.66% (\$2'420,915.60) en el 2017. Entre el 2004 y el 2017, la distribución de estos créditos, favorecieron a la industria, a los servicios y al consumo, en ese orden.

No obstante, hay una diferencia muy marcada entre los montos crediticios otorgados por la Banca de Desarrollo y la Banca Comercial, tanto al consumo como al sector industrial. Para el caso del Sector Industrial, los montos concedidos por la Banca de Desarrollo representarán, en promedio, el 17% de los montos conferidos por la Banca Comercial (Veáse Figura 3). Una situación muy similar ocurrió con los préstamos al consumo, donde los montos provenientes de la Banca del Desarrollo equivalían al 5%, en promedio, de los otorgados por la Banca Comercial (Veáse Figura 4).

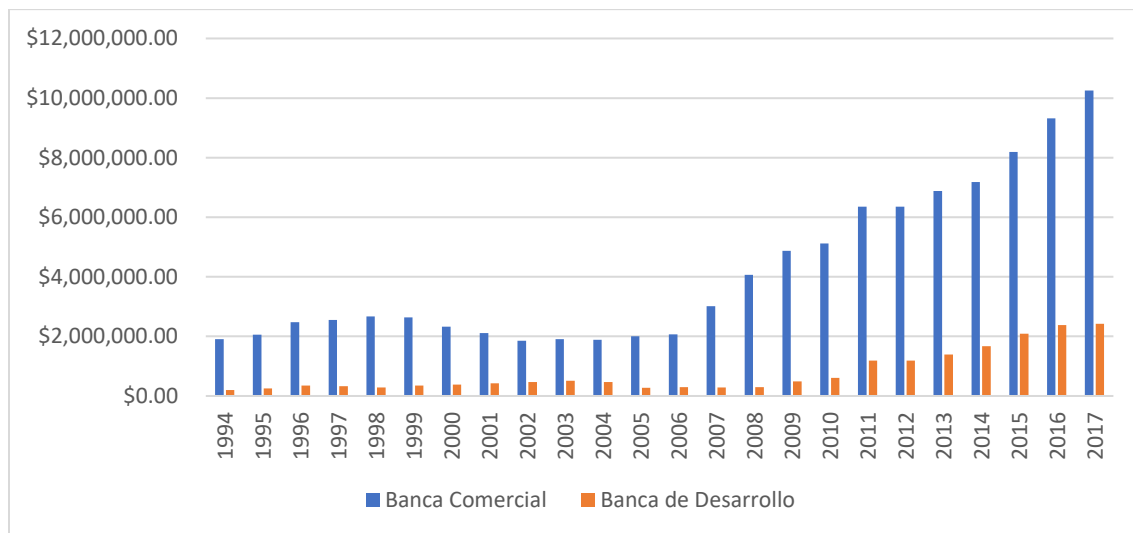


Figura 3. Crédito Bancario otorgado al Sector Industrial, en millones de pesos: 1994-2017.

Fuente: elaboración propia con datos del BIE del INEGI (inegi.org.mx).

Nota: las cifras son constantes con año base en 2013.

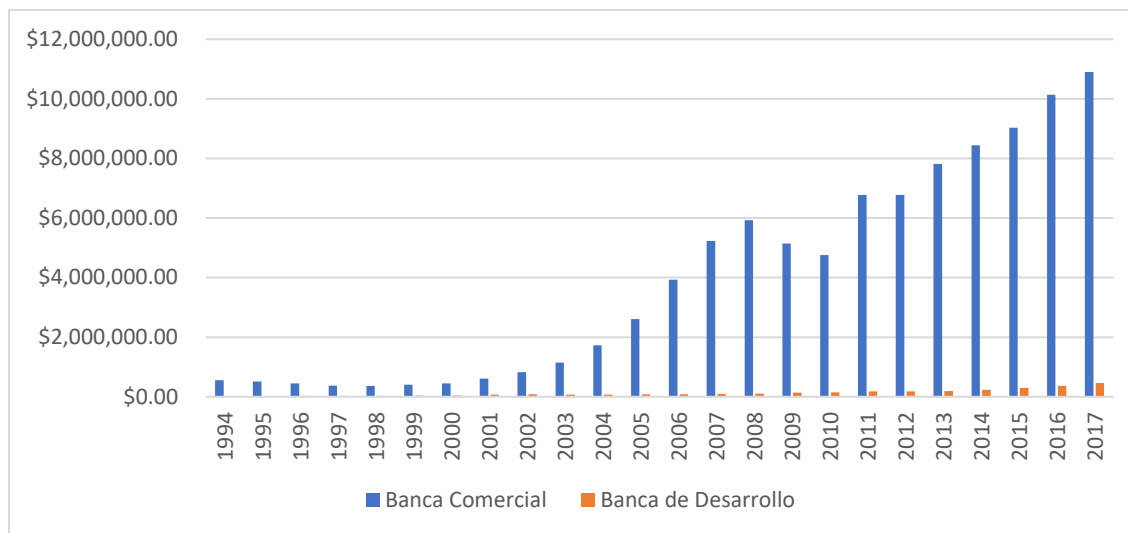


Figura 4. Crédito Bancario otorgado al Consumo, en millones de pesos: 1994-2017.

Fuente: elaboración propia con datos del BIE del INEGI (inegi.org.mx).

Nota: las cifras son constantes con año base en 2013.

El comportamiento del PIB en México

En esta subsección se utiliza la información correspondiente del PIB real de México, el cual proviene del INEGI, con la finalidad de analizar el crecimiento económico del país, en un lapso de 24 años, 1994-2017. Aunque los datos están en montos, para efectos de visualización de las fluctuaciones del crecimiento, la Figura 5 presenta el comportamiento del PIB real en puntos porcentuales.

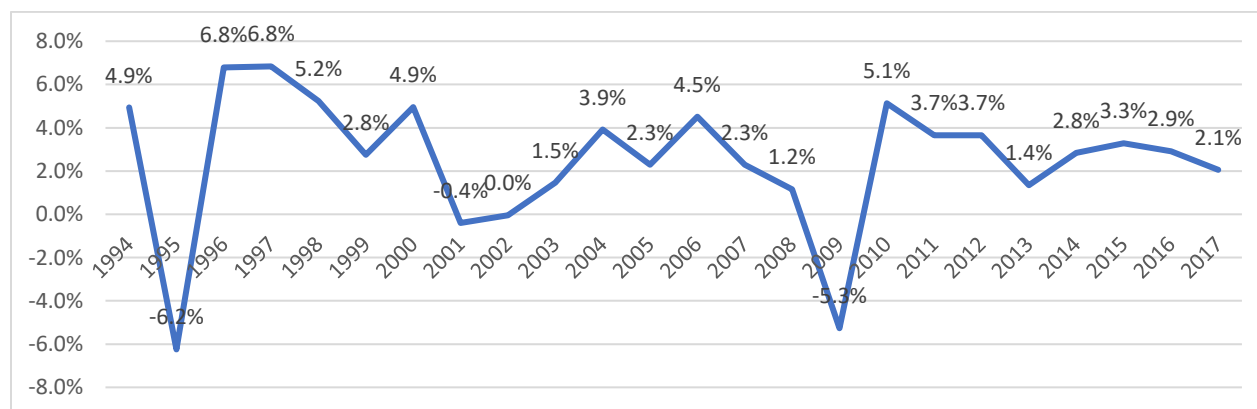


Figura 5. Comportamiento del PIB real en México, 1994-2017. Fuente: elaboración propia con datos del INEGI (inegi.org.mx).

*Año base 2003.

El crecimiento económico que tiene México entre 1994 y el 2017, según la figura anterior, tiene un comportamiento accidentado, ya que refleja fluctuaciones muy pronunciadas, las cuales se

deben a momentos de inestabilidad económica que a continuación señalaremos. Antes de la crisis financiera de diciembre de 1994, mejor conocida como “El error de diciembre”, la economía mexicana presentó un crecimiento de casi 5 puntos porcentuales; no obstante, cayó 11.2 puntos porcentuales. La recuperación, entre 1996 y 2000, se dio por una estrategia impuesta por el FMI; ésta consistió en pedir préstamos al FMI y otros países, con la intención de estabilizar la economía y recuperar la confianza de los inversores extranjeros, con la condición de mejorar el balance fiscal, generar buenas reservas internacionales y estabilizar la inflación – la cual no debía de pasar el 5% anual – (Cruz y Lapa, 2012); esto ayudó a generar un crecimiento constante entre 1996 y el 2000, en promedio, el PIB creció a una tasa del 5.3 % anual durante ese periodo

En el 2001, la economía mexicana venía arrastrando una caída del crecimiento económico, la cual se le atribuye como efecto del sector exterior; la economía estadounidense sufría una desaceleración de su economía, y México con una dependencia comercial con el mercado estadounidense, desató efectos negativos para la economía mexicana (Calva, 2001). No obstante, la economía mexicana presentó mejoría entre el año 2002 y el 2006, la cual se debió a una mejoría del mercado estadounidense, la cual incentivó las exportaciones y, de manera interna, un aumento en el gasto público.

Entre el 2007 y el 2009, el crecimiento económico en México fue en caída, lo cual se debió a los efectos de la crisis financiera mundial; la economía estadounidense se paralizó por la quiebra de la banca de inversión, como efectos de la explosión de la burbuja inmobiliaria – los bancos estadounidenses saturaron el mercado de los créditos hipotecarios, generando carteras vencidas altas –. La desaceleración de la economía estadounidense impactó y desestabilizó a la economía mexicana; una vez más, la afectación se dio por una baja en el sector exportador, debido al fuerte vínculo comercial entre los mercados de ambos países – Estados Unidos y México –. Esto generó presiones en el tipo de cambio, a la cual Banxico reajustó la paridad peso-dólar en 30%, es decir, la política monetaria entró en vigor con una devaluación frente al dólar (González et al., 2009).

Después de la abrupta caída de la economía mexicana, a consecuencia de la crisis financiera mundial del 2008, ésta tuvo un repunte en el 2010, con un crecimiento de 10.4 puntos porcentuales, es decir pasó de -5.3%, en el 2009, a 5.1%, en el 2010; una tenue recuperación de la economía estadounidense, lo que activó al sector exportador mexicano; asimismo, la Inversión Extranjera de Cartera (IEC) jugó un papel importante, pues a diferencia de la Inversión Extranjera Directa (IED), pues incrementó su participación en la economía mexicana (Romero y Minto, 2010).

Entre 2011 y el 2017, la economía mexicana se contrajo respecto al repunte del 2010, sin importar que la inflación de mantuvo considerablemente estable, oscilando entre 2 y 3 puntos porcentuales. En el 2011, la guerra contra el narcotráfico tuvo efectos secundarios sobre la economía; la inseguridad que ésta generó, reprimió la inversión y, por lo tanto, a la inversión extranjera. Entre el 2012 y el 2017, la economía mexicana siguió mostrando una desaceleración económica, debido a caídas del sector terciario y el sector industrial causada por el sector exterior, es decir, sus socios comerciales no lograban salir de los estragos de la crisis financiera del 2008 (OCDE, 2017).

3. Metodología

3.1 Especificación del modelo

El objetivo de este artículo es medir los efectos de los créditos bancarios, otorgados al sector industrial y al consumo, sobre el crecimiento económico. El estudio utiliza datos trimestrales del PIB, PIB industrial, crédito bancario al consumo, crédito bancario a la industria, todos ellos de México. Se seleccionó un periodo de 24 años, el cual corresponde de 1994 al 2017, un lapso importante de la economía mexicana, ya que se relaciona con la entrada del TLCAN y se cruza la crisis financiera mundial del 2008.

Con base en la literatura empírica existente, se puede especificar la existencia de una relación entre el desarrollo financiero, desde una perspectiva del crédito bancario, y crecimiento económico, donde al largo plazo puede surtir efectos positivos (Greenwood y Jovanovic, 1990; Bencivenga y Smith, 1991; King y Levine, 1993; Zhang, Wang y Wang, 2012; Zafar, Ahmad y Hussain, 2012; Geršl y Seidler, 2010; Fieldhouse, Mertens y Ravn, 2018; Guerrieri y Lorenzoni, 2017; Tamará y Castellón, 2017). Así, se toma en cuenta la idea de Levine (1998), quien define al desarrollo bancario como el crédito asignado por los bancos al sector privado.

Una regresión de series de tiempo ha sido utilizada en estudios de recientes sobre desarrollo financiero y su relación con el crecimiento económico (Agarwal, Chomsisengphet, Mahoney y Stroebl, 2018; Akosah, 2013; Korkmaz, 2015; Torre y Flores, 2020). Hay varias ventajas de utilizar un modelo de series de tiempo; primero, es un estudio para analizar la relación entre el crédito bancario, otorgado a la industria y al consumo, y el crecimiento económico en un país en específico (México), lo cual lo hace idóneo; segundo, la base de datos es en un periodo de 24 años (1994-2017), con 96 datos – trimestral cada uno – para cada variable; y tercero, se analiza si existe un cambio o coyuntura en los efectos del crédito bancario – tanto el otorgado al sector industrial como al consumo – después de la crisis financiera del 2008. En ese sentido, la mayoría de los análisis de series de tiempo para el crecimiento económico y su relación con el desarrollo financiero o bancario están basados en los modelos autoregresivos, tanto de primer y segundo orden como de “p” orden:

$$(Y_t - \delta) = \alpha_i(Y_{t-1} - \delta) + u_t \quad (1)$$

$$(Y_t - \delta) = \alpha_1(Y_{t-1} - \delta) + \alpha_2(Y_{t-2} - \delta) + u_t \quad (2)$$

$$(Y_t - \delta) = \alpha_1(Y_{t-1} - \delta) + \alpha_2(Y_{t-2} - \delta) + \dots + \alpha_p(Y_{t-p} - \delta) + u_t \quad (3)$$

No obstante, la propuesta de esta investigación, recae en un modelo AR(1) multivariante, con variable dicotómica; ésta última para constatar la existencia de un posible cambio estructural de los efectos del crédito bancario, dirigido al sector industrial y al consumo, sobre el crecimiento económico después de la crisis financiera del 2008. En ese sentido, el modelo propuesto es:

$$PIB_t = \beta_{0t} + \beta_1 CIND_t + \beta_2 CCONS_t + \beta_3 IMPK_t + \beta_4 EXPO_t + \beta_5 BA2008_t + \mu_t \quad (4)$$

En la ecuación (4) se emplea el Producto Interno Bruto (PIB) como variable dependiente. Las variables independientes son: el crédito bancario otorgado a la industria (CIND), el cual es uno de los indicadores más utilizados por expertos en la materia de crecimiento y desarrollo financiero, tal como Levine (1997; 1998), King y Levine (1993), Fieldhouse, Mertens y Ravn (2018); el crédito bancario al consumo (CCONS), siendo una parte importante para la activación de la economía de un país, por lo tanto, incentivar el consumo es sano (García y Han, 2015), sin embargo, Geršl y Seidler (2010) argumentan que la expansión del crédito mal enfocado, es decir, dirigido a incrementar el consumo (demanda agregada), sólo ocasionaría problemas de inflación, un sobre calentamiento de la economía; las exportaciones (EXPO) y las importaciones de bienes de capital (IMPBK) son variables de control, las cuales sirven para eliminar o neutralizar posibles efectos en el análisis sobre el crecimiento económico, ya que no son objeto de estudio para la presente investigación. Estas variables, en conjunto, representan a posibles factores de impacto sobre el crecimiento de una economía, tal como lo han señalado expertos sobre el tema (Schumpeter, 1912; McKinnon, 1973; Shaw, 1973; Geršl y Seidler, 2010; Fieldhouse, Mertens y Ravn, 2018; Guerrieri y Lorenzoni, 2017; Agarwal, Chomsisengphet, Mahoney y Stroebel, 2017; Torre y Flores, 2020).

Como ya se ha mencionado, la intención es analizar si hay algún cambio. En ese sentido, al modelo se les anexará la variable de tendencia (t) y una variable dicotómica para entender los cambios que pueden darse después de la crisis financiera mundial del 2008 ($BA2008$); donde la primera, ayuda a caracterizar el patrón gradual y consistente de las variaciones de la propia serie, las cuales pueden afectar al mismo modelo, y ayuda a eliminar correlaciones espurias de series de tiempo; y la segunda, toma valores de 0 antes del 2008 (1994-2007) y de 1 del 2008 en adelante (2008-2017). Esto, con la finalidad de medir las posibles variaciones que estás ocasionan al incorporarlos a la regresión. Bajo esa idea, la ecuación queda de la siguiente forma:

$$PIB_t = \beta_{0t} + \beta_1 CIND_t + \beta_2 CCONS_t + \beta_3 IMPK_t + \beta_4 EXPO_t + \beta_5 BA2008_t + \beta_6 t_t + \mu_t \quad (5)$$

Cabe mencionar que los datos tienen la aplicación de logaritmo natural para las regresiones, pues es posible la existencia de una relación no lineal entre el crecimiento y las variables explicativas – a excepción de t y $B/A2008$, puesto que son la tendencia secular y la variable dicotómica -. Entonces, los modelos tienen la siguiente forma:

$$\ln PIB_t = \beta_{0t} + \beta_1 \ln CIND_t + \beta_2 \ln CCONS_t + \beta_3 \ln IMPK_t + \beta_4 \ln EXPO_t + \beta_5 BA2008 + \beta_6 t_t + \mu_t \quad (6)$$

Asimismo, la variable dicotómica se multiplica por las variables de crédito bancario al consumo (CCONS) y crédito bancario a la industria (CIND), con la intención de entender si existe un cambio con el comportamiento de ambas variables después de la crisis financiera del 2008, y en los efectos que generan sobre el crecimiento económico:

$$\ln PIB_t = \beta_{0t} + \beta_1 \ln CIND_t + \beta_2 \ln CCONS_t + \beta_3 \ln IMPK_t + \beta_4 \ln EXPO_t + \beta_5 BA2008_t + \beta_6 t_t + \beta_7 BA2008 * \ln CIND_t + \beta_8 BA2008 * \ln CCONS_t + \mu_t \quad (7)$$

3.2 Variable y fuente de datos

Las series de datos utilizadas en este estudio, data de un periodo de 24 años, desde el primer trimestre de 1994 hasta el cuarto trimestre del 2017, siendo 96 observaciones trimestrales de cada una de las variables tomadas. Los datos sobre cada variable se tomaron del Instituto Nacional de Estadísticas y Geografía (INEGI), Banco de Información Económica (BIE); no obstante, los datos fueron descontinuados en INEGI, por lo cual imposibilita añadir observaciones posteriores al año 2017. El PIB es la variable dependiente, está expresada en términos reales y en millones pesos con años base 2013 (=100); de igual manera, el crédito bancario al consumo y el crédito bancario a la industria, utilizando como años base el 2018 (=100) y 2012 (=100), respectivamente. No obstante, las exportaciones e importaciones de bienes de capital están dado en millones de dólares, para lo cual se hizo una conversión con un promedio de tipo de cambio a lo largo del periodo de estudio, y después se tornaron a datos reales, tomando como base el índice de precios, respectivos, del año 2005 (=100) y 1980 (=100), respectivamente. Como ya se ha hecho mención, dentro del lapso de estudio se encuentran sucesos importantes para la economía, como lo es la entrada en vigor del Tratado de Libre Comercio de América del Norte en 1994, y la crisis financiera mundial del 2008.

3.3 Predicciones de los modelos

Atendiendo la literatura revisada, el *CIND* debe tener una relación positiva tanto con el *PIB*, pues un crédito dirigido a uno de los sectores productivos, la industria, genera la compra de insumos y bienes de capital para expandir su producción, llevando, también, un posible incremento del capital humano (Bagehot, 1873; Schumpeter, 1912; McKinnon, 1973; Shaw, 1973; Greenwood y Jovanovic, 1990; Bencivenga y Smith, 1991; King y Levine, 1993; Levine, 1991; Bencivenga et al., 1995; Gurley y Shaw, 1955; Khan y Senhadji, 2003; Geršl y Seidler, 2010; Zafar et al., 2012; Fieldhouse, Mertens y Ravn, 2018; Guerrieri y Lorenzoni, 2017; Agarwal, Chomsisengphet, Mahoney y Stroebel, 2017; Sreerama, Sailaja y Mullugeta, 2012; Barriga, González, Torres, Zurita y Pinilla, 2018; Torre y Flores, 2020).

Para el caso del *CCONS*, es una de las variables más inciertas en su comportamiento, debido a la tendencia de los estudios donde se considera que un incremento del crédito a los sectores no productivos puede ocasionar desaceleración económica, e incluso un boom desmedido en el corto plazo puede llegar a desencadenar crisis financieras (Miao y Wang, 2017; Geršl y Seidler, 2010; Martín y Ventura, 2012; Clavellina, 2013; Armeanu, Pascal, Poanta y Doia, 2015; Culp, Nozawa y Veronesi, 2018). Bajo ese enfoque, se considera un impacto negativo del crédito al consumo sobre el PIB, sin embargo, no se debe descartar la idea sobre la importancia del consumo en la economía, y en una proporción es buena para el crecimiento.

Por último, las variables $BA2008 \cdot \ln CCONS$ y $BA2008 \cdot \ln CIND$ deben predecir algún cambio en los efectos del crédito bancario otorgado al consumo y del crédito bancario otorgado a la industria, después de la crisis financiera mundial del 2008, donde los países tomaron medidas anticrisis – políticas para regular la economía –, entre ellos, México. No obstante, en el caso de México, las medidas anti-crisis fueron políticas contractivas, muy parecidas a las utilizadas en la década de 1980,

como recortes, más impuestos y el anuncio de sacrificios “necesarios”, traduciéndose en un bajo crecimiento económico y el incremento de los problemas socioeconómicos del país; es decir, las medidas generaron más desempleo y menos financiamiento para las actividades productivas, mientras que el financiamiento al consumo lo afecto muy poco (Ortiz, 2009). Bajo esta idea, se puede augurar que el crédito otorgado a la industria después del 2008 no genera efectos positivos sobre la economía, puesto que las empresas, aunque reciban financiamiento, no se arriesgan a invertir; por el lado del consumo, si se mantiene el financiamiento, es para incentivar la demanda y reactivar a la economía, por lo tanto, el financiamiento al consumo debe de generar efectos positivos sobre la economía después de la crisis del 2008.

De esta manera, y atendiendo los párrafos anteriores, se puede deducir que el modelo podría tener las siguientes relaciones entre sus variables:

$$\ln PIB_t = \beta_{0t} + \beta_1 \ln CIND_t + \beta_2 \ln CCONS_t + \beta_3 \ln IMPK_t + \beta_4 \ln EXPO_t + \beta_5 t + \beta_6 BA2008 - \beta_7 BA2008 * \ln CIND_t + \beta_8 BA2008 * \ln CCONS_t + \mu_t \quad (8)$$

3.4 Resultados empíricos

En esta sección, se discuten los hallazgos del estudio y los resultados empíricos que arrojó el modelo con Eviews 11. Primeramente, se presentan los productos derivados de la prueba de regresión espuria; en segundo lugar, la prueba de estacionaridad y cointegración; en tercer lugar, la verificación de la existencia de una relación a largo plazo entre las variables.

De acuerdo a Woodridge (2010), en un modelo de regresión series de tiempo a largo plazo, es muy probable la existencia de una regresión espuria; es decir, la regresión aparenta ser adecuada, ya que presenta una correlación muy alta entre sus variables, pero sus series no son estacionarias. En ese sentido, se comparan los indicadores R² y Durbin-Watson (DW) bajo las siguientes premisas: la hipótesis nula (Ho) señala que si R² es mayor que DW, es muy probable que se trate de una regresión espuria; la hipótesis alternativa (H1), argumenta que si R² es menor a DW, no es una regresión espuria.

Tabla 1. Deteminación de sospecha de una regresión espuria

R ² > DW	Ho: Hay indicios de una regresión espuria			
R ² < DW	H1: No hay indicios de una regresión espuria			
	R ²	<	DW	
	0.989893		1.819938	

Fuente: elaboración propia con datos del BIE del INEGI, con el program Eviews 11.

Como se observa en la Tabla 1 los resultado arrojan que el coeficiente R² es menor que el indicador DW, por lo cual se rechaza la hipótesis alternativa (Ho) y, por ende, no hay sospechas de tratarse de una regresión espuria. Con la intención de sustentar estos resultados, se procede a comprobar si las variables son o no son estacionarias con la prueba de raíz unitaria.

La prueba de Raíz Unitaria con la metodología de Engle y Granger, de acuerdo a Guajrati y Porter (2010) y Woodridge (2010), se trata de un análisis de integración en las variables que

comprende al modelo de regresión, con el objetivo de comprobar si cada una de ellas cumplen con la condición de ser estacionaria en primer orden, lo cual denotaría la cointegración. La prueba emplea la comprobación de raíces unitarias con el test Dickey-Fuller para cada una de las variables, donde tienen que ser de raíz unitaria en sus primeros niveles, y estacionarias en la primera diferencia.

Tabla 2. Prueba de Raíz Unitaria

Ho: Tiene raíz unitaria y no es estacionaria				
H1: Es estacionaria en su primera diferencia				
Resultados en los primeros niveles				
Variable	t-calculada	t-estadística	Prob.	Acep. H
PIB (lnPIB)	-0.91854	-3.503879	0.7782	Ho
Crédito al Consumo (lnCCONS)	-1.392965	-3.503049	0.5825	Ho
Crédito a la Industria (lnCIND)	-1.657288	-3.501445	0.4495	Ho
Resultados en su primera diferencia				
Variable	t-calculada	t-estadística	Prob.	Acep. H
PIB (lnPIB)***	-4.241475	-3.503879	0.001	H1
Crédito al Consumo (lnCCONS)***	-3.522446	-3.503049	0.0094	H1
Crédito a la Industria (lnCIND)***	-4.91274	-3.501445	0.0001	H1

*Nota: *, ** y *** indican la significación estadística al nivel del 10%, 5% y 1%.
 Fuente: elaboración propia con datos del BIE del INEGI, con el program Eviews 11.*

De acuerdo a los resultados de la Tabla 2, se observa que las tres variables de importancia para el presente estudios - PIB (lnPIB), Crédito otorgado al Consumo (lnCCONS) y el crédito otorgado al Sector Industrial (lnCIND) - presentan una raíz unitaria en sus primeros niveles, pero al hacer la prueba en sus primeras diferencias, cada una de las variables de encuentran integradas en orden 1, con un nivel de significancia de 1%. Estos resultados denotan que las variables están cointegradas en la primera diferencia, y probablemente sirvan para determinar una relación en largo plazo. Con la intención de hacer más robusto la comprobación, se le hace la prueba de cointegración a los residuos del modelo propuesto.

Prueba de cointegración: de acuerdo con Gujarati y Porter (2010) y Woodridge (2010), el test Dickey-Fuller sirve para saber si los residuos se comportan con alguna tendencia que denotan indicios de no estar integrados, ni ser estacionario en sus primeros niveles:

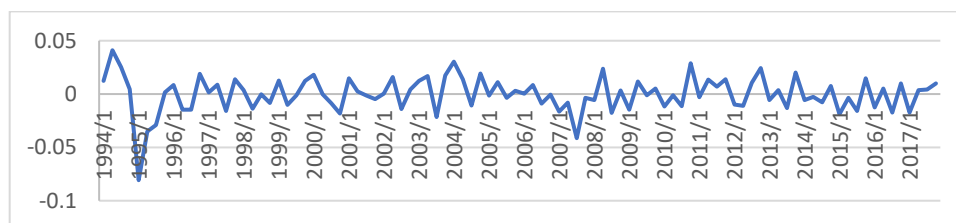


Figura 6. Comportamiento de los Residuos de la Ecuación (5).

Fuente: elaboración propia con datos del BIE del INEGI, con el program Eviews 11.

Como se puede observar la Figura 6, los residuos en el largo plazo no presentan una tendencia, sino un comportamiento aleatorio. Esta caminata sin rumbo de los residuos en el largo plazo es una buena señal para el modelo, y sigue sosteniendo que no se trata de un regresión espuria; ahora, sólo falta comprobar que son estacionarios en orden cero. Para la prueba de estacionaridad, se aplica el tes Dickey-Fuller, donde se trata de comprobar que los residuos del modelo son estacionarios en orden cero. La hipótesis nula del test indica que, en caso de no ser significativo en sus primeros niveles, los residuos resultan con raíz unitaria y no estacionarios; por otro lado, la hipótesis alternativa señala que si los residuos son significativos, éstos son estacionarios y denotan que están integrados en sus primeros niveles:

Tabla 3. Prueba de Cointegracion

<i>MOD. 1: $\ln PIB_t = \beta_0 + \beta_1 \ln CIND_t + \beta_2 \ln CCONS_t + \beta_3 \ln IMPK_t + \beta_4 \ln EXPO_t + \beta_5 t + \beta_6 BA2008 - \beta_7 BA2008 * \ln CIND_t + \beta_8 BA2008 * \ln CCONS_t + \mu_t$</i>				
Ho: Tiene raíz unitaria y no es estacionaria				
H1: Es estacionario en orden cero				
Resultados en los primeros niveles				
Variable	t-calculada	t-estadística	Prob.	Acep. H
Residuos***	-4.795888	-2.59034	0.0000	H1

*Nota: Esta tabla resume los resultados del enfoque de pruebas de límites para conocer la existencia de cointegración. Los valores críticos de la t-Tabla se toman de la tabla Davidson-McKinnon. El modelo contiene constante y tendencia. *, ** y *** indican la significación estadística al nivel del 10%, 5% y 1%.*

Fuente: elaboración propia con datos del BIE del INEGI, con el program Eviews 11.

De acuerdo a la Tabla 3, los resultados señalan que los residuos no presentan una raíz unitaria y son estacionarios en orden cero, por lo tanto, de rechaza la hipótesis nula; es decir, los residuos están integrados y muestran que no se trata de una regresión espuria en el largo plazo. Con la intención de hacer más robusta la verificación de la existencia de una relación a largo plazo entre las variables del modelo presentado, corraera una regresión de cointegración, con la intención de aplicar el test de Engle-Granger. De acuerdo a Gujarati y Porter (2010) y Woodridge (2010), la regresión de cointegración y el test de Engle-Granger, sirven para denotar la existencia de una relación a largo plazo entre la variables, y sirven para explicar el fenómeno deseado; en donde, alguno de los estadísticos callados, Tau o "Z", debe ser significativo.

Tabla 4. Cointegración a largo plazo

Ho: Si Tau y "Z" no son significativo, no existe relación en largo plazo				
H1: Si Tau o "Z" son significativos, existe relación en largo plazo				
Tipo de indicador estadístico	Valores	Prob.	Significativo	Acep. H
Estadístico Tau	-4.790523	0.2871	No	H1
Estadístico Z***	-134.5317	0.0000	Sí	

*Nota: El modelo contiene constante y tendencia. *, ** y *** indican la significación estadística al nivel del 10%, 5% y 1%. Fuente: elaboración propia con datos del BIE del INEGI, con el program Eviews 11.*

Como se puede observar en la Tabla 4, el nivel de significancia del estadístico "Z" es significativo al 1%, mientras que el nivel de significancia del estadístico Tau está por encima de los parámetros (1%, 5% y 10%); a pesar de que Tau no es significativo al 10%, su probabilidad no es alarmante, es decir, no es muy alta. No obstante, el hecho de que alguno de los indicadores estadísticos fuera significativo, hace que la hipótesis nula (H_0) se rechace, denotándose que las variables están cointegradas, y existe relación a largo plazo.

El emplear modelos de regresión de series de tiempo, éste puede presentar cambios estructurales en la relación entre la variable dependiente y las explicativas; es decir, que los valores no permanecen constantes a lo largo del periodo (Gujarati y Porter, 2010; Woodridge, 2010). Los cambios estructurales se deben a factores o sucesos exógenos como cambios en la política, crisis financieras o económicas, embargos comerciales, entre otras cosas. Para poder observar la existencia de cambios estructurales se emplea la prueba de Chow.

Tabla 5. Prueba de Chow

Ho: Si los valores no son significativos no hay cambio estructural			
H1: Si los valores son significativos hay cambio estructural			
Periodo	F-Statistic	Prob F	Prob X ²
2008/Q1***	2.536874	0.0263	0.0138
2008/Q2**	1.919086	0.0871	0.0550
2008/Q3**	1.946966	0.0826	0.0517
2008/Q4*	1.777745	0.1135	0.0747

*Nota: El modelo contiene constante y tendencia. *, ** y *** indican la significación estadística al nivel del 10%, 5% y 1%. Fuente: elaboración propia con datos del BIE del INEGI, con el program Eviews 11.*

Como se observa en la Tabla 5, los resultados de la prueba Chow arrojaron la existencia de un cambio en el año 2008, siendo más fuerte en el primer trimestre (2008/Q1), con un nivel de significancia del 1%. No obstante, la prueba Chow va acompañada de los gráficos del test Cusum y Cusum Square (véase Anexo 3), las cuales demarcan un ligero cambio estructural para el año 2008, pues los valores Cusum y Cusum Square salen de los límites. Lo anterior da sustento a la variable dicotómica que implica la existencia de cambio estructural y, por lo tanto, un posible cambio en el comportamiento del Crédito Bancario otorgado al Consumo (lnCCONS) y el otorgado al Sector Industrial (lnCIND).

Ante los resultados de las pruebas, el siguiente paso es estimar los coeficientes para conocer las relaciones y efectos a largo plazo, de acuerdo a la Ecuación (6). La Tabla 6 presenta los resultados:

Tabla 6. Estimación a Largo Plazo

Coeficientes Estimados a Largo Plazo										
Variable Dependiente	Constante	lnCINDt	lnCCONSt	lnIMP Bkt	lnEXPO t	t	BA2008	BA2008 *lnCIND	BA2008 *lnCCONS	AR(1)
lnPIB	8.708	0.105 (***)	0.041 (**)	0.017	0.405 (***)	0.002	3.361 (***)	-0.273 (**)	0.032	0.705
		[0.004]	[0.032]	[0.425]	[0.000]	[0.184]	[0.016]	[0.013]	[0.582]	

*Nota: Esta tabla resume los resultados de las estimaciones de las relaciones a largo plazo. Las cifras entre paréntesis son P-Valores. ***, ** y * indican la significancia estadística en el nivel del 1%, 5% y 10%, respectivamente.*

Fuente: elaboración propia con datos del BIE del INEGI, con el program Eviews 11.

Como se observa en la Tabla 6, la variable crédito bancario otorgado al sector industrial (lnCIND), Crédito Bancario otorgado al Consumo (lnCCONS), la tendencia (t) y la dicotómica que explica el cambio estructural en el 2008 (BA2008) son significativas al 5% y 1%. Asimismo, los coeficientes tienen los signos esperados. No obstante, los efectos del crédito bancario otorgado al consumo (lnCCONS) después de la crisis financiera del 2008, no es significativa; asimismo, con la variable dicotómica significativa, ayuda a percibir la existencia de un punto de coyuntura antes y después de dicha crisis, sobre los efectos generados por el crédito bancario al consumo y a la industria en el crecimiento económico de México.

Los efectos a largo plazo del crédito bancario otorgado a la industria sobre el PIB mexicano es positivo, donde la elasticidad señala que por cada punto porcentual que incremente el crédito bancario otorgado a la industria (lnCIND), el PIB aumenta en 0.10%; por otra parte, el crédito bancario destinado al consumo (lnCCONS) también tiene efectos positivos sobre la economía en el largo plazo, pues por cada punto porcentual de incremento, genera un aumento del PIB en 0.04%.

Por otra parte, la variable dicotómica BA2008 nos indica la existencia de un cambio en los efectos de las variables lnCIND y lnCCONS sobre el crecimiento económico, después del 2008, año en el cual detonó una crisis financiera a nivel mundial; entonces, posterior a dicho año, el crédito bancario destinado a la industrial (BA2008*lnCIND) tiene efectos negativos sobre el crecimiento económico – por cada punto porcentual de incremento en créditos dirigidos a la industria, el PIB disminuye en 0.27% –, lo cual tiene sentido, pues las empresas no desean invertir en tiempos de crisis; además, la mayor parte de la inversión hecha por las empresas, es a través del créditos con proveedores – de acuerdo con datos de la encuesta coyuntural del mercado crediticio de Banxico, el 79%, en promedio, de las empresas se financiaron con proveedores, mientras un 34% con instituciones bancarias, véase en Anexo 4 –. Por otra parte, el crédito bancario al consumo (BA2008*lnCCONS) no es estadísticamente significativo, no obstante, sus efectos sobre el PIB son positivos, pues si aumenta un punto porcentual, la economía mejora en 0.03%.

Lo anterior hace que el modelo propuesto en el presente documento sean viable para poder medir los efectos del crédito bancario, tanto el otorgado al consumo como a la industria, sobre el crecimiento económico del México. En ese sentido, se pueden responder las preguntas que se hacen en la introducción, constatando con las ideas de Levine (1998), Bagehot (1873), Schumpeter (1912), McKinnon (1973), Shaw (1973), Greenwood y Jovanovic (1990); Bencivenga y Smith (1991), King y Levine (1993), Bencivenga *et al.* (1995), Gurley y Shaw (1955), Khan y Senhadji (2003), Geršl y

Seidler (2010), Zafar *et al.* (2012), Fieldhouse, Mertens y Ravn (2018), Guerrieri y Lorenzoni (2017), Agarwal, Chomsisengphet, Mahoney y Stroebel (2017), Sreerama, Sailaja y Mullugeta (2012) y Torre y Flores (2020); las cuales se responden en el siguiente apartado.

4. Conclusiones y discusión

En este documento, se han examinado la relación que existe en el crédito bancario – el cual está representado por el crédito otorgado a la industria y el crédito otorgado al consumo –, con el crecimiento económico de México – representado por el PIB –, en el contexto de un modelo autoregresivo con la aplicación de una variable dicotómica para encontrar coyuntura en los efectos de las variables explicativas. Las estimaciones de la ecuación propuesta – PIB – a largo plazo se obtuvieron empleando el enfoque de pruebas de límites para cointegración implementando datos trimestrales para un periodo de 24 años, comprendido desde 1994 hasta 2017.

Los resultados de las pruebas de cointegración arrojan claramente la existencia de un equilibrio a largo plazo entre las variables explicativas y la variable dependiente. La regresión arrojó los signos esperados para los coeficientes. Por otra parte, los coeficientes resultaron estadísticamente significativos, tomando en cuenta el 1%, 5% y 10%.

En ese sentido, a pesar de haber una penetración bancaria baja y, por ende, un constreñimiento de crédito en México, el crédito bancario otorgado a la industria y al consumo tienen una relación positiva con el crecimiento económico a largo plazo, es decir, los créditos destinados a esos rubros provocan una mejora de la economía. No obstante, el comportamiento del crédito bancario otorgado a la industria es distinto en periodos poscrisis, momento en el cual se aplican políticas económicas contractivas, para el caso de México, éste genera efectos negativos para el PIB; este hallazgo genera una oportunidad de investigación futura para encontrar las causas del por qué el crédito bancario a la industria genera efectos negativos sobre el PIB entre 2010 y 2017, cuando a partir del 2010 la inversión en México comienza a recuperarse, hay un conjunto de elementos a estudiar como la utilidad del mismo crédito por las empresas, el tamaño de las empresas, la penetración bancaria, el acceso al crédito bancario en el país, entre otras. En el caso crédito bancario destinado al consumo, en periodos poscrisis, deja ser significativo para el crecimiento de la economía mexicana.

De acuerdo con lo anterior, se debe pensar en incrementar de manera regulada estas herramientas para ayudar a mejorar las condiciones de la industria y, por ende, de la economía de México; como implementar requisitos de acceso al crédito bancario más nobles y adhoc, según el rubro económico, ya sea por sector o por tamaño de la empresa.

En cuanto a las limitaciones de esta investigación, una de ellas radica en los datos de las variables seleccionadas, los cuales no están homologados en cuanto el formato de periodos (trimestrales, mensuales, por ejemplo); otra, en el caso de los montos crediticios se dejó de actualizar por parte de INEGI, dificultando poder traer estudio a un periodo más reciente, mientras que las cifras de Banxico y la CNBV no embonan con los arrojados por el BIE del INEGI. Otra limitante se encuentra en los años base de los datos de cada variable, los cuales se homologaron para evitar desfases al correrlos en los modelos econométricos; también, la información del económica de

México se encuentra agregada, por lo cual limita la posibilidad de llevar a cabo estudios por entidad federativa y/o municipio.

Asimismo, el modelo, por su condición, resultó tener problema de endogeneidad (véase Anexo 5), no obstante, se pensó en resolverlo con variables instrumentales por medio de regresión bietápica, lo cual no se logró, debido a que la información de números de créditos bancarios, otorgados a la industria y al consumo, comienza en el 2008 y son anuales (la encuesta coyuntural de la CNBV). No obstante, el presente estudio marca la pauta para futuras investigación sobre los efectos de crédito bancario en diversos rubros de la economía, o sobre la probabilidad de acceso al crédito bancario por una empresa del sector industrial o, más específico, empresas manufactureras o MIPYMES, los cuales se pueden tratar con modelos LOGIT, PROBIT o TOBIT, de acuerdo con el abordaje de la investigación.

Referencias

- [1] Agarwal, S., Chomsisengphet, S., Mahoney, N., & Stroebel, J. (2018). "Do Banks Pass Through Credit Expansions To Consumers Who Want To Borrow?" *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 133(1), February, p. 129-190. Recuperado de <https://doi.org/10.3386/w21567>
- [2] Akosah, N. (2013). "Dynamics of Inflation and Financial Development: Empirical Evidence from Ghana," *Journal of Economics and Sustainable Development*, vol. 4(15), p. 20-37. ISSN: 2225-0522 (online)
- [3] Arcand, J., Berkes, E. y Panizza, U. (2015). "Too much finance?" *Journal of Economic Growth*, vol. 20(2), June, p. 105-148. ISSN: 1573-7020 (online)
- [4] Arestis, P., Demetriades, P. & Luintel, K. (2001). "Financial Development and Economic Growth: The Role of Stock Markets," *Journal of Money, Credit, and Banking*, vol. 33(1), February, p. 16-41. Recuperado de <https://doi.org/10.2307/2673870>
- [5] Armeanu, D., Pascal, C., Poanta, D. & Doia, C. (2015). "The credit impact on the economic growth," *Theoretical and Applied Economics*, vol. 22(1), p.5-14. ISSN: 1844-0029 (online)
- [6] Bagehot, W. (1873). "Lombard Street: A description of the money market," *The North America Review*, vol.119(245), October, p. 331-358. Recuperado de <https://doi.org/10.1017/CBO9781139093620>
- [7] Baron, M., y Xiong, W. (2017). "Credit expansion and neglected crash risk," *The Quaterly Journal*, vol. 132(2), May, p. 713-764. Recuperado de <https://doi.org/10.3386/w22695>
- [8] Barriga, G., González, M., Torres, Y., Zurita, E. & Pinilla, D. (2018). "Desarrollo financiero y crecimiento económico en el Ecuador: 2000-2017". *Revista Espacios*, Vol. 39(37), p. 25-34. ISSN: 0798 1015.
- [9] Bencivenga, V., & Smith, B. (1991). "Financial Intermediation and Endogenous Growth," *Review of Economic Studies*, vol. 58(2), April, p. 195-209. Recuperado de <https://doi.org/10.2307/2297964>
- [10] Bencivenga, V., Smith, B., & Starr, R. (1995). "Transactions costs, technological choice, and endogenous growth," *Journal of Economic Theory*, vol. 67, p. 153-177. Recuperado de <https://doi.org/10.1006/jeth.1995.1069>
- [11] Bernard, A., & Jensen, B. (1999). *Exporting and productivity*. Cambridge: National Bureau of Economic Research. Recuperado de <https://doi.org/10.3386/w7135>
- [12] Bhide, A. (1993). "The hidden costs of stock market liquidity," *Journal of financial economics*, vol. 34(1), August, p. 31-51. Recuperado de [https://doi.org/10.1016/0304-405x\(93\)90039-e](https://doi.org/10.1016/0304-405x(93)90039-e)
- [13] Cecchetti, G. y Kharroubi, E. (2012). "Reassessing the Impact of Finance on Growth," *BIS Working Paper*, No.381, July, p. 1-14. ISSN 1682-7678 (online)
- [14] Cheng, I., Hong, H. y Scheinkman, J. (2015). "Yesterday's Heroes: Compensation and Creative Risk-Taking," *Journal of Finance*, vol. 70(2), April, p. 839-879. Recuperado de <https://doi.org/10.3386/w16176>

-
- [15] Clavellina, J. (2013). "Crédito bancario y crecimiento económico en México". *Economía Informa*, Vol. 378, enero-febrero, p. 14-36. Recuperado de [https://doi.org/10.1016/S0185-0849\(13\)71306-9](https://doi.org/10.1016/S0185-0849(13)71306-9)
- [16] Cruz, M. & Lapa, J. (2012). "Crisis y recuperación económica: el papel de la política fiscal," *Revista Problemas del Desarrollo*, Vol. 168(43), enero-marzo, p. 95-115. Recuperado de <https://doi.org/10.22201/iiec.20078951e.2012.168.28639>
- [17] Culp, C., Nozawa, Y., & Veronesi, P. (2018). "Option-Based Credit Spreads," *American Economic Review*, vol. 108(2), February, p. 454-488. Recuperado de <https://doi.org/10.3386/w20776>
- [18] Fieldhouse, A., Mertens, K., & Ravn, M. (2018). "The Macroeconomic effects of Government Asset Purchases: Evidence from Postwar US Housing Credit Policy," *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 133(3), August, p.1503-1560. Recuperado de <https://doi.org/10.3386/w23154>
- [19] García, M., & Han, F. (2015). "Credit Expansion in Emerging Markets: Propeller of Growth?" *IMF Working Paper*, No. 212, September, p. 1-14. Recuperado de <https://doi.org/10.5089/9781513581927.001>
- [20] Geršl, A. & Seidler, J. (2010). "Excessive credit growth as an indicator of financial (in)stability and its use in macroprudential policy," *Czech National Bank*. Retraído 28 febrero 2019 de Czech National Bank Web: http://www.cnb.cz/en/financial_stability/fs_reports/fsr_2010-2011/fsr_2010-2011_article_2.pdf
- [21] González, J., Martínez, J. y Rodríguez, F. (2009). "La crisis financiera y económica del 2008. Origen y consecuencias en los Estados Unidos y México". *El Cotidiano*, No. 157, septiembre-octubre, p. 17-27. ISSN: 0186-1840
- [22] Greenwood, R. y Hanson, S. (2013). "Issues Quality and Corporate Bond Returns," *Review of Financial Studies*, vol. 26(6), June, p. 1483-1525. Recuperado de <https://doi.org/10.1093/rfs/hht016>
- [23] Greenwood, J., & Jovanovic, B. (1990). "Financial Development, Growth, and the Distribution of Income," *Journal of Political Economy*, vol. 98(5), October, p. 1076-1107. Recuperado de <https://doi.org/10.3386/w3189>
- [24] Guerrieri, V., & Lorenzoni, G. (2017). "Credit Crises, Precautionary Savings, and the Liquidity Trap," *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 132(3), August, p. 1427-1467. Recuperado de <https://doi.org/10.3386/w17583>
- [25] Gurley, J., & Shaw, E. (1955) "Financial Aspects of Economic Development," *The American Economic Review*, Vol. 45(4), September, p. 515-538. Recuperado de <https://www.jstor.org/stable/1811632>
- [26] Gujarati, D. & Porter, D. (2010). *Econometría* (Quinta Ed.). McGraw-Hill: México. ISBN: 978-607-15-0294-0
- [27] Hassan, K., Sánchez, B., y Yu, J. (2011). "Financial development and economic growth: New evidence from panel data," *The Quarterly Review of Economics and Finance*, Vol. 51, September, p. 88-104. Recuperado de <https://doi.org/10.2139/ssrn.985889>
- [28] Huang, H. y Lin, S. (2009). "Non-Linear finance-growth nexus: a threshold with instrumental variable approach," *Economics of Transition*, Vol. 17(3), February, p. 439-466. Recuperado de <https://doi.org/10.1111/j.1468-0351.2009.00360.x>
- [29] Kärnä, A. (2019). "Trade Credit Use and Bank Loan Accers: An Agency Theory Perspective" *German Economic Review*. Recuperado de <https://doi.org/10.1515/ger-2019-0023>
- [30] Khan, S.M. and Senhadji, A.S. (2003), "Financial Development and Economic Growth: A review and new evidence," *Journal of African Economies*, vol. 12(2), September, p. 89-110. Recuperado de https://doi.org/10.1093/jae/12.suppl_2.ii89
- [31] King, R. y Levine, R. (1993). "Finance and Growth: Schumpeter Might be Right," *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 108(3), August, p. 717-737. Recuperado de <https://doi.org/10.2307/2118406>
- [32] Korkmaz, S. (2015). "Impact of Bank Credits on Economic Growth and Inflation," *Journal of Applied Finance & Banking*, vol. 5(1), January, p. 59-69. ISSN: 1792-6599 (online)
- [33] Krinichansky, K. & Sergi, B. (2019). "Financial Development and Economic Growth in Russia" *Modeling Economic Growth in Contemporary Russia*, Emerald Publishing Limited, pp. 1-28. Recuperado de <https://doi.org/10.1108/978-1-78973-265-820191001>

- [34] Landa, H. (2019). "Restricción financiera y crecimiento económico en México". *Investigación Económica*, Vol. 78(309), p. 27-57. Recuperado de <https://doi.org/10.22201/fe.01851667p.2019.309.70118>
- [35] Law, S. y Singh, N. (2013). "Does too much finance harm economic growth?" *Journal of Banking & Finance*, vol. 41, April, p. 36-44. Recuperado de <https://doi.org/10.2139/ssrn.3039190>
- [36] Levine, R. (1991). "Stock Markets, Growth, and Tax Policy". *Journal of Finance*, vol. 46(4), September, p. 1445-1465. Recuperado de <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1991.tb04625.x>
- [37] --- (1997). "Financial development and economic growth: Views and agenda," *Journal of Economic Literature*, vol. 35(2), June, p. 688-726. Recuperado de <https://doi.org/10.1596/1813-9450-1678>
- [38] --- (1998). "The Legal Environment, Banks, and Long-Run Economic Growth," *Journal of Money, Credit, and Banking*, vol. 30(3), August, p. 596-613. Recuperado de <https://doi.org/10.2307/2601259>
- [39] León, J. & Alvarado, C. (2015). "México: estabilidad de precios y limitaciones del canal de crédito bancario". *Problemas del Desarrollo*, Vol. 46(181), abril-junio, p. 75-100. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.rpd.2015.03.002>
- [40] Lucas, R. (1988). "On the mechanics of economic development," *Journal of Monetary Economics*, vol. 22, February, p. 3-42. Recuperado de [https://doi.org/10.1016/0304-3932\(88\)90168-7](https://doi.org/10.1016/0304-3932(88)90168-7)
- [41] Mah, J. & Yoon, S. (2020). "The Effects of Grants and Loans on Economic Growth in Sub-Sahara Africa: Considering Different Types of Income Level" *The Journal of International Trade & Economic*, Vol. 29(5), p. 604-618. Recuperado de <https://doi.org/10.1080/09638199.2019.1708962>
- [42] Martín, A., & Ventura, J. (2012). "Economic Growth with Bubbles," *American Economic Review*, vol. 102(6), October, p. 3033-3058. Recuperado de <https://doi.org/10.3386/w15870>
- [43] Masduzzaman, M., Parveen, F., Islam, S. & Dipty, S. (2019). "Role of Bank Loans for Increasing the Productivity of Small and Medium Sized Enterprises (SMEs) in Bangladesh" *Australian Academy of Accounting and Finance Review*, 5(2), p. 85-93. ISSN (Online) 2205-6688
- [44] McKinnon, R. (1973). *Money and capital in economic development*. Washington, DC: Brookings Institution. Recuperado de [https://doi.org/10.1016/0305-750x\(74\)90098-9](https://doi.org/10.1016/0305-750x(74)90098-9)
- [45] Miao, J., & Wang, P. (2017). "Asset Bubbles and Credit Constraints," *American Economic Review*, vol. 108(9), September, p. 2590-262. Recuperado de <https://doi.org/10.1257/aer.20160782>
- [46] Montoya, J. (2016). "El Desarrollo Financiero y Crecimiento Económico". *Revista Electrónica de Investigación en Ciencias Económicas*, Vol. 4(7), enero-junio, p. 325-349. Recuperado de <https://doi.org/10.5377/reice.v4i7.2837>
- [47] Obstfeld, M. (1994). "Evaluating risky consumption paths: The role of intertemporal substitutability," *European Economic Review*, vol. 38(7), August, p. 1471-1486. Recuperado de <https://doi.org/10.3386/t0120>
- [48] OCDE (2017). *Estudios Económicos de la OCDE: México*. Recuperado de <https://doi.org/10.1787/9789264269040-2-es>
- [49] Ortiz, A. (2009). "Impacto de la crisis económica global en la economía mexicana, 2008-2009 y perspectivas en el corto plazo," *Dimensión Económica*, septiembre-diciembre, vol. 1(1), p. 1-6. ISSN: 2007 - 1892
- [50] Romero, E., & Minto, G. (2010). "Crisis y recuperación de la economía mexicana," *Dimensión Económica*, vol. 1(3), mayo-agosto, p. 67-79. Recuperado de <http://revistas.unam.mx/index.php/rde/article/view/21551>
- [51] Schularick, M. y Taylor, A. (2012). "Credit Booms Gone Bust: Monetary Policy, Leverage Cycles and Financial Crises, 1870-2008," *American Economic Review*, vol. 102(2), p. 1029-106. Recuperado de <https://doi.org/10.3386/w15512>
- [52] Schumpeter, J. (1912). *The theory of economic development*. Cambridge, MA: Harvard University Press. Recuperado de https://doi.org/10.1007/0-306-48082-4_3
- [53] Shaw, E. (1973). *Financial deepening in economic development*. New York: Oxford University Press. Recuperado de <https://doi.org/10.2307/2230515>
- [54] Shleifer, A., y Vishny, R. (1986). "Large shareholders and corporate control," *Journal of political economy*, vol. 94(3), p. 461-488. Recuperado de <https://doi.org/10.1086/261385>

- [55] Smith, V. (1994). "Economics in the laboratory," *Journal of Economic Perspectives*, vol. 8(1), p. 113-131. Recuperado de <https://doi.org/10.1017/cbo9780511819025.023>
- [56] Sreerama, K., Sailaja, K. & Mullugeta, W. (2012). "The Long-Run Impact of Bank Credit on Economic Growth in Ethiopia," *European Journal of Business and Management*, vol. 4(14), October, p. 20-33. ISSN 2222-2839 (Online)
- [57] Támara, L., Eusse, L. & Castellón, A. (2017). "Desarrollo financiero sobre el crecimiento económico de Colombia y Chile, 1982-2014". *Finanzas y Política Económica*, Vol. 9(1), p. 57-67. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.14718/revfinanzpolitecon.2017.9.1.4>.
- [58] Tóala, I., Navarro, D. & Hablich, F. (2018). "Diagnóstico de la participación del Sector Bancario Privado como herramienta para el Crecimiento Económico del Ecuador periodo 2015-2017". *Revista Científica de Investigación Actualización del Mundo de las Ciencias*, Vol. 2(1), p. 1036-1050. Recuperado de <https://doi.org/10.26820/reciamuc/2.1.2018.1036-1050>
- [59] Torre, L. & Flores, M. (2020). "Crédito Bancario al Sector Privado y Crecimiento Económico en México: Un Análisis con Datos de Panel por Entidad Federativa 2005-2018". *Banco de México*, No. 2020-17. Recuperado de <https://www.banxico.org.mx/publicaciones-y-prensa/documentos-de-investigacion-del-banco-de-mexico/%7B7B135C9F-CC2C-B5D8-A73F-02AE7519E04F%7D.pdf>
- [60] Woodridge, J. (2010). *Introducción a la econometría: un enfoque moderno* (Cuarta Ed.). CENGAGE Learning: México. ISBN-13: 978-607-481-312-8
- [61] Zafar, M., Ahmad, N. & Hussain, Z. (2012). "Impact of Savings and Credit on Economic Growth in Pakistan," *Pakistan Journal of Social Sciences*, vol. 32(1), p. 39-48. ISSN: 1638-883
- [62] Zhang, J., Wang, L. y Wang, S. (2012). "Financial Development and Economic Growth: Recent Evidence from China," *Journal of Comparative Economics*, vol. 40(3), August, p. 393-412. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.jce.2012.01.001>
- [63] Zhang, Y., Zhai, L. & Sun, H. (2019). "Does the Level of Financial Leasing Matter in the Impact of Bank Lending on Economic Growth: Evidence from the Global Market (2006-2016)" *Finance Research Letters*, Vol. 30, p. 352-359. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.frl.2018.10.020>

Biografía

David Salvador Cisneros Zepeda es Doctor en Ciencias Sociales por la Universidad Autónoma de Sinaloa. Profesor de la Universidad Autónoma de Sinaloa, adscrito a los cursos de Macroeconomía, Estadística y Probabilidad, y Matemáticas. Se puede contactar en la Facultad de Estudios Internacionales y Políticas Públicas, prolongación Josefa Ortiz de Domínguez s/n Polígono Sur, Ciudad Universitaria, Culiacán, Sinaloa. Correo electrónico david.cisneros@uas.edu.mx

Anexo 1. Crédito otorgado por la Banca Comercial a las actividades productivas en México: 1994-2017.

Año	Agropecuario		Industria		Servicios		Crédito a Vivienda		Consumo	
1994	\$ 477,348.00	7.09%	\$ 1,911,936.00	28.41%	\$ 2,566,474.80	38.14%	\$ 1,212,814.80	18.02%	\$ 560,319.60	8.33%
1995	\$ 485,126.00	6.64%	\$ 2,062,645.10	28.22%	\$ 2,716,677.70	37.17%	\$ 1,531,874.40	20.96%	\$ 511,946.10	7.01%
1996	\$ 543,697.00	6.35%	\$ 2,479,413.60	28.95%	\$ 2,673,360.30	31.22%	\$ 2,417,553.60	28.23%	\$ 450,243.40	5.26%
1997	\$ 565,711.00	6.13%	\$ 2,552,005.80	27.64%	\$ 2,917,104.10	31.59%	\$ 2,821,111.90	30.55%	\$ 377,540.30	4.09%
1998	\$ 556,064.00	6.12%	\$ 2,671,111.90	29.39%	\$ 2,777,877.20	30.57%	\$ 2,720,079.10	29.93%	\$ 362,722.40	3.99%
1999	\$ 559,134.30	5.93%	\$ 2,633,127.30	27.93%	\$ 2,812,247.90	29.83%	\$ 3,018,908.40	32.03%	\$ 403,014.20	4.28%
2000	\$ 452,297.30	5.25%	\$ 2,328,931.00	27.01%	\$ 2,631,947.20	30.53%	\$ 2,759,391.30	32.00%	\$ 449,336.40	5.21%
2001	\$ 403,540.50	5.20%	\$ 2,116,632.30	27.28%	\$ 2,468,189.20	31.81%	\$ 2,161,796.30	27.86%	\$ 610,171.90	7.86%
2002	\$ 279,498.30	3.94%	\$ 1,858,131.60	26.17%	\$ 2,202,689.30	31.02%	\$ 1,937,113.00	27.28%	\$ 823,647.60	11.60%
2003	\$ 238,846.10	3.24%	\$ 1,902,432.00	25.83%	\$ 2,340,340.80	31.77%	\$ 1,733,793.00	23.54%	\$ 1,151,156.40	15.63%
2004	\$ 245,143.70	3.10%	\$ 1,882,024.30	23.80%	\$ 2,418,221.50	30.58%	\$ 1,636,834.10	20.70%	\$ 1,726,405.30	21.83%
2005	\$ 246,245.80	2.64%	\$ 2,008,749.50	21.51%	\$ 2,670,567.10	28.60%	\$ 1,801,086.90	19.29%	\$ 2,610,170.30	27.96%
2006	\$ 241,019.40	2.03%	\$ 2,063,563.00	17.37%	\$ 3,072,954.30	25.87%	\$ 2,572,584.90	21.66%	\$ 3,927,291.10	33.07%
2007	\$ 281,334.20	1.81%	\$ 3,018,967.80	19.46%	\$ 3,832,200.00	24.70%	\$ 3,153,342.60	20.32%	\$ 5,230,095.80	33.71%
2008	\$ 353,836.80	1.87%	\$ 4,066,997.40	21.54%	\$ 4,849,710.30	25.69%	\$ 3,677,537.00	19.48%	\$ 5,930,913.00	31.42%
2009	\$ 363,032.50	1.86%	\$ 4,870,969.70	24.93%	\$ 5,129,643.90	26.26%	\$ 4,030,139.30	20.63%	\$ 5,142,457.20	26.32%
2010	\$ 385,791.20	1.93%	\$ 5,121,480.90	25.66%	\$ 5,290,679.20	26.51%	\$ 4,400,918.80	22.05%	\$ 4,760,613.20	23.85%
2011	\$ 523,492.30	2.03%	\$ 6,356,212.30	24.69%	\$ 6,806,496.80	26.44%	\$ 5,283,302.20	20.52%	\$ 6,773,969.40	26.31%
2012	\$ 523,492.30	2.03%	\$ 6,356,212.30	24.69%	\$ 6,806,496.80	26.44%	\$ 5,283,302.20	20.52%	\$ 6,773,969.40	26.31%
2013	\$ 604,728.00	2.12%	\$ 6,881,843.70	24.15%	\$ 7,488,523.60	26.28%	\$ 5,694,757.40	19.99%	\$ 7,822,105.30	27.45%
2014	\$ 637,594.20	2.07%	\$ 7,186,019.10	23.32%	\$ 8,395,440.00	27.24%	\$ 6,160,521.50	19.99%	\$ 8,439,350.50	27.38%
2015	\$ 699,006.70	2.05%	\$ 8,195,796.50	23.98%	\$ 9,439,576.00	27.62%	\$ 6,817,997.40	19.95%	\$ 9,027,321.70	26.41%
2016	\$ 827,690.20	2.12%	\$ 9,320,742.80	23.82%	\$ 11,191,554.90	28.60%	\$ 7,646,553.80	19.54%	\$ 10,139,734.40	25.92%
2017	\$ 913,037.10	2.09%	\$ 10,250,198.20	23.43%	\$ 13,231,942.50	30.24%	\$ 8,465,017.20	19.35%	\$ 10,894,181.50	24.90%

Fuente: elaboración propia con datos del INEGI (inegi.org.mx). Nota: año base 2013.

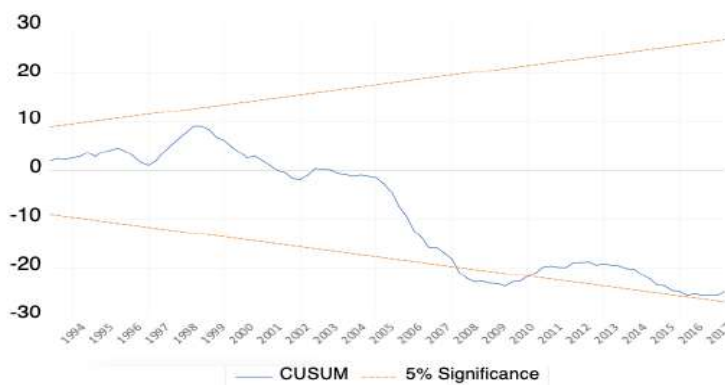
Anexo 2. Crédito otorgado por la Banca de Desarrollo a las actividades productivas en México: 1994-2017.

Año	Agropecuario		Industria		Servicios		Crédito a Vivienda		Consumo	
1994	\$ 139,104.00	24.28%	\$ 204,060.00	34.25%	\$ 185,835.60	32.43%	\$ 24,310.80	4.24%	\$ 19,706.40	3.44%
1995	\$ 161,169.00	23.97%	\$ 257,895.00	35.17%	\$ 203,376.00	30.24%	\$ 28,192.40	4.19%	\$ 21,866.40	3.25%
1996	\$ 207,862.00	26.02%	\$ 351,365.00	35.84%	\$ 178,653.20	22.36%	\$ 34,910.00	4.37%	\$ 26,054.00	3.26%
1997	\$ 226,075.00	28.28%	\$ 330,953.30	34.03%	\$ 166,530.50	20.83%	\$ 42,210.10	5.28%	\$ 33,604.10	4.20%
1998	\$ 221,585.00	30.93%	\$ 284,941.50	32.41%	\$ 131,956.60	18.42%	\$ 43,841.40	6.12%	\$ 34,002.50	4.75%
1999	\$ 133,360.00	20.38%	\$ 349,569.60	38.25%	\$ 90,286.00	13.80%	\$ 40,663.80	6.21%	\$ 40,584.10	6.20%
2000	\$ 165,536.00	22.56%	\$ 386,993.30	38.34%	\$ 101,196.60	13.79%	\$ 34,967.30	4.77%	\$ 45,063.20	6.14%
2001	\$ 184,949.40	22.30%	\$ 424,988.60	38.33%	\$ 107,880.50	13.01%	\$ 36,864.80	4.45%	\$ 74,593.70	9.00%
2002	\$ 197,087.30	21.03%	\$ 472,949.80	38.56%	\$ 143,663.50	15.33%	\$ 41,840.80	4.46%	\$ 81,758.40	8.72%
2003	\$ 178,596.50	18.20%	\$ 513,802.60	40.02%	\$ 173,333.20	17.66%	\$ 38,757.90	3.95%	\$ 76,977.30	7.84%

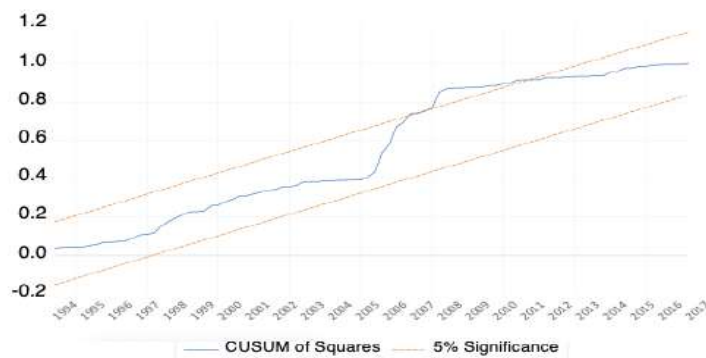
2004	\$ 132,206.60	14.77%	\$ 468,411.00	41.03%	\$ 189,297.10	21.14%	\$ 36,281.30	4.05%	\$ 69,147.70	7.72%
2005	\$ 9,171.50	1.60%	\$ 278,802.60	42.72%	\$ 159,607.70	27.76%	\$ 42,955.50	7.47%	\$ 84,407.10	14.68%
2006	\$ 10,180.90	1.71%	\$ 297,340.40	42.56%	\$ 156,005.00	26.14%	\$ 46,917.20	7.86%	\$ 86,433.30	14.48%
2007	\$ 4,523.70	0.78%	\$ 280,610.10	42.00%	\$ 149,671.40	25.69%	\$ 51,222.00	8.79%	\$ 96,627.30	16.58%
2008	\$ 4,063.90	0.63%	\$ 301,255.70	40.96%	\$ 169,466.30	26.11%	\$ 64,478.40	9.93%	\$ 109,747.90	16.91%
2009	\$ 4,506.10	0.48%	\$ 488,152.50	43.19%	\$ 245,904.00	25.97%	\$ 74,696.80	7.89%	\$ 133,538.50	14.10%
2010	\$ 1,740.00	0.15%	\$ 604,753.70	43.54%	\$ 290,438.00	25.70%	\$ 88,887.50	7.87%	\$ 144,340.30	12.77%
2011	\$ 6,241.10	0.34%	\$ 1,188,401.60	45.19%	\$ 359,360.90	19.35%	\$ 123,300.90	6.64%	\$ 180,226.30	9.70%
2012	\$ 6,241.10	0.34%	\$ 1,188,401.60	45.19%	\$ 359,360.90	19.35%	\$ 123,300.90	6.64%	\$ 180,226.30	9.70%
2013	\$ 16,026.10	0.73%	\$ 1,397,065.40	45.33%	\$ 466,884.40	21.15%	\$ 135,960.30	6.16%	\$ 191,690.90	8.68%
2014	\$ 29,378.50	1.06%	\$ 1,673,178.70	45.72%	\$ 700,953.80	25.22%	\$ 141,893.50	5.10%	\$ 234,427.60	8.43%
2015	\$ 34,005.30	0.97%	\$ 2,089,270.20	46.28%	\$ 921,147.10	26.33%	\$ 150,790.10	4.31%	\$ 302,827.60	8.66%
2016	\$ 27,471.20	0.65%	\$ 2,385,286.80	46.57%	\$ 1,309,654.60	30.82%	\$ 161,743.70	3.81%	\$ 364,877.00	8.59%
2017	\$ 26,328.70	0.57%	\$ 2,420,915.60	46.66%	\$ 1,592,760.60	34.19%	\$ 160,394.20	3.44%	\$ 457,968.00	9.83%

Fuete: elaboración propia con datos del INEGI (inegi.org.mx). Nota: año base 2013.

Anexo 3. Pruebas Cusum y Cusum of Square para Cambio Estructural

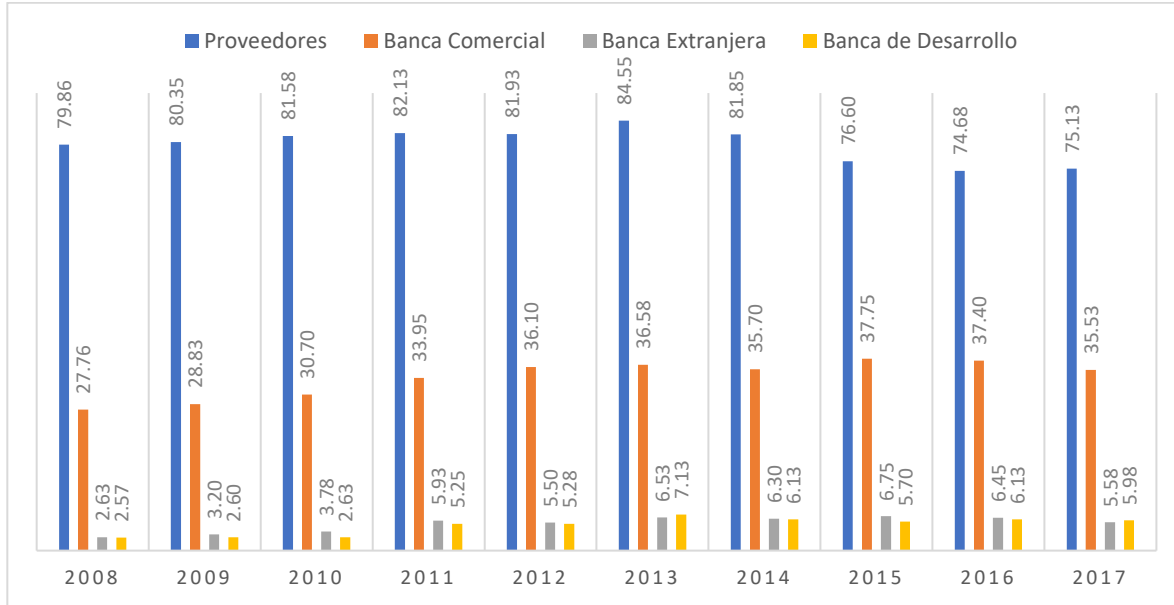


Fuete: elaboración con datos del BIE del INEGI con el programa Eviews 11



Fuete: elaboración con datos del BIE del INEGI con el programa Eviews 11

Anexo 4. Tipos de crédito obtenidos por las empresas en México: promedios anuales, 2008-2017



Fuente: elaboración propia con base de datos de la Encuesta Coyuntural del Mercado Crediticio de BANXICO (banxico.org).

Anexo 5. Pruebas de Causalidad de Granger

Relación Causal		Rezago	X ²	p-value	
PIB (lnpib)	⇒	Crédito al Consumo (lnconsc)	1	36.45899	0.0000
Crédito al Consumo (lnconsc)	⇏	PIB (lnpib)	1	0.325623	0.5682
PIB (lnpib)	⇒	Crédito al Consumo (lnconsc)	2	14.22076	0.0008
Crédito al Consumo (lnconsc)	⇏	PIB (lnpib)	2	0.667892	0.7161
PIB (lnpib)	⇒	Crédito a la Industria (lncind)	1	29.81588	0.0000
Crédito a la Industria (lncind)	⇏	PIB (lnpib)	1	0.004586	0.9460
PIB (lnpib)	⇒	Crédito a la Industria (lncind)	2	9.066918	0.0107
Crédito a la Industria (lncind)	⇏	PIB (lnpib)	2	1.024326	0.5992

Nota: el símbolo ⇏ denota "no causalidad", y el símbolo ⇒ denota "causalidad". Los símbolos *, ** y *** se refieren al nivel de significancia en 10%, 5% y 1%, respectivamente.

Fuente: elaboración propia con datos del BIE del INEGI, con el program Eviews 11.

Economic Efficiency of the Main Oil Producing Countries in Upstream Sector in the Period 2010-2017

José César Lenin Navarro Chávez¹ - Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México
Odette Virginia Delfín Ortega² - Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México
Enrique Guardado Ibarra - Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México

Abstract

This work aims to calculate the economic efficiency of the main upstream oil producing countries in 2010-2017, using the Data Envelopment Analysis (DEA) methodology. In the beginning the technical efficiency is determined, next allocative efficiency is calculated to finally obtain the economic efficiency. The countries analyzed were: United States, Russia, Canada, China, United Arab Emirates, Kuwait, Brazil, Kazakhstan, Mexico, Angola, Venezuela, Algeria, United Kingdom, Holland, France and Spain. It can be seen from the results that no country was efficient in economic terms. However, Russia had the highest levels of economic efficiency, on the opposite side, France has the lowest values in this indicator. It is recommended to establish strategies in the sector to avoid economic vulnerability in some countries. The main limitation is the availability of the data. The originality of the research consists in obtaining economic efficiency in this industry, since there are no studies with these specific characteristics. It is concluded that in terms of economic efficiency, there was no adequate use of resources in the upstream oil industry.

JEL Classification: C51, C61, C67, Q49.

Keywords: Economic efficiency, upstream oil industry, DEA.

Eficiencia Económica de los Principales Países Productores de Petróleo en el Sector Upstream en el Período 2010-2017

Resumen

Este trabajo tiene como objetivo calcular la eficiencia económica de los principales países productores de petróleo upstream en 2010-2017, utilizando la metodología Data Envelopment Analysis (DEA). En principio se determina la eficiencia técnica, posteriormente se calcula la eficiencia asignativa para finalmente obtener la eficiencia económica. Los países que se analizaron fueron: Estados Unidos, Rusia, Canadá, China, Emiratos Árabes Unidos, Kuwait, Brasil, Kazajstán, México, Angola, Venezuela, Argelia, Reino Unido, Holanda, Francia y España. Se puede ver en los resultados que ningún país fue eficiente en términos económicos. Sin embargo, Rusia tuvo los niveles más altos de eficiencia económica, en el lado opuesto, Francia se encuentra con los valores más bajos en este indicador. Se recomienda establecer estrategias en el sector para evitar la vulnerabilidad económica en algunos países. La principal limitación es la disponibilidad de los datos. La originalidad de la investigación consiste en obtener la eficiencia económica en esta industria, ya que no existen estudios con estas características específicas. Se concluye que en términos de eficiencia económica, no hubo un uso adecuado de los recursos en la industria petrolera *upstream*.

Clasificación JEL: C51, C61, C67, Q49.

Palabras clave: Eficiencia económica, industria petrolera upstream, DEA.

¹ Corresponding author. Professor -Researcher at the Institute for Economic and Business Research. Email: cesar.navarro@umich.mx; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4465-8117>

² ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0990-6768>

* No source of funding for research development



1. Introduction

The international oil industry in its beginnings expanded rapidly at the end of World War II, after having discovered the largest of the oil reserves with very low production costs in Venezuela and a group of countries in the Middle East, by a group of American and European companies (Parra, 2005).

The oil sector is currently going through a time of crisis as in all hydrocarbon-producing countries, due the irreversible changes in extraction projects and the unfair supply in its commercialization, which is challenging the world oil industry, and the consequence is the fall in the price of crude oil (Salgado, 2017). In addition to the global oil crisis, Lajous (2008) mentions that the Mexican oil industry faces a critical juncture, this due to the fact that the expansion phase of the crude oil production cycle started in Mexico and ended in 1996.

There has been an increasing need to investigate the oil industry to make proposals to improve them all their processes and generate higher profits. Some studies have focused on the analysis of efficiency using parametric and non-parametric methods in the upstream area, allowing the identification of areas of opportunity to improve them (Grassian, Bahatem, Scott, and Olsen, 2017; Idowu, Iledare, Omowumi, Echendu and Achi, 2019).

It is also presented proposals to measure the efficiency applying Data Envelopment Analysis (DEA) methodology as well as it has also measured the Total Factor Productivity (TFP) in the oil sector through Malmquist index. With this methodology it is possible to disaggregate the change in TFP into technological change and efficiency change, which allows to analyze the behavior that has occurred over time and thus be able to determine what caused the improvements or setbacks in TFP (Chidi and Hyunjung, 2014; Wang, Zhu and Liu, 2019).

Other studies are also presented where authors have analyzed technical and economic efficiency using the DEA methodology in oil and gas sector. In these models they have included economic variables (prices and profits), being able to identify a decrease in efficiency in 2008 due to the drop in prices in world oil markets (Cosme, Marques, and Rodrigues de Almeida, 2017; Oke and Kareem, 2013; Vikas and Basal, 2018; Zhang, Wu., Li, Xu and Song, 2017).

Studies have also been conducted on the oil sector and its relationship to economic growth, examining the role of oil in the world economy. They carried out studies where they analyzed oil revenues as well as the impact of oil on different economic sectors and explained the reasons for the disturbances in oil prices and their relationship with the reduction in economic growth. For this, econometric models such as time series are used where they perform unit root tests, cointegration model, as well as the error correction model (ECM), to analyze the long and short-term models. They have also presented panel data models applying FMOLS and DOLS. The variables normally used for these models are gross domestic product (GDP), oil revenues (OREV), public spending, the attraction of foreign direct investment and foreign exchange reserves (Al-Mawalil, Mohamad and Al-Busaidi, 2016; Difiglio, 2014; Donwa, Mgbame and Ekpulu, 2015; Humbatova and Qadim-Oglu, 2019; Nweze and Edame, 2016).

Following the importance of efficiency analysis studies in oil sector, this research aims to determine the economic efficiency in the main upstream³ oil producing countries in the world - United States, Russia, Canada, China, United Arab Emirates, Kuwait, Brazil, Kazakhstan, Mexico, Angola, Venezuela, Algeria, United Kingdom, Netherlands, France and Spain- in the period 2010-2017. The hypothesis raised is that the main upstream oil producing countries in the world were not economically efficient during 2010-2017 period. To carry out this study, the methodology of Data Enveloped Analysis (DEA) is used, where technical efficiency, allocative efficiency and economic efficiency are calculated.

The importance of this research is that, although oil industry worldwide, and mainly in Mexico has had a series of ups and downs, it continues to be the main source of energy worldwide, and according to projections from the main private and state oil companies will continue to be for at least fifty more years, which is why studying and identifying the efficiency levels of this industry becomes more relevant. In methodological terms, it becomes more important since, to date, no studies have been conducted on economic efficiency of oil industry worldwide through the application of DEA model.

This paper is structured as follows. In the first, there is an introduction; in the next section, a description of the oil industry in the world is presented; in the third, there is the section on materials and methods; in the fourth section, there is the development of the model; in the fifth, the results and discussion are available; and, in the sixth, the conclusions are presented.

2. Oil Industry in the World

Currently, many countries have managed to develop thanks to the oil industry, since this industry has a great influence on their respective economies because it occupies one of the main places in the generation of foreign exchange (OPEC, 2020a). This industry has had both increasing and decreasing behavior throughout history, going through moments of great economic abundance, as well as great crises that have affected many countries, both producers and dependent on this resource (Rabasa, 2013). This due to its own nature exposed to fluctuating conditions and to the economic policies that the producing countries have adopted towards this industry.

Figure 1 shows the behavior of the average price of oil set by the Organization of Petroleum Exporting Countries (OPEC, 2020b) in the period 1960-2019, where it is observed that in the first decade of the period analyzed, the price per barrel remained stable with a value around 1 dollar. However, from the 1970s it begins to show a considerable increase, reaching the highest price in 1980 with an average price of \$ 35.52 per barrel.

In the following years, the price began to drop until the 2000s, when the price of oil rose again considerably, reaching a value of \$ 94.1 in 2008, to drop the following year with an average value of \$ 60.86, due to the financial crisis that occurred worldwide. In the following years, there is an unstable behavior in prices with highs and lows, reaching the maximum price in 2012 with \$ 109.45 and closing the year of 2019 with an average of \$ 63.92 p / barrel.

³ The oil industry is divided into three main sectors: upstream, midstream, and downstream. Upstream comprises activities related to exploration and production. In midstream, activities related to the transportation of fuels are considered, finally in downstream are the activities related to fuel distribution (PEMEX,2020). In this article, it will be covered the upstream sector.

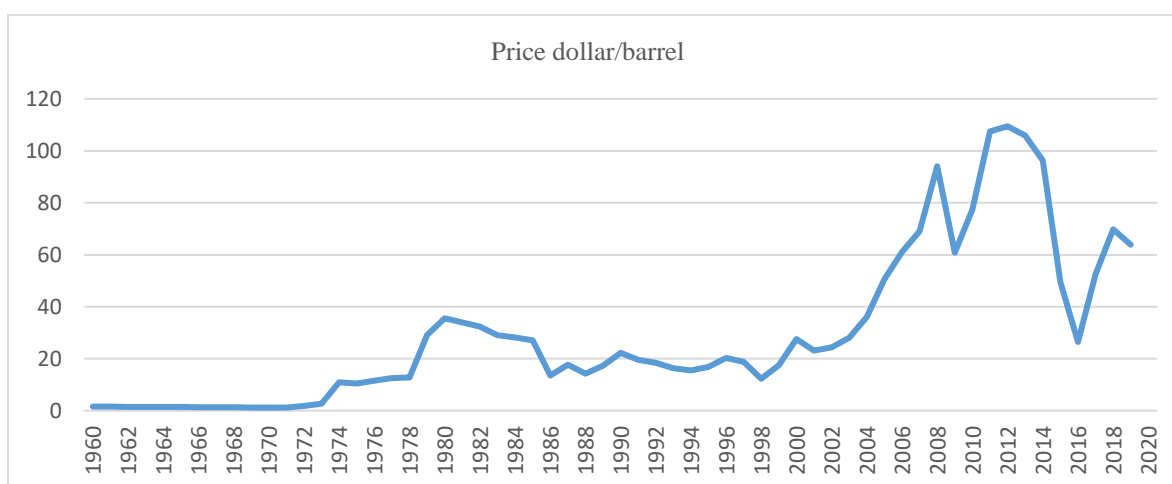


Figure 1. Average Annual OPEC Crude Oil Price from 1960 to 2020

Source: OPEC, 2020

Oil gains are not the same for all countries as they influence their operating expenses, production and energy policies. Oil rent is the difference between the value of crude oil production at world prices and total production costs (World Bank, 2020). In figure 2, it is observed the evolution of oil rents worldwide as a percentage of GDP, where for the year 1970 it represented 0.46%, having an increasing behavior in the following years, reaching the peak in 1980 with 4.51%. Subsequently, it shows a considerable drop in successive years with a slight recovery in 2008, again showing a drop in 2009 due mainly to the financial crisis, and for 2017 it closed with 1.08% as a percentage of GDP.

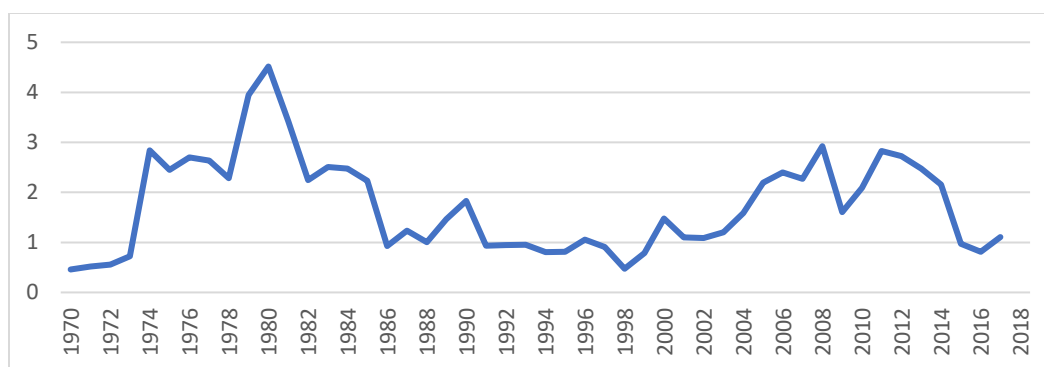


Figure 2. World Oil Rents. (Percentage of GDP)

Source: World Bank, 2020.

For Mexico, oil has played a determining role in the development of its economy over the years, its public finances, the development and growth of industry, technological development, trade balance, relations with the exterior, etc. In Mexico, 88% of consumed energy throughout the country, comes from hydrocarbons (INEGI, 2018).

Historically, oil revenues have been a fundamental base for the growth and economic development of the country with important contributions to the Gross Domestic Product (GDP). Figure 3 shows the evolution and importance of the contribution of oil revenues to the Mexican budget revenue.

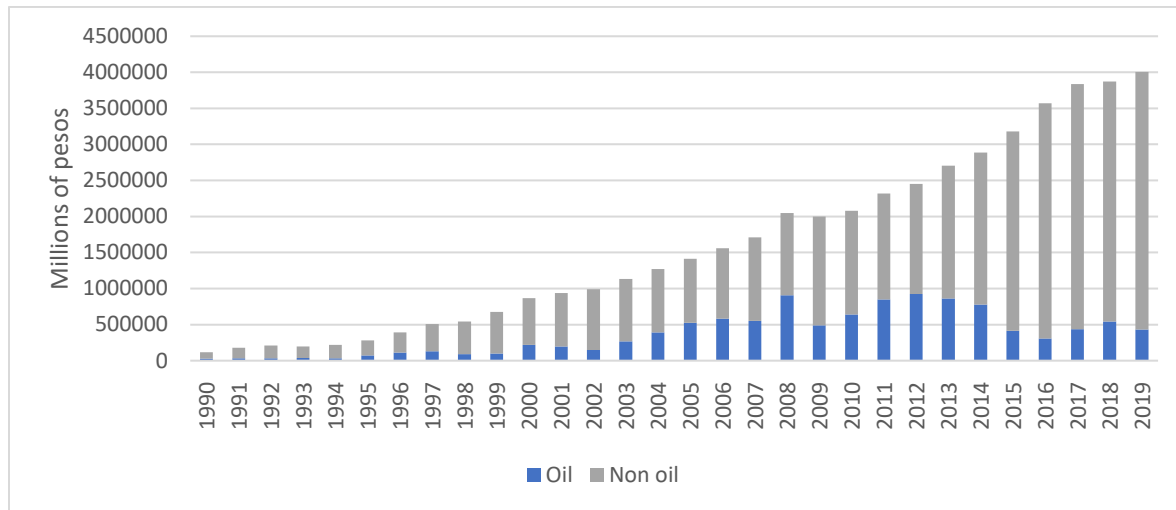


Figure 3. Oil and Non-Oil Budget Revenues 1990-2019
 (Millions of pesos)

Source: Own elaboration based on SHCP, 2020

As can be seen in figure 3, oil revenues have played a very important role for Mexican economy. Currently oil revenues have fallen due to production problems and oil prices worldwide, among other factors. For 2020, oil revenues were \$431,922.6 millions of pesos, which represents a 10.78% contribution to GDP (SHCP, 2020).

3. Materials and Methods

Stiglitz (1981) mentions that efficiency is considered according to the Pareto Optimum, if there is no feasible alternative allocation of resources that can improve one individual without worsening another. For Coll and Blasco (2006), efficiency is considered as the proper use of resources. Efficiency can be defined as the relationship between the inputs used and outputs obtained.

Farrell (1957), was the first to develop the theoretical and methodological basis of efficiency, disaggregating it into technique and allocative. Although it is important to obtain technical efficiency it is necessary to take into account price efficiency, “one also needs a measure of the extent to which a firm uses the various factors of production in the best proportions, in view of their prices” (Farrell, 1957, p. 254). In the measurement of technical efficiency, inputs and outputs of the different decision-making units (DMUs) are used and in the case of allocative efficiency, costs or prices are required according to the orientation. The economic or global efficiency is obtained by the calculations made of the technical and allocative efficiency

3.1 Concept of technical efficiency

The first formal definition of technical efficiency said that “a vector composed of inputs and outputs will be technically efficient if it is technologically impossible to increase any output or reduce any input, without simultaneously reducing another output or increase another input” (Koopmans, 1951, p. 460). Likewise, Debreu (1951) and Shephard (1953) contributed in the measurement of technical efficiency although with different orientation (output and input, respectively). Subsequently, Farrell in 1957, made a great contribution where he proposed to visualize efficiency from a real and not an ideal perspective, where each firm or productive unit is evaluated in relation to others taken from a homogeneous representative group. In this way, the measurement of efficiency will be relative and not absolute, where the achieved value of efficiency for a given firm corresponds to an expression of the deviation observed with respect to those considered efficient.

The technical efficiency measures inspired by the proposals of Farrell (1957) and Debreu (1951) are radial. The radial nature alludes to the fact that they measure the maximum equiproportional reduction of all the factors that would be compatible with the same production level or, alternatively, the greater equiproportional increase in the products that could be obtained using the factors in the same quantity. They contemplate increases in the products or reductions in the factors, but all of them in the same proportion, so they are invariant when faced with changes in the units of measurement.

Later Charnes, Cooper and Rhodes (1978) continued studies of Farrell (1957); they used linear programming under constant returns to scale (CRS), which mentions that when a change is made in the input levels, a change is also generated in the same proportion in the outputs. The model formula with constant returns, input orientation in its enveloping form is as follows (Zhu and Cook, 2007):

$$\begin{aligned} \theta^* &= \min_{\theta, \lambda} \theta & (1) \\ \text{Subject to } & Y\lambda \geq Y_i \\ & X\lambda \leq \theta X_i \\ & \lambda \geq 0 \end{aligned}$$

Where θ^* is the optimal efficiency solution, θ indicates the distance in inputs to the data envelope, that is, the efficiency measure. Y is the matrix of outputs, X is the matrix of inputs, X_i are the values of inputs and Y_i are the values of outputs, λ is the vector of weights.

Banker, Charnes, and Cooper (1984) modify the assumption of constant returns to scale considered in the CRS model and develop the model with variable returns to scale (VRS), in which they included a restriction. This is because there are various factors such as restrictions on access to financing sources, imperfect competition and markets, etc., and this causes that the units does not work at an optimal scale. In this way the original CRS model is modified and the following restriction is added to the linear programming formula: $\sum \lambda = 1$. It is presented the model of variable returns to scale with input orientation:

$$\begin{aligned} \theta^* &= \min_{\theta, \lambda} \theta & (2) \\ \text{Subject to } & Y\lambda \geq Y_i \\ & X\lambda \leq \theta X_i \\ & N1'\lambda = 1 \\ & \lambda, s^+, s^- \geq 0 \end{aligned}$$

The evaluated unit will be classified as efficient, according to the Pareto-Koopmans definition, if and only if in the optimal solution $\theta^* = 1$ and the gap variables are all null, that is, $s^{+*} = 0$ y $s^{-*} = 0$ (Zhu and Cook, 2007).

3.2 Concept of allocative efficiency

For Gravelle and Rees (1981), allocative efficiency is understood as price signals must be economically efficient, that is, they must approach an optimal Pareto allocation. They consider that exist three basic conditions must be met to achieve allocation efficiency:

- Economic efficiency. It implies technological efficiency and uses a combination of factors that reduce costs.
- Consumer efficiency. This situation happens when consumers fail to improve by redistributing their budgets.
- Equality of marginal cost. It is the cost that is generated after producing an additional unit of product.
- Marginal social benefit. It refers to the value of the benefit of an additional unit of consumption, which includes external benefits.

Yarad (1990) mentions that allocative efficiency is the minimum monetary expenditure possible to be applied to all the inputs used according to their prices to produce a specific good.

González-Páramo (1995) mentions that for there to be allocative or pricing efficiency, a company must minimize its costs or maximize its profits.

It is considered that there is allocative efficiency when a company has managed to work optimally in its production, using a combination of factors that allows it to minimize the costs generated to produce a quantity of specific goods (Bosch, Navarro and Giovagnoli, 1999).

Inspired by the works of Debreu and Koopmans, Farrell (1957) obtains a measure of total efficiency, made up of two elements: technical efficiency and allocative efficiency. This author considers a firm that uses two factors of production (input) to produce a single product (output), under conditions of constant returns to scale. The assumption of constant returns to scale allows all relevant information to be presented in one isoquant. This restriction is later abandoned, when working an alternative model where it measures efficiency under conditions of non-constant returns to scale (Farrell and Fieldhouse, 1962).

In figure 1, point P represents the inputs of the two factors per unit of product that the company needs. The isoquant SS' represents the possible combinations of the two factors that the most efficient company could require to produce a unit of product (Farrell, 1957).

Point Q represents an efficient company that uses both factors in the same proportion as company P. The OQ / OP ratio defines the technical efficiency of company P (Farrell, 1957). In addition, a measure is needed to explain when a company uses the factors of production in the best proportions, according to its prices (the AA' isocost line). The OR / OQ ratio measures allocative efficiency and as such refers to the appropriate (or inappropriate) selection of the input mix. The economic or global efficiency is the product of allocative efficiency and technical efficiency (Farrell, 1957).

$$OR / OP = (OR / OQ) (OQ / OP) \quad (3)$$

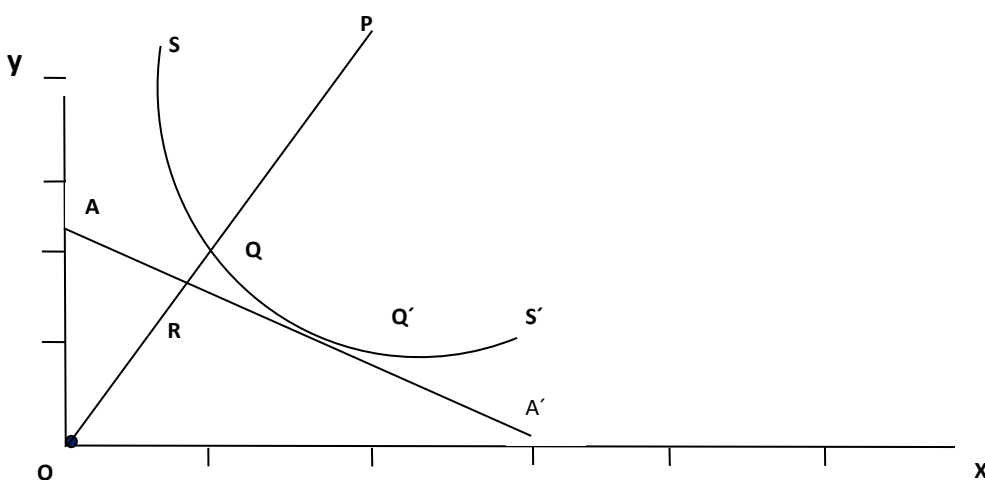


Figure 4. Technical, Allocative and Economic Efficiency

Source: Farrell, 1957.

Given that the efficient production function will be represented by isoquants, Farrell's problem is to estimate the isoquant of the most efficient company. This author estimates it by introducing a line (like the one shown in figure 4), which wraps around the points located on the production plane. It assumes that the efficient isoquant is convex to the origin and that, if in practice it is possible to reach two of those points, it is also possible to obtain a point that represents the weighted average of two of the most efficient firms; the weight of each point is determined in such a way that the desired factor ratio is obtained.

Allocative efficiency can have different modalities; when you have the inputs cost, allocative cost efficiency can be calculated. When you have the income of the outputs, you can calculate the revenue efficiency; and when you have both: inputs costs and output income, then you can get profit efficiency. The allocative efficiency of the outputs is realized first calculating the technical efficiency, then the output prices are incorporated and the income efficiency is calculated (Thanassoulis, 2001).

The income function $R(x, p)$ represents the maximum income that can be obtained from the factors $x = (x_1, \dots, x_n)$, taking into account the prices $p = (p_1, \dots, p_m)$ at which the products are sold $y = (y_1, \dots, y_m)$.

It is required to calculate R_{j_0} , which maximizes income, taking into account the prices P_{r_j} of the outputs y_{r_j} ($r=1, \dots, s$) of each DMU j_0 given a level of inputs x_{ij} ($r=1, \dots, m$) and is obtained through of the following model (Ghansoli's, 2001):

$$\begin{aligned}
 R_{j_0} &= \text{Max}_{\lambda_j} \sum_{r=1}^s P_{r_j} Y_r & (4) \\
 \text{Subject to: } & \sum_{j=1}^N \lambda_j X_{ij} \leq X_{ij_0} \quad i=1, \dots, m \\
 & \sum_{j=1}^N \lambda_j Y_{r_j} \geq Y_r \quad r=1, \dots, s \\
 & \lambda_j \geq 0, j = 1 \dots N \geq 0, x_1 \geq 0, \forall i
 \end{aligned}$$

where:

- $j =$ DMU,
- $X_{ij} =$ inputs,
- $Y_{r_j} =$ outputs,
- $P_{r_j} =$ outputs prices.

In the last step, allocative efficiency is calculated as the ratio of income efficiency (IE) and technical efficiency (TE):

$$EA = (x^o, y^o) = \frac{IE(x^o, y^o)}{TE(x^o, y^o)} \quad (5)$$

The maximization of income requires that production be carried out with technical efficiency, that is, that companies achieve the highest achievable production with the factors used, but it is also necessary that the final combination of production obtained is that recommended by the respective prices. For sale, in order to get the highest income; in this case, we speak of allocative efficiency in production. Economic efficiency or Global efficiency is the product of technical efficiency and allocative efficiency (Farrell, 1957).

3.3 Global efficiency or economic efficiency

Global efficiency, also known as economic efficiency, is the line that goes from the origin to the point that represents the analyzed unit. It is obtained by the quotient between the length of the line that goes from the origin to the projected point on the efficient isocost line and the length of the line that goes from the origin to the point that represents the considered unit (Coll and Blasco, 2006). Farrell (1957) decomposed the global efficiency in the following way (see figure 1):

$$\text{Global Efficiency (Economic Efficiency)} = EE = \frac{OR}{OP} = \frac{OQ}{OP} * \frac{OR}{OQ} \quad (6)$$

Technical Efficiency	Assignment Efficiency	Economic Efficiency
$TE = \frac{OQ}{OP}$	$AE = \frac{OR}{OQ}$	$EE = \frac{OR}{OP}$

4. Model Development

It is proposed to develop a DEA model of technical efficiency with variable returns to scale (VRS) and output orientation, since it is intended to maximize outputs. Subsequently, the calculation of the allocative efficiency is carried out, where a model based on the prices of the outputs is considered, since the objective is to maximize income. Finally, once the technical efficiency and the allocative efficiency have been obtained, the global or economic efficiency is calculated during the period 2010-2017.

To develop the model, the main countries in terms of oil production in 2017 (OPEC, 2018) were selected as decision-making units (DMUs), obtaining the final sample based on the availability of data from those countries.

Therefore, the countries considered as DMU's of the model are the following: United States, Russia, Canada, China, United Arab Emirates, Kuwait, Brazil, Kazakhstan, Mexico, Angola, Venezuela, Algeria, United Kingdom, Netherlands, France and Spain

For the selection of variables, a review of the literature was carried out first, once the variables most used in this sector had been identified, a statistical analysis of Pearson's Correlation was carried out. The purpose of this study is to identify the correlation of the variables. Since for the use of DEA methodology, it is necessary to corroborate that the correlation between the inputs is low and on the opposite side it must be verified that the correlation between inputs and outputs is high.

Once the calculations shown in Table 1, it can be observed that inputs: oil reserves, labor and platforms are highly correlated with the output: barrels produced, specifically oil reserves input were the showed a higher correlation with 0.883, followed by labor with 0.876 and finally platforms with 0.667. On the other hand, it is also observed that the correlation between the inputs is low. With these results, it is verified that the variables used are adequate for the model developed in this investigation.

Table 1. Pearson Correlation

		Input OilReserv	Input Labor	Input Platforms	Output Production
OilReserv	Pearson correlation	1	.109	.073	.883**
	Sig. (bilateral)		.689	.788	.001
	N	16	16	16	16
Labor	Pearson correlation	.109	1	.536**	.876**
	Sig. (bilateral)	.689		.000	.004
	N	16	16	16	16
Platforms	Pearson correlation	.073	.536**	1	.667**
	Sig. (bilateral)	.788	.000		.005
	N	16	16	16	16
Production	Pearson correlation	.883**	.876**	.667**	1
	Sig. (bilateral)	.001	.004	.005	
	N	16	16	16	16

** The correlation is significant at the 0.01 level (2 tails).

Source: Own elaboration based on calculations made with SPSS software.

The inputs and outputs that are used for the economic efficiency model are:

- Inputs:
 - Oil reserves (thousands of barrels / day).
 - Labor (number of employees).
 - Active platforms (number of platform).

- Outputs:
 - Oil barrels produced (thousands of barrels / day).

- Output price:
 - Average price per barrel produced (dollars / barrel).

5. Results and Discussion

It can be seen in Table 2 that, for the 16 countries studied, technical efficiency reached the highest values throughout the study period with an average of 0.842. While allocative efficiency obtained a lower value, its average for the years reviewed was 0.246. The behavior of allocative efficiency can be mainly explained by the high sensitivity of countries to oil price volatility. These results consequently affect economic efficiency, where the average for the years reviewed was 0.207, which shows that the maximum income is not being obtained based on the resources used and barrels produced.

It is the year 2014, where there are the highest levels of technical efficiency, the average of all the countries studied for this year was 0.881. In the case of allocative efficiency, its highest level was found in 2010 with an average efficiency of 0.300. Regarding economic efficiency, as with technical efficiency, it was in 2014 when the highest level was reached with 0.254.

Table 2. Technical, Allocative and Economic Efficiency of the Upstream Oil Industry, 2010-2017

Year	technical efficiency	Allocative efficiency	Economic efficiency
2010	0.826	0.300	0.248
2011	0.846	0.214	0.181
2012	0.845	0.231	0.195
2013	0.838	0.264	0.221
2014	0.881	0.289	0.254
2015	0.864	0.202	0.175
2016	0.832	0.214	0.178
2017	0.805	0.257	0.207
Average	0.842	0.246	0.207

Source: Own elaboration based on the calculations made with DEA methodology.

Considering the behavior that each of the countries had during the study period in technical, allocative and economic efficiencies, it is observed in table 3, that it was Russia that obtained the highest values in terms of economic efficiency with 0.974. This is explained by its being one of the main oil and gas producing and exporting countries in the world, which contributes significantly to that country's GDP (OPEC, 2018).

Russian oil and gas companies are a very strong sector that suffered more of a half of the country's profits (Simola and Solanko, 2017). The next country that reached the highest levels of economic efficiency was the United States with 0.767, which is understandable since this country is the main oil producer (OPEC, 2019). Currently, the United States oil industry is one of the most important in the world, being the most relevant and important companies in the market for its level of production and income, Exxon Mobil, Chevron and ConocoPhillips (World Energy Trade, 2019).

The country with the lowest level of economic efficiency was France with 0.036, which is mainly explained by having very low incomes based on the inputs used.

Table 3. Technical, Allocative and Economic Efficiency of the Main Upstream Oil Countries, 2010-2017

Country	Technical efficiency	Allocative efficiency	Economic efficiency
Russia	1	0.974	0.974
United States	1	0.767	0.767
Angola	1	0.228	0.228
Mexico	1	0.217	0.217
Brazil	0.942	0.202	0.190
China	0.694	0.263	0.182
Spain	1	0.172	0.172
United Arab Emirates	1	0.163	0.163
Kuwait	0.939	0.160	0.150
Venezuela	0.449	0.268	0.121
United Kingdom	1	0.079	0.079
Algeria	0.524	0.149	0.078
Canada	0.965	0.059	0.057
Kazakhstan	0.444	0.107	0.047
Netherlands	0.499	0.080	0.040
France	1	0.036	0.036

Source: Own elaboration based on the calculations made with DEA methodology.

The allocative efficiency presents a behavior similar to the economic efficiency for all the countries and for the entire period under analysis. Moreover, it is the allocative or price efficiency that determines the evolution of economic efficiency. In both indicators there are two groups of countries, in the first with high levels of efficiency are Russia and the United States, the first is very close to being efficient with a 0.974. In the second group, there are the rest of the countries with very

low levels in both allocative efficiency and economic efficiency. Even in this last group of countries, in a very delicate situation, the United Kingdom, Algeria, Canada, Kazakhstan, the Netherlands and France stand out.

Regarding technical efficiency, among the countries that were efficient, that is, those that obtained a value of 1, there are Russia, the United States, Angola, Mexico, Spain, the United Arab Emirates, United Kingdom and France. These countries stood out for their capacity in the processes of discovering oil wells, in drilling and production of crude oil, and in the use of skilled labor (OPEC, 2018).

Among the countries that were not technically efficient for any of the years studied, there are, on the one hand, Brazil, Kuwait and Canada with high levels of efficiency - very close to 1- but without being efficient. While on the other hand, there are Venezuela, Kazakhstan and the Netherlands with rather low levels of technical efficiency; that is, they do not use their resources optimally. In the case of Venezuela, its inefficiency is largely explained by the country's internal and external economic problems in recent years, especially with the United States, which is its main buyer of oil.

In particular, Mexico is technically efficient throughout the study period; that is, it has carried out the production and exploration processes, optimizing its resources adequately. However, when it comes to allocative and economic efficiencies, the situation is the opposite, largely because income was not maximized. According to World Bank figures (2020), Mexico's oil profitability has had a decreasing trend and the volatility of oil prices affects it significantly.

6. Conclusions

The study presents the analysis of the technical, allocative and economic efficiencies of the main oil producing countries worldwide during the period 2010-2017. To do this, three models were developed, one for each type of efficiency, implementing the DEA methodology with variable returns to scale -VRS- and output orientation.

For the selection of variables in obtaining the efficiencies under study, the literature review was carried out at first, and Pearson correlation was applied at a second stage to verify that the inputs had a high correlation with respect to the output. The variables to work in the model were then as inputs: oil reserves (thousands of barrels per day), labor (number of employees), active platforms (number of platforms) and as output: barrels of oil produced (thousands of barrels per day). In obtaining allocative efficiency, the output price was the average price per barrel produced (dollars per barrel).

In the selection of the model DMUs, the main oil producing countries for the year 2017 were considered according to OPEC (2018), as well as the availability of information. The countries that make up the DMUs were then: United States, Russia, Canada, China, United Arab Emirates, Kuwait, Brazil, Kazakhstan, Mexico, Angola, Venezuela, Algeria, United Kingdom, the Netherlands, France and Spain.

The technical efficiency that the countries achieved on average was 0.842. Russia, the United States, Angola, Mexico, Spain, United Arab Emirates, United Kingdom and France stand out as having technical efficiency - with a value of 1- throughout the study period. On the opposite side, there are Venezuela and Kazakhstan with average values throughout the period of 0.449 and 0.444 respectively.

As regards allocative efficiency, it behaves similarly to economic efficiency for all countries and, for the entire period of analysis, moreover, it is allocative or price efficiency that determines the evolution of economic efficiency. In the results presented by these two efficiencies, it is possible to locate two groups of countries, in the first, with high levels of efficiency, are Russia and the United States, the first being very close to being efficient with a 0.974. In the second group, there are the rest of the countries with very low levels in both allocative efficiency and economic efficiency. Even in this last group of countries, in a very delicate situation, the United Kingdom, Algeria, Canada, Kazakhstan, the Netherlands and France stand out.

The economic or global efficiency reached an average in the entire period of 0.207. It is Russia that obtained the highest values in this efficiency with 0.974. This is explained by its being one of the main oil and gas producing and exporting countries in the world. The next country to achieve the highest levels of economic efficiency was the United States with 0.767. The United States oil industry is one of the most important in the world, being the most relevant and important companies in the market for its level of production and income, Exxon mobil, Chevron and ConocoPhillips (World Energy Trade, 2019). While France is 0.036, the country with the lowest level of economic efficiency.

In the case of Mexico, it was technically efficient - it had values of 1- throughout the period under analysis, that is, it carried out its production and exploration processes, optimizing its resources adequately. However, with values of 0.217 in both allocative and economic efficiencies, the situation presented is the opposite, largely due to the fact that incomes were not maximized. According to World Bank figures (2020), Mexico's oil profitability has had a decreasing trend and the volatility of oil prices affects it significantly.

The hypothesis proposed is fulfilled, since the main oil countries of the world were not economically efficient because they did not maximize their income based on the combination of inputs they used and the oil production they had.

Finally, the development of this type of study is important, insofar as it allows identifying the deficiencies of the oil sector, which can contribute to the design of energy policies, especially in those countries that present low levels of efficiency, call these technical efficiency, allocative efficiency and economic efficiency.

References

- [1] Al-Mawalil, N., Mohamad H., & Al-Busaidi K. (2016). Modeling the Impact of the Oil Sector on the Economy of Sultanate of Oman. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 6(1). 120-127.
- [2] Banker, R., Charnes, A. & Cooper, W., (1984). Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*. 30(9). 1078-1092. doi: <https://doi.org/10.1287/mnsc.30.9.1078>
- [3] Bosch, E. A., Navarro, A. I., & Giovagnoli, P. I. (1999). Eficiencia Técnica y Asignativa en la Distribución de Energía Eléctrica: El Caso de EPE SF. *Asociación Argentina de Economía Política*, 1-24.
- [4] Charnes, A., Cooper, W. & Rhodes, E., (1978). Measurement the Efficiency of Decision Making Units. *European Journal of Operational Research*, 2(6). 429-444. doi: [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(78\)90138-8](https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8)

- [5] Chidi Basil I. & Hyunjung Lee (2014). Measurement of the efficiency and productivity of national oil companies and its determinants. *Geosystem Engineering*, 17(1). 1-10, doi: 10.1080/12269328.2014.887045
- [6] Coll Serrano, V. & Blasco Blasco, O. (2006) *Evaluación de la eficiencia mediante el análisis envolvente de datos*. Electronic edition. Valencia, Spain: Valencia University. Recovered from www.eumed.net/libros/2006c/197/
- [7] Cosme Bezerra, P., Marques Vieira, M., & Rodrigues de Almeida, M. (2017). Technology Comparative Analysis about the Application of Methods of Data Envelopment Analysis (DEA) in the Oil Industry. *International Journal of Engineering Sciences & Research*.6(3).92-100. doi: 10.5281/zenodo.345699
- [8] Debreu, G., (1951). The Coefficient of Resource Utilization. *Econometrica*, 19(3). 273-292. doi: <https://doi.org/10.2307/1906814>
- [9] Difiglio, C. (2014). Oil, Economic Growth and Strategic Petroleum Stocks, *Energy Strategy Reviews*. 5. 48-58. doi: <https://doi.org/10.1016/j.esr.2014.10.004>
- [10] Donwa P., Mgbame C., and Ekpulu G. (2015). Economic Growth: Oil and Gas Contributions. *Sci-Afric Research Journal of Accounting and Monetary Policy*. 1 (2). 102-108.
- [11] Farrell, M. J., & Fieldhouse, M. (1962). Estimating Efficient Productions Functions under Increasing Returns to Scale. *Jornal of the Statistical Society*, 125(2). 252-267. doi: <https://doi.org/10.2307/2982329>
- [12] Farrell, M., (1957), The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*. 120(3). 253-290. doi: <https://doi.org/10.2307/2343100>
- [13] González-Páramo, J. (1995). Privatización y Eficiencia: ¿Es Irrelevante la Titularidad? *Economistas*. 13 (63), 32-43.
- [14] Grassian, D., Bahatem, M., Scott, T. and Olsen D. (2017). *Development of an Energy Efficiency Improvement Methodology for Upstream Oil and Gas Operations*. Paper presented at the Abu Dhabi International Petroleum Exhibition & Conference, Abu Dhabi, UAE, November 2017. doi: <https://doi.org/10.2118/188947-MS>
- [15] Gravelle, H; Rees, R. (1981). *Microeconomics*. London, England: Longman-Pearson.
- [16] Humbatova, Sugra I.; Hajiyev, Natig Q.-O. (2019). Oil Factor in Economic Development. *Energies* 12 (8): 1573. doi:<https://doi.org/10.3390/en12081573>
- [17] Idowu J. Adekunle, Iledare O. Omowumi, Echendu C. Joseph & Achi O. Peter (2019). Upstream technical efficiency and its determinants: Evidence from non-parametric and parametric analysis of Nigeria exploration and production (E & P), *Cogent Engineering*, 6 (1). doi: 10.1080/23311916.2019.1575638
- [18] Industria Petrolera (2012). *Historia de la industria petrolera en la república mexicana*. Recovered from <http://www.industriapetroleramexicana.com/tag/petromex/>
- [19] Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2018). *Economía y petróleo*. Recovered from: <http://cuentame.inegi.org.mx/economia/petroleo/default.aspx?tema=S>
- [20] Koopmans,T.,(1951), Efficient Allocation of Resources. *Econometrica*, 19(4).455-465. doi: <https://doi.org/10.7249/p116>
- [21] Lajous, A. (2013). *La reforma petrolera mexicana y su contexto externo. Intervención en el seminario Petróleo y Gas Natural en América del Norte: los cambios recientes y sus consecuencias geopolíticas*. Presentado en el seminario Petróleo y Gas Natural en América del Norte: los cambios recientes y sus consecuencias geopolíticas, en El Colegio de México, 19 de noviembre de 2013.
- [22] Nweze P., Edame G., (2016). An Empirical Investigation of Oil Revenue and Economic Growth in Nigeria. *European Scientific Journal*. 12(25) doi: 10.19044/esj.2016.v12n25p271
- [23] Oke, D. & Kareem S., (2013). An Inter-temporal Analysis of Operational Efficiency of Oil Firms: Further Evidence from Nigeria, *International Journal of Energy Economics and Policy, Econjournals*, 3(2).178-184.

- [24] Organization of the Petroleum Exporting Countries (OPEC) (2018). Oil Countries Data Download. Recovered from <https://asb.opec.org/index.php/data-download>
- [25] Organization of the Petroleum Exporting Countries (OPEC) (2019). News 2019. Recovered from https://www.opec.org/opec_web/en/press_room/5347.htm
- [26] Organization of the Petroleum Exporting Countries (OPEC) (2020a). Download Monthly Oil Market Report - April 2020. Recovered from <https://momr.opec.org/pdf-download/>
- [27] Organization of the Petroleum Exporting Countries (OPEC) (2020b). Market Indicator. Recovered from https://www.opec.org/opec_web/en/data_graphs/334.htm
- [28] Parra, F. (2005). *Oil politics: a modern history of petroleum*. 2da Ed. New York, United States of America: I.B.Tauris
- [29] Petróleos Mexicanos (PEMEX) (2020). Glosario de términos. Recoveres from: <https://www.pemex.com/ayuda/glosario/Paginas/A-D.aspx>
- [30] Rabasa Kovacs T. (2013). Auges petroleros en México: sucesos fugaces. *Economía UNAM*, 10(29). 35-55. Recovered from, http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-952X2013000200003&lng=es&tlng=es
- [31] Salgado, E. (2017). *Industria petrolera mexicana: inversión y desarrollo*. Industria & energía. Enero – febrero 2017. México. Recovered from: <https://repositoriocentral.blob.core.windows.net/articulos/Industria%20petrolera%20mexicana.pdf>
- [32] Secretaria de Hacienda y Crédito Público (2020). Ingresos petroleros y no petroleros del sector público presupuestario (Millones de pesos). Recovered from http://www.shcp.gob.mx/POLITICAFINANCIERA/FINANZASPUBLICAS/Estadisticas_Oportunas_Finanzas_Publicas/Paginas/unica2.aspx
- [33] Shephard, R., (1953). *Cost and Production Functions*. Princeton, NJ, United States of America: Princeton University Press.
- [34] Simola, H., and Solanko, L. (2017). *Overview of Russia's oil and gas sector*. Institute for Economies in Transition, BOFIT Policy Brief 5/2017. Recovered from <https://helda.helsinki.fi/bof/bitstream/handle/123456789/14701/bpb0517.pdf?sequence>
- [35] Stiglitz, J. (1981). The Allocation Role of the Stock Market. Pareto Optimality and Competition. *The Journal of Finance*, XXXVI(2). 235-251
- [36] Thanassoulis, E. (2001), *Introduction to the Theory and Application of Data Envelopment Analysis, A foundation text with integrated software*. Birmingham, England: Springer. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-1407-7>
- [37] Vikas, V. & Basal, R. (2018). Efficiency evaluation of Indian oil and gas sector: data envelopment analysis, *International Journal of Emerging Markets*, 4(2). 362-378 doi:<https://doi.org/10.1108/IJoEM-01-2018-0016>
- [38] Wang, Y., Zhu, Z. & Liu, Z. (2019). Evaluation of technological innovation efficiency of petroleum companies based on BCC-Malmquist index model. *J Petrol Explor Prod Technol* 9, 2405–2416. doi: <https://doi.org/10.1007/s13202-019-0618-9>
- [39] World Bank (2020). Oil rents (% of GDP). Recovered from <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PETR.RT.ZS>
- [40] World Energy Trade, (2019). El análisis de datos en el sector petrolero, logística, minero y energías alternativas. Recovered from <https://www.worldenergytrade.com/articulos-tecnicos/energias-alternativas-at/el-analisis-de-datos-en-el-sector-petrolero-logistica-minero-y-energias-alternativas>
- [41] Yarad, A. J. (1990). Un Nuevo Esquema de Regulación de Monopolios Naturales. *Estudios Publicos* 37, 165-226.

- [42] Zhang, S., Wu, X., Li, D., Xu, Y., & Song, S. (2017). Evaluation of input output efficiency of oil field considering undesirable output —A case study of sandstone reservoir in Xinjiang oilfield. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 69, doi:012042. doi:10.1088/1755-1315/69/1/012042
- [43] Zhu, J. y Cook W. (2007). *Modeling Data Irregularities and Structural Complexities in Data Envelopment Analysis*. New York, United States of America: Springer

La hipótesis de convergencia en México: un enfoque de σ -convergencia débil

Domingo Rodríguez Benavides¹ - Universidad Autónoma Metropolitana, México

Miguel Ángel Mendoza González² - Universidad Nacional Autónoma de México, México

José Antonio Climent Hernández - Universidad Autónoma Metropolitana, México

Resumen

Se analiza la hipótesis de convergencia en México con la prueba relativamente novedosa de σ -convergencia débil, propuesta por Kong, Phillips y Sul (2019), en el periodo 1940-2019 y en dos subperiodos con la totalidad de las entidades federativas y con grupos formados a partir de su niveles de ingreso, con el fin de determinar si el proceso de liberalización comercial y la entrada en vigor del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) promovieron la convergencia regional. Se encuentra que tanto para el primer periodo, como para todo el periodo hay evidencia de σ -convergencia débil, por el contrario revelan evidencia de divergencia para el segundo periodo. La aplicación de esta prueba en los grupos formados a partir de sus niveles de ingreso contribuye a identificar si algunos de estos grupos puede ser los causantes de la ausencia de convergencia de todas las entidades federativas. No obstante, una limitación de la misma es que puede no conciliar resultados obtenidos para todo el periodo en relación con los de los subperiodos.

Clasificación JEL: C33, C80, D63, R11.

Palabras clave: σ -convergencia, PIB per capita, Desigualdad Regional, México.

The Convergence Hypothesis in Mexico: A Weak σ -Convergence Approach

Abstract

We analyze the convergence hypothesis in Mexico with the relatively novel test of σ -weak convergence, proposed by Kong, Phillips and Sul (2019), in the period 1940-2019 and in two sub-periods with the totality of the federal entities and with groups formed from their income levels, in order to determine whether the process of trade liberalization and the entry into force of the North American Free Trade Agreement (NAFTA) promoted regional convergence. It is found that for both the first period and the whole period there is evidence of weak convergence, on the contrary, evidence of divergence is revealed for the second period. The application of this test to groups formed on the basis of their income levels helps to identify whether some of these groups may be responsible for the lack of convergence of all the states. However, a limitation of this test is that it may not reconcile results obtained for the whole period with those of the sub-periods.

JEL Classification: C33, C80, D63, R11.

Keywords: σ -convergence, GDP per capita, Regional Inequality, Mexico.

¹ Autor de correspondencia. Departamento de Sistemas, UAM-Azcapotzalco, e-mail: dorobe@azc.uam.mx

*Sin fuente de financiamiento para el desarrollo de la investigación

² Agradece el financiamiento del proyecto PAPIIT-IN308721-UNAM "Políticas públicas de reactivación y reestructuración económica urbana en México ante impactos económicos y sociales de la COVID-19 en México".



1. Introducción

La hipótesis de la convergencia económica regional continúa siendo el centro de una gran cantidad de trabajos de investigación sobre el crecimiento económico que se han debatido en la literatura durante más de medio siglo. En deuda con el modelo de crecimiento neoclásico por sus raíces teóricas, el debate sobre el concepto de convergencia se caracteriza por diversos hallazgos empíricos que se basan en una amplia gama de metodologías econométricas. Los estudios iniciales sobre el tema fueron independientes del marco del modelo de crecimiento neoclásico. Sin embargo, Barro y Sala-i-Martin (1990) derivaron la ecuación de convergencia del modelo de crecimiento neoclásico y a dicha hipótesis se le denominó β -convergencia que, debido al supuesto de estados estacionarios constantes entre las regiones, se le conoce como convergencia β -absoluta o incondicional. Este tipo de convergencia implica una relación negativa entre el ingreso inicial per cápita y el crecimiento posterior, asumiendo estados estacionarios constantes en todas las unidades transversales. Friedman (1992) fue uno de los primeros críticos del análisis de regresión de la β -convergencia incondicional. Se opuso a las estimaciones transversales de la ecuación de convergencia porque se basan en un promedio para todo el período de tiempo. La conclusión de la convergencia de ingresos basada en este último se denominó "falacia de la regresión", en lugar de ser un indicativo de que los pobres se vuelven ricos. Como alternativa a la β -convergencia, Friedman (1992) propuso el estudio temporal de la dispersión transversal del ingreso que es más plausible. Sin embargo, incluso antes de la recomendación de Friedman, la tendencia de la dispersión del ingreso entre países se analizó en la convergencia empírica junto con la β -convergencia. Además, la ecuación para σ -convergencia, como se le denomina, se derivó de la de la β -convergencia, esta última se presenta como una condición necesaria pero no suficiente para la primera, Barro y Sala-i-Martin (1990), (1992), (2004).

En la investigación empírica reciente sobre el tema, México representa un interesante caso para los estudiosos de la convergencia económica en virtud de que desde mediados del siglo pasado ha atravesado por varias etapas de desarrollo, un proceso de sustitución de importaciones (1960-1985) seguido de una era de liberalización comercial (de 1985 al presente) además de una relocalización de su planta productiva en la que el país desplazó la industria fuera del área central del país (Estado de México y Ciudad de México) a la región fronteriza del norte (Baja California, Sonora, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas), Brock y German-Soto (2013), Becerril *et al.* (2010), Jordaan y Rodríguez-Oreggia (2012), Rodríguez-Oreggia (2005, 2007). Además, la literatura económica sobre convergencia ha identificado diversos mecanismos a través de los cuales las reformas comerciales han tenido efectos diferenciados en las regiones de México, Chiquiar (2005).

Por otro lado, Mendoza, German, Monfort y Ordoñez (2020) argumentan que el estudio de la convergencia regional en México es relevante por diversas razones entre las que destacan *i*) posee una de las mayores tasas de desigualdad entre los países de la OCDE; *ii*) los cambios políticos, económicos, demográficos e institucionales que ha experimentado a lo largo de su historia; *iii*) las tendencias de su desigualdad han sido sustancialmente diferentes de las observadas en otros países en desarrollo; y *iv*) el impacto heterogéneo en las regiones de la internacionalización de la economía.

En este trabajo se emplea una prueba relativamente novedosa para probar convergencia conocida como σ -convergencia débil propuesta por Kong, Phillips y Sul (2019), la cual permite probar distintas formas de variabilidad decreciente en los datos a través de un modelo de regresión.

La metodología se basa en un estadístico de prueba t simple que permite identificar convergencia a pesar de que la regresión este incorrectamente especificada bajo una variabilidad decreciente.

El resto del trabajo se organiza de la siguiente manera. En la sección II se brinda una breve revisión de los trabajos que se han realizado con el fin de probar la hipótesis de convergencia en México. La sección III describe la metodología econométrica empleada. La sección IV muestra los resultados, y por último, la sección final concluye.

2. Revisión de la literatura empírica

Con el fin de probar distintas hipótesis de convergencia regional en México se ha hecho un notable esfuerzo por construir bases de datos históricas que cubran mayores periodos de tiempo, ejemplo de ello son los trabajos de Esquivel (1999), German-Soto (2005), Mendoza (2014) y Aguilar-Retureta (2010 y 2016) entre otros, ya que las bases de datos oficiales con las que se cuenta cubren periodos de tiempo relativamente cortos o bien se dispone sólo para algunos años. En este trabajo empleamos la base de datos del PIB por habitante de 1940 a 2019 cuya metodología de generación se remite a German-Soto (2005).

Diversos trabajos han empleado el análisis de convergencia beta tradicional, la mayoría de ellos encuentran una ralentización de la convergencia y divergencia, Juan-Ramon y Rivera Batiz (1996), Esquivel (1999), Messmacher (2000), Cermeño (2001), Esquivel y Messmacher (2002) y Chiquiar, (2005).

Entre los trabajos que han analizado convergencia en México con los enfoques de (β -convergencia y σ -convergencia se encuentran los de Mallick y Carayannis (1994), Juan Ramón y Rivera Bátiz (1996), Esquivel (1999), Messmacher (2000), Rodríguez Oreggia (2001), Cabrera (2002), García Verdú (2002) y Rodríguez-Pose y Sánchez-Reaza (2002a) quienes estudian la convergencia absoluta entre los estados mexicanos. Todos tienden a concluir que hay evidencia de convergencia en México a nivel de entidades federativas hasta mediados de los ochenta, pero que este patrón se rompió posteriormente. No obstante, la mayoría de estos estudios comprenden periodos de análisis de crecimiento regional hasta 1996, por lo que no analizan la experiencia posterior al TLCAN.

Messmacher (2000) y Rodríguez-Pose y Sánchez-Reaza (2002a), analizan la convergencia durante el período posterior al TLCAN con los patrones observados anteriormente. Los resultados de Rodríguez-Pose y Sánchez-Reaza (2002a) sugieren que el TLCAN no restableció la convergencia. Los resultados de Messmacher (2000), sin embargo, contradicen los hallazgos de estos autores en virtud de que no obtiene estimaciones estadísticamente significativas para el parámetro de convergencia β en ninguno de los periodos muestrales. Esquivel y Messmacher (2002) muestran que el comportamiento de la productividad laboral fue una fuente importante de convergencia en el producto per cápita entre 1960 y 1990. Por el contrario, la productividad laboral fue el principal factor detrás del patrón de divergencia regional en el producto per cápita observada en la década de los noventa.

Chiquiar (2005) encuentra que el patrón divergente observado después de 1985 no se revirtió con el TLCAN y que los estados que se beneficiaron con las reformas fueron aquellos que

inicialmente estaban mejor dotados y que fueron más capaces de atraer mayores niveles de capital físico y humano, así como una mejor infraestructura.

Plata, Calderón y Salazar (2013) encuentran evidencia de convergencia a nivel de entidades federativas en México, pero a una velocidad inferior, de 1.1% en promedio, a la reportada en otros estudios a nivel internacional que es de aproximadamente del 2%. Kido-Cruz y Kido-Cruz (2015) rechazan las hipótesis de convergencia absoluta y condicional en cuatro estados de la República Mexicana: Chiapas, Guerrero, Michoacán y Oaxaca en el periodo de 1990 a 2010. German, Rodríguez y Gallegos (2020) investigan el proceso de convergencia regional en México a nivel de estados a través del enfoque de β -convergencia en el periodo 1940-2015, sus resultados muestran evidencia de β -convergencia regional y que la velocidad en la que se registra es mayor para los estados más expuestos a la globalización y menor para los menos expuestos a dicho proceso.

Fonseca, Llamosas y Rangel (2018) analizan la hipótesis de convergencia durante el periodo 1994-2015, periodo en el cual consideran el impacto del tratado de libre comercio de América del Norte entre otros factores y encuentran presencia de divergencia absoluta, consistente con un proceso de sigma divergencia particularmente en el periodo después de la ruptura que representó la crisis del 2008, además de ubicar un proceso de convergencia condicional en los subperiodos analizados por los autores.

Brock (2019) examina empíricamente la convergencia a nivel de municipios dentro de la región sur de Oaxaca de México. Encuentra que los municipios están convergiendo más rápidamente que la "ley del hierro" del 2% con hasta una velocidad de β convergencia de 8%.

Otra serie de trabajos se han enfocado en mostrar evidencia de convergencia estocástica en México, la cual se prueba básicamente a través de pruebas de raíces unitarias ya sea de manera univariada o en panel. Por ejemplo, Carrion-i-Silvestre y Germán-Soto (2007 y 2009) a través de pruebas de raíces unitarias analizan el proceso de convergencia estocástica en México, sus resultados muestran que dicho proceso no se puede entender si no se considera el cambio estructural registrado en la década de los ochentas.

Gómez y Ventosa-Santaulària (2009) analizan la convergencia entre regiones de la República Mexicana en relación a la capital del país, encuentran evidencia de que la diferencia en ingreso per cápita de cada estado tiende a disminuir a través del tiempo. De igual forma encuentran evidencia de que las reformas comerciales de mediados de los años ochenta afectaron negativamente el proceso de convergencia para algunas regiones, principalmente las más pobres, tampoco encuentran evidencia que les permita concluir que la apertura comercial promovió convergencia entre las regiones fronterizas de México y Estados Unidos. En el mismo sentido, Sánchez-Reaza y Rodríguez-Pose (2002), Rodríguez-Pose y Sánchez-Reaza (2005) y Villarreal y Tykhonenko (2007) encuentran que los estados mexicanos que realizan más comercio con Estados Unidos crecieron más rápido que los demás, pero que no hubo un cambio significativo en este patrón después de la firma del TLCAN.

Díaz, Sánchez y Mendoza (2009) proveen evidencia empírica respecto a la convergencia del ingreso per cápita de los estados de la República Mexicana con respecto a la economía líder a través de pruebas de raíces unitarias y de cointegración en panel. Los resultados de las pruebas de raíces unitarias no respaldan la hipótesis de convergencia absoluta hacia la economía líder mientras que las pruebas de cointegración muestran evidencia que favorece la hipótesis de convergencia condicional.

Gómez-Zaldivar y Ventosa-Santaulària (2010) a través de distintas pruebas de raíces unitarias con rupturas analizan la hipótesis de la convergencia, sus resultados muestran evidencia en favor de la divergencia.

Gómez-Zaldivar y Ventosa-Santaulària (2012) examinan la conducta de las disparidades a nivel de regiones en México en relación a la región más rica, la Ciudad de México, durante el periodo 1940-2009, sus resultados muestran que mientras algunas regiones han mostrado un proceso de *Catching-up* la región fronteriza de México se ha rezagado con respecto a su contraparte estadounidense.

Rodríguez, Mendoza y Venegas (2016a) evalúan la hipótesis de convergencia regional en México a través de un modelo de crecimiento no lineal, específicamente a través de un modelo panel-TAR. Sus resultados muestran evidencia de convergencia parcial y absoluta para el grupo de las 11 entidades consideradas como las “más ricas” en determinados periodos.

Rodríguez, Trejo y Mendoza (2016c) analizan la convergencia en el PIB per cápita de las entidades de la República Mexicana en el periodo 1940-2010 a través del enfoque de pares propuesto por Pesaran (2007). Sus resultados muestran evidencia que va en contra de la hipótesis de convergencia para todo el periodo muestral, que va de 1940 a 2010, y también para el primer periodo de análisis que va de 1940 a 1985. No obstante, encuentran evidencia mixta de dicha hipótesis en el segundo periodo en el que dividen la muestra, el cual corresponde de 1986 a 2010.

Mendoza, Ventosa-Santaulària y German (2019) a través de una batería de pruebas de raíces unitarias brindan evidencia sobre el proceso de convergencia de la desigualdad interregional en México, sus resultados muestran que la mayoría de las regiones divergen o se están poniendo al día (*catching-up*).

Uno de los inconvenientes de las pruebas de raíces unitarias para probar la hipótesis de convergencia es que proporcionan resultados engañosos si los datos contienen dinámicas de transición (o combinan tanto estados estacionarios como dinámicas de transición), Mendoza, German, Monford y Ordoñez (2020). Adicionalmente, si está presente más de un equilibrio, este tipo de pruebas fracasan para detectar convergencia, Apergis, Christou y Miller (2012).

Rodríguez, López y Mendoza (2016c) investigan la hipótesis de convergencia relativa en el PIB per cápita de las entidades federativas de la República Mexicana en el periodo 1970-2012 a través de la metodología empleada por Phillips y Sul (2007), encuentran evidencia de convergencia relativa en seis grupos o clubes de convergencia. Mendoza, German, Monford y Ordoñez (2020) emplean la misma metodología con datos de ingreso per cápita de las entidades federativas en el periodo 1940-2015, sus resultados tienden a corroborar la existencia de clubes de convergencia en ambos indicadores.

Trejo (2020) mide las disparidades regionales de México y el desempeño económico nacional en el periodo 1940-2013 con el fin de verificar si los desequilibrios regionales se expanden o se contraen con las fases del ciclo económico agregado y también si dichas disparidades aumentan o se reducen de acuerdo a la etapa de desarrollo del país. Sus resultados muestran que no hay evidencia que soporte la evolución procíclica de las desigualdades regionales.

Recientemente, se han empleado metodologías novedosas que incorporan efectos espaciales en el proceso de convergencia. En este contexto, Díaz, Fernández, Garduño y Rubiera (2019) a través de un modelo de β convergencia condicional espacial prueban la hipótesis de convergencia regional con datos a nivel de entidad federativa y de municipio en el periodo de 1980 a 2008. Sus resultados

muestran que para el periodo previo al TLCAN hay un proceso de convergencia alentado por las entidades de la región fronteriza mientras que para el segundo periodo no encontraron evidencia de convergencia.

Valdez (2019) estima el impacto de las externalidades espaciales del capital en la producción. Sus resultados muestran que la difusión espacial del crecimiento económico está relacionada directamente con la distancia y encuentran evidencia a favor de la hipótesis de convergencia. Adicionalmente muestra que la distancia entre los estados estacionarios es insuficiente para explicar las diferencias entre las tasas de crecimiento, sino que también es importante considerar la distancia geográfica. Rodríguez y Cabrera (2019) investigan si la contigüidad geográfica es importante en el proceso de convergencia (absoluta y condicional) a nivel de municipios en México en el periodo 1999-2014. Sus resultados muestran que los municipios pobres crecieron más que los ricos, principalmente en el último periodo de la muestra y que la dimensión espacial es un elemento cuya importancia se reduce a través del tiempo. De igual forma, sus resultados les permiten prever un crecimiento más autónomo de las economías en años recientes. Rodríguez y Cabrera (2020) investigan el patrón espacial de la convergencia en los municipios de México en el periodo que va de 1999 a 2014 a través de la regresión geográficamente ponderada. Sus resultados muestran evidencia de convergencia no estacionaria y proveen evidencia de un proceso heterogéneo y geográficamente diferenciado.

3. Los datos

Los datos del PIB per cápita de 1940 a 2015 se contruyeron a partir de la base datos tanto del PIB como de la población por entidad federativa de Germán-Soto (2005) y Germán-Soto (2014), respectivamente, y se actualizaron en el periodo 2015-2019 aplicando las tasas de crecimiento de los indicadores trimestral de la actividad económica estatal (*ITAE*) ajustada al PIB de cada entidad federativa para obtener el crecimiento nacional observado de acuerdo con el INEGI. En tanto, para actualizar la serie de población por entidad federativa de 1940 a 2010 de Germán-Soto (2015) se utilizaron tasas de interpolación anual de acuerdo con los datos del censo de población 2020. Con la finalidad de aportar evidencia adicional de manera desagregada, además de efectuar la prueba con la totalidad de las entidades federativas y cuando se excluyen las entidades petroleras en todo el periodo como en subperiodos, optamos por clasificar a las entidades federativas en terciles. Los resultados de la clasificación por terciles para las entidades federativas, excluyendo las entidades federativas petroleras, se muestran en el cuadro 1.

En el cuadro 1 también se muestra el PIB per cápita de cada entidad al principio y al final de cada periodo de análisis, el grupo de ingreso al que pertenece de acuerdo con los años 1986 y 1995, así como las tasas de crecimiento promedio por periodo de análisis. Alrededor de dos terceras partes de las entidades federativas se mantuvieron en el tercil en el que fueron ubicadas en el año de 1986, entre las entidades que bajaron de posición se encuentran Colima, Jalisco, Nayarit y Veracruz mientras que las que mejoraron su posición son Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro y San Luis Potosí.

Cuadro 1. PIB por habitante por entidades federativas
 Miles de pesos de 1993

Entidades federativas	PIB por habitante promedio				Grupos de ingreso		Tasa de crecimiento promedio anual			
	1940	1986	1995	2019	1986	1995	1940-1985	1940-1994	1986-2019	1995-2019
Aguascalientes	4.1	11.0	13.7	25.8	medio	alto	2.2	2.4	2.6	2.7
Baja California	16.4	18.4	15.5	19.9	alto	alto	0.1	0.1	0.2	1.1
Baja California Sur	3.8	30.2	16.8	20.2	alto	alto	3.2	2.9	-1.2	0.8
Campeche										
Coahuila	6.1	13.8	16.0	24.7	alto	alto	2.1	1.9	1.8	1.8
Colima	5.1	13.5	13.2	18.3	alto	medio	2.3	1.9	0.9	1.4
Chiapas	1.5	8.3	6.0	5.1	bajo	bajo	4.0	2.6	-1.4	-0.6
Chihuahua	4.6	14.1	16.0	28.2	alto	alto	2.4	2.5	2.1	2.4
Ciudad de México	14.7	24.0	30.7	48.1	alto	alto	1.2	1.6	2.1	1.9
Durango	5.5	10.0	10.5	15.0	medio	medio	1.7	1.3	1.2	1.5
Guanajuato	1.9	7.9	8.9	15.2	bajo	medio	3.6	3.0	2.0	2.3
Guerrero	1.3	7.2	7.3	8.8	bajo	bajo	4.0	3.4	0.6	0.8
Hidalgo	2.0	7.7	7.5	9.6	bajo	bajo	3.4	2.8	0.7	1.0
Jalisco	2.5	13.0	12.1	17.5	alto	medio	3.9	3.2	0.9	1.6
México	1.9	11.8	9.7	14.1	medio	medio	4.4	3.4	0.5	1.6
Michoacán	1.4	7.0	7.3	10.4	bajo	bajo	3.7	3.1	1.2	1.5
Morelos	3.3	10.1	11.0	15.8	medio	medio	2.8	2.6	1.4	1.5
Nayarit	2.6	9.5	7.8	10.3	medio	bajo	3.1	2.3	0.3	1.2
Nuevo León	6.6	18.9	20.6	32.7	alto	alto	2.6	2.3	1.7	2.0
Oaxaca	0.8	6.8	5.9	6.7	bajo	bajo	4.8	3.9	0.0	0.5
Puebla	1.6	8.1	7.8	12.2	bajo	bajo	3.9	3.2	1.3	1.9
Querétaro	4.4	12.7	13.6	22.6	medio	alto	2.6	2.3	1.8	2.1
Quintana Roo	7.9	13.2	21.0	23.6	alto	alto	1.5	2.1	1.8	0.5
San Luis Potosí	2.2	8.0	8.8	16.3	bajo	medio	3.2	2.9	2.2	2.6
Sinaloa	3.7	10.7	10.8	15.5	medio	medio	2.5	2.1	1.1	1.5
Sonora	5.2	18.2	15.2	22.7	alto	alto	2.5	2.1	0.7	1.7
Tabasco										
Tamaulipas	6.0	12.7	12.9	18.4	medio	medio	1.8	1.6	1.1	1.5
Tlaxcala	1.7	9.0	6.7	8.7	bajo	bajo	4.0	2.7	-0.1	1.1
Veracruz	3.5	9.5	8.1	10.0	medio	bajo	2.3	1.6	0.2	0.9
Yucatán	4.4	9.5	9.6	14.8	medio	medio	1.7	1.6	1.4	1.8
Zacatecas	1.7	6.3	7.4	11.2	bajo	bajo	3.4	2.8	1.8	1.7

Nota: Los grupos de ingreso se construyeron con los terciles del PIB por habitante de 1986 y 1995; y, no se consideraron las entidades petroleras de Campeche y Tabasco

La figura 1 muestra las entidades federativas clasificadas de acuerdo a los grupos de ingreso alto, medio y bajo de acuerdo a su PIB per cápita correspondientes a los años de 1985 y 1986. En ambas distribuciones espaciales se puede ver cierto agrupamiento en el que las entidades identificadas como de ingreso alto tienden a ubicarse en el norte del país y algunas entidades del

centro del país que cambiaron de posición de 1986 a 1995 y la Ciudad de México y Quintana Roo. En tanto que las entidades clasificadas como de ingreso medio tienden a ubicarse en la zona central del país, con excepción de Tamaulipas y Yucatán. Y las entidades consideradas como de ingreso bajo se concentran en el sur y sureste de la República Mexicana además de Nayarit y Zacatecas. Esta distribución espacial que presentan las entidades federativas de México destacan la importancia de considerar el factor espacio en los estudios empíricos, no obstante, en este trabajo no tomamos en cuenta este aspecto.

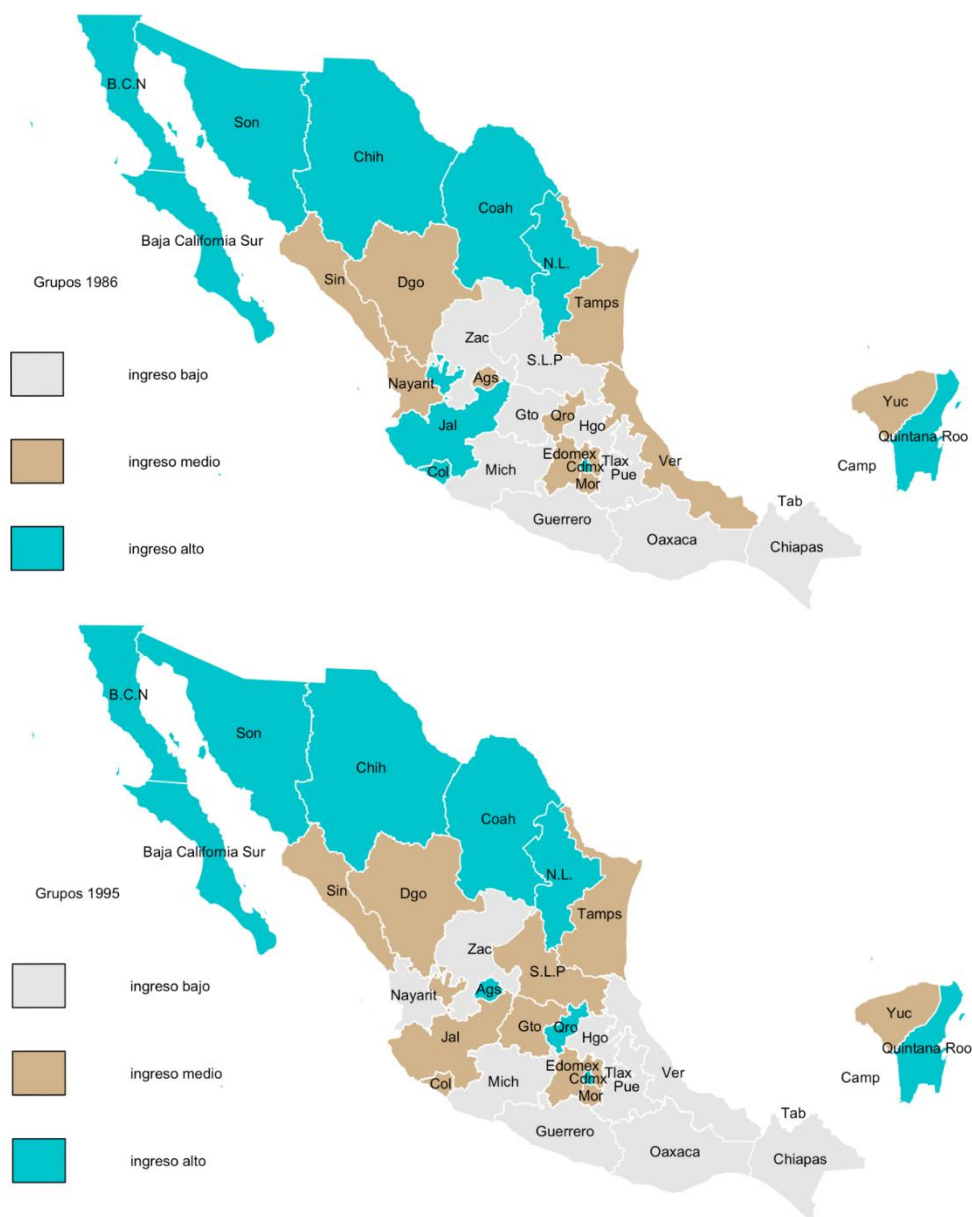


Figura 1. Grupos de entidades por ingreso, clasificaciones 1986 y 1995

Miles de pesos de 1993

Nota: Los grupos de ingreso se construyeron con los terciles del PIB por habitante de 1986 y 1995; y, no se consideraron las entidades petroleras de Campeche y Tabasco

El cuadro 2 muestra un análisis descriptivo por grupos de ingreso, clasificados de acuerdo con los años 1986 y 1995, en el cual se puede apreciar de que independientemente del año en el que son clasificadas las entidades federativas las tasas de crecimiento promedio anual son mayores para el periodo que comprende de 1940 a 1985 principalmente para las entidades clasificadas como de ingreso bajo, lo cual se cumple también cuando el primer periodo de análisis se extiende hasta 1994, de igual forma es preciso destacar que estas tasas de crecimiento promedio anual registradas por los estados clasificados como de ingreso bajo son mayores que las que experimentaron los grupos de ingreso medio y alto. Este comportamiento de las tasas de crecimiento promedio anual de las entidades de ingreso bajo es consistente con la hipótesis de convergencia en el sentido de que muestra evidencia de que las entidades con menores ingresos crecieron a una mayor tasa a la que crecieron las entidades catalogadas como de ingreso alto.

Otro punto a destacar del análisis descriptivo que se presenta en el cuadro 2, es el hecho de que en el segundo periodo, independientemente de donde se ubique el año de ruptura o quiebre ya sea en 1986 o en 1995, los grupos de ingreso medio y alto crecieron a una tasa mayor que las entidades consideradas como de ingreso bajo, lo cual también refuerza la idea de la ausencia de convergencia respaldada para este segundo periodo en el que comúnmente se divide la muestra de análisis.

Cuadro 2. Grupos de entidades por ingreso, clasificaciones 1986 y 1995
 Miles de pesos de 1993

Grupos de entidades	PIB por habitante promedio				Tasa de crecimiento promedio anual			
	1940	1986	1995	2019	1940-1985	1940-1994	1986-2019	1995-2019
<u>Clasificación de 1986</u>								
Ingreso bajo	1.7	7.8	7.4	10.0	3.8	2.9	0.7	1.3
Ingreso medio	4.1	10.7	10.5	15.0	2.2	1.9	1.0	1.5
Ingreso alto	5.6	16.1	16.0	23.1	2.3	2.1	1.1	1.6
Todos	3.6	10.4	10.7	15.7	2.5	2.1	1.2	1.6
<u>Clasificación de 1995</u>								
Ingreso bajo	1.6	7.7	7.3	9.6	3.9	2.9	0.7	1.1
Ingreso medio	3.5	10.4	10.7	15.7	2.7	2.2	1.2	1.6
Ingreso alto	5.6	16.1	16.0	24.2	2.3	2.1	1.2	1.7
Todos	3.6	10.4	10.7	15.7	2.5	2.1	1.2	1.6

Nota: Los grupos de ingreso se construyeron con los terciles del PIB por habitante de 1986 y 1995; y, no se consideraron las entidades petroleras de Campeche y Tabasco

La figura 2 muestra la evolución de la mediana de cada grupo de ingreso obtenido a partir de los terciles en los que se dividieron las entidades federativas. En dicha figura se puede apreciar un mayor dinamismo de las entidades de ingreso bajo, principalmente el periodo que va de 1960 a 1981, el cual se desacelera de manera notable a partir de los años 1985 y 1986. Por otro lado, destaca el hecho de que el grupo de ingreso alto tiene un mayor crecimiento a partir de 1982 y que a pesar de tener pronunciadas fluctuaciones, la brecha que los separa de los grupos de ingreso medio e ingreso bajo tiende a ser mayor en este segundo periodo.

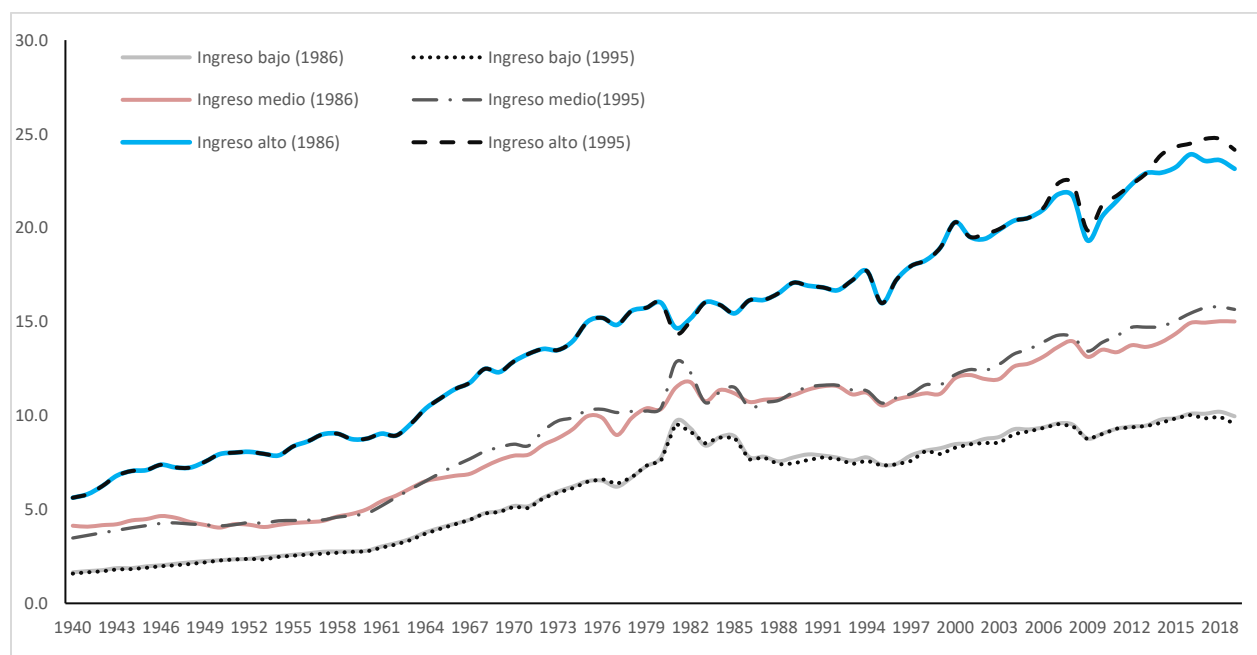


Figura 2. Tendencias de grupos de entidades por ingreso, clasificaciones 1986 y 1995
Miles de pesos de 1993

Nota: Los grupos de ingreso se construyeron con los terciles del PIB por habitante de 1986 y 1995; y, no se consideraron las entidades petroleras de Campeche y Tabasco

De igual forma, en la figura 2 se puede ver que el año de clasificación no marca una diferencia significativa en la evolución de la mediana para cada grupo de ingreso ya que prácticamente es el mismo.

En la figura 3 se muestra un análisis de la convergencia sigma tradicional del PIB por habitante por grupos de entidades por ingreso de acuerdo con las clasificaciones obtenidas para los años de 1986 y de 1995. En la figura 3 se puede ver que el comportamiento de sigma-convergencia muestran una forma de "U" para la totalidad de las entidades federativas. Sin embargo, el comportamiento de la sigma-convergencia por grupos de ingreso muestra notables diferencias, lo cual es más notorio para los grupos de ingreso bajo ya que cuando se toma como año de referencia a 1986 el comportamiento de la convergencia sigma se asemeja al obtenido con la totalidad de las entidades federativas, mientras que cuando se toma como referencia el año de 1995 la sigma-convergencia muestra una tendencia creciente en casi todo el periodo de análisis, con excepción del periodo 1980-1995. Lo anterior sugiere que la falta de convergencia para el segundo periodo puede atribuirse principalmente al grupo de entidades de ingreso bajo principalmente a partir de 1995, un año después a la entrada en vigor del tratado de libre comercio de América del Norte.

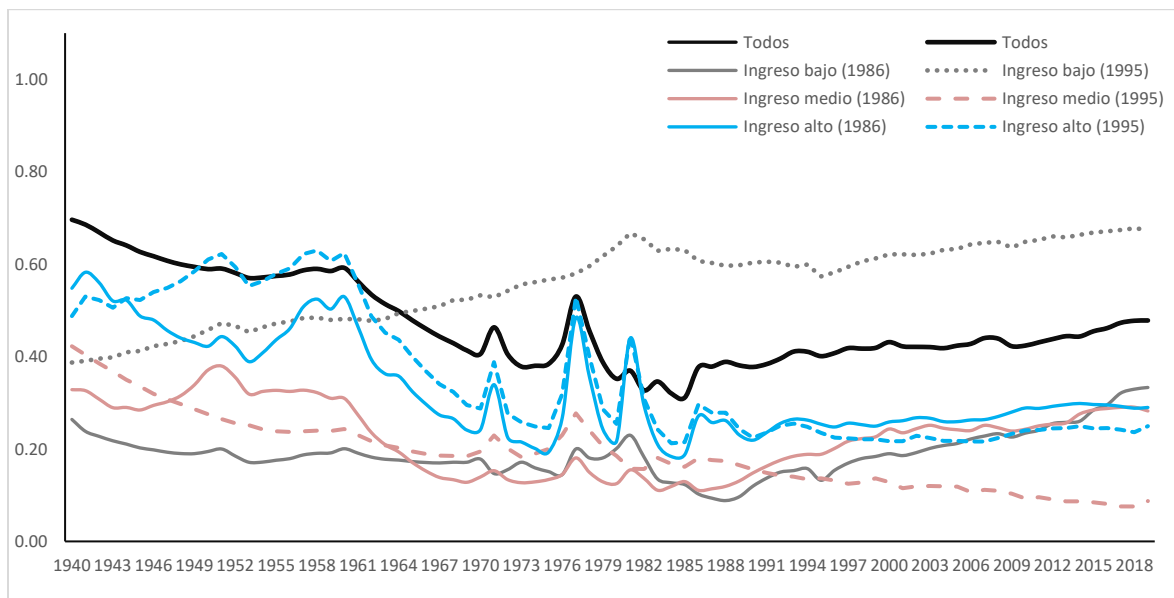


Figura 3. Convergencia sigma tradicional del PIB por habitante por grupos de entidades por ingreso, clasificaciones 1986 y 1995

Nota: La convergencia sigma se mide como la desviación estándar del logaritmo natural del PIB por habitante; la convergencia sigma para los grupos de ingreso considera los terciles del PIB por habitante de 1986 y 1995; y, no se consideraron las entidades petroleras de Campeche y Tabasco

En tanto que la sigma-convergencia de los grupos de ingreso medio y alto muestra una tendencia decreciente principalmente la del grupo de ingreso medio de acuerdo a la clasificación efectuada con base al año de 1995. Estos hechos estilizados ponen de manifiesto la necesidad de efectuar pruebas formales de convergencia, como la que empleamos en este trabajo, a los grupos conformados por niveles de ingreso con el fin de determinar si algún grupo, o algunos grupos, pueden contribuir a la falta de convergencia en los resultados obtenidos con la totalidad de las entidades federativas analizadas.

4. Metodología Econométrica

El concepto de σ -convergencia es más conveniente cuando la variable en panel de interés, y_{it} , cambia de signo con el tiempo, o bien, cuando el factor común θ_t puede contener o no tendencia estocástica.

El concepto σ -convergencia se define en términos de una disminución de la dispersión transversal a lo largo del tiempo. Este concepto fue sugerido originalmente por Hotelling (1933) y posteriormente definido de manera más formal por Kong, Phillips y Sul (2018). La convergencia relativa se centra en la σ -convergencia de las curvas de transición relativa (o coeficientes de ajuste de factores variables en el tiempo). Solo cuando y_{it} comparte el mismo promedio a largo plazo, la varianza transversal de y_{it} , K_t , posiblemente converja a cero. De lo contrario, la varianza de la sección transversal de y_{it} converge en una constante distinta de cero en la medida que tanto n y T

tienden a incrementarse considerablemente. Kong, Phillips y Sul (2018) llama a este tipo de σ -convergencia " σ -convergencia débil" y la definen estadísticamente como:

$$Cov(K_t, t) \leq 0 \quad (1)$$

La σ -convergencia débil es más restrictiva que la convergencia relativa, propuesta por Phillips y Sul (2007), cuando el factor común tiene un comportamiento de tendencia distinto. De acuerdo con Sul (2019), la diferencia entre la σ -convergencia débil y la convergencia relativa se puede mostrar si se considera que cada y_{it} tiene los siguientes componentes:

$$y_{it} = a_i + \left(b + \varepsilon_i t^{-\frac{1}{2}} \right) t + \eta_{it} t^{-\beta}, \text{ con } \beta > 0 \quad (2)$$

donde $\varepsilon_i \sim iid(0, \sigma_\varepsilon^2)$ y $\eta_i \sim iid(0, \sigma_\eta^2)$ y todos los términos $(a_i, \varepsilon_i, \eta_{it})$ son independientes. En lugar del término de tendencia lineal en (2) se puede incorporar un factor común estocástico. De acuerdo con Sul (2019), es posible mostrar que la convergencia relativa se mantiene, pero no la σ -convergencia débil tomando un par de elementos (y_{it}, y_{jt}) , se tiene que:

$$plim_{t \rightarrow \infty} \frac{y_{it}}{y_{jt}} = plim_{t \rightarrow \infty} \frac{b + \varepsilon_i t^{-\frac{1}{2}}}{b + \varepsilon_j t^{-\frac{1}{2}}} = 1, \quad (3)$$

pero al considerar las variaciones de la sección transversal, como $K_{nt}^y = n^{-1} \sum_{i=1}^n \left(y_{it} - n^{-1} \sum_{i=1}^n y_{it} \right)^2$, se tiene que:

$$K_t^y = plim_{n \rightarrow \infty} K_{nt}^y = \sigma_a^2 + \sigma_\varepsilon^2 t + \sigma_\eta^2 t^{-2\beta} \text{ con } \beta > 0, \quad (4)$$

donde σ_a^2 es la varianza de a_i . Siempre que $\sigma_\varepsilon^2 > 0$; la dispersión transversal de y_{it} se incrementa con el tiempo. Por tanto, la condición de que $\varepsilon_i \neq \varepsilon_j$ para algún $i \neq j$ es suficiente para que no se cumpla la σ -convergencia general.

Por otro lado, cuando el factor común contiene un componente de tendencia débil, la convergencia relativa no se mantiene, pero sí la σ -convergencia débil. Para ilustrarlo, Sul (2019) propone la siguiente especificación:

$$y_{it} = a_i + \varepsilon_i t^{-\frac{1}{2}} + \eta_{it} t^{-\beta}, \text{ con } \beta > 0 \quad (5)$$

En este caso, la convergencia relativa no se mantiene porque:

$$plim_{t \rightarrow \infty} \frac{y_{it}}{y_{jt}} = plim_{t \rightarrow \infty} \frac{a_i + \varepsilon_i t^{\frac{1}{2}} + \eta_{it} t^{-\beta}}{a_j + \varepsilon_j t^{\frac{1}{2}} + \eta_{jt} t^{-\beta}} = \frac{a_i}{a_j} \neq 1. \quad (6)$$

Pero la σ -convergencia débil se mantiene ya que:

$$K_t^y = \sigma_a^2 + \sigma_\varepsilon^2 t^{-1} + \sigma_\eta^2 t^{-2\beta} \rightarrow \sigma_a^2. \quad (7)$$

Por lo tanto, la noción de σ -convergencia débil es de aplicación más general, pero también más restrictiva que la convergencia relativa cuando los factores comunes tienen tendencias estocásticas distintas.

Kong, Phillips y Sul (2018) proponen la siguiente prueba de σ -convergencia débil. Sea K_{nt}^y la varianza muestral transversal de y_{it} . Posteriormente, se construye el estadístico t de la estimación de MCO de $\hat{\phi}$ basado en el estimador HAC de Newey-West con $L = \text{int}\left(T^{\frac{1}{3}}\right)$ de la siguiente regresión de tendencia simple:

$$K_{nt}^y = a + \phi t + u_t \quad (8)$$

$$t_{\hat{\phi}_{nt}} = \frac{\hat{\phi}}{\sqrt{\hat{\Omega}_u^2 / \sum_{t=1}^T (t - T^{-1} \sum_{t=1}^T t)^2}} \quad (9)$$

Dónde $\hat{u}_t = K_{nt}^y - \hat{a} - \hat{\phi}t$, y

$$\hat{\Omega}_u^2 = \frac{1}{t} \sum_{t=1}^T \hat{u}_t^2 + 2 \frac{1}{t} \sum_{l=1}^L \mathcal{G}_{lL} \sum_{t=1}^{T-l} \hat{u}_t \hat{u}_{t+l}, \quad (10)$$

y \mathcal{G}_{lL} es el núcleo de pesos de rezagos de Bartlett. Entonces la relación t tiene los siguientes límites;

$$\begin{aligned} t_{\hat{\phi}} < -\sqrt{3} \text{ o } t_{\hat{\phi}} \rightarrow -\infty & \quad \text{si } y_{it} \text{ es } \sigma \text{-convergencia débil.} \\ t_{\hat{\phi}} < -\sqrt{3} \text{ o } t_{\hat{\phi}} \rightarrow -\infty & \quad \text{si } y_{it} \text{ es divergente.} \\ t_{\hat{\phi}} < -\sqrt{3} \text{ o } t_{\hat{\phi}} \rightarrow -\infty & \quad \text{si } y_{it} \text{ es fluctuante.} \end{aligned} \quad (11)$$

Es necesario tener en cuenta que $\sqrt{3} \simeq 1.73$, por lo que Kong, Phillips y Sul (2018) sugieren que el valor crítico habitual del 5% (prueba de un lado, 1,65) se puede utilizar para probar la σ -convergencia débil. Es decir, dependiendo de la relación t , se puede comprobar si y_{it} es σ -convergencia débil., fluctuante o divergente como se muestra en el cuadro 3:

Cuadro 3. Resultado de la prueba σ -convergencia débil de acuerdo con el valor del estadístico t .

Valor del estadístico:	$t_{\hat{\phi}} < -1.65$	$-1.65 < t_{\hat{\phi}} < 1.65$	$-1.65 < t_{\hat{\phi}}$
Resultado:	σ -convergencia débil	fluctuante	σ -divergencia

Fuente: Adaptado de Sul (2019).

Sul (2019) sostiene que la regresión de tendencia en (8) está incorrectamente especificada a menos que y_{it} esté fluctuando con el tiempo (en este caso, $\phi = 0$). Además, en la medida que n y T , tiendan a ser infinitamente grandes la estimación de MCO de ϕ converge a cero, pero su razón t es divergente, crece o decrece infinitamente, si y_{it} diverge (o hay σ -convergencia débil). En otras palabras, incluso cuando $\hat{t} < 1.73$; no significa que K_{nt}^y divergerá infinitamente de manera negativa a largo plazo.

5. Resultados

Los resultados de la prueba de σ -convergencia débil aplicadas al logaritmo natural del PIB per cápita, tanto a la totalidad de las entidades federativas como cuando se excluyen los estados petroleros de Campeche y de Tabasco, se presentan en los cuadros 4 y 5, respectivamente. La prueba se realizó para todo el periodo de analisis, el cual comprende de 1940 a 2019, y para los periodos en los que suele dividirse la muestra tomando tanto a 1985 como a 1995 como los años de quiebre, de los cuales el primero corresponde al año en que suele ubicarse el fin del periodo de sustitución de importaciones en México, mientras que el segundo al año en el que entra en vigor el tratado de libre comercio de América del Norte, siendo este último de interés para evaluar si la mayor liberalización promovida por el tratado de libre comercio de América del Norte promovió o no una mayor convergencia a nivel de regiones en México. Las pruebas también se efectuaron a los grupos de ingreso bajo, medio y alto que se obtuvieron de clasificar a las entidades federativas de acuerdo con los terciles tomando como referencia los años 1985 y 1995.

Cuadro 4. Resultados de la prueba sigma-convergencia débil tomando a 1995 como el año de quiebre.

Todos los estados								
De 1940 a 1994			1995-2019			Todo el periodo		
$\hat{\phi}_{nt} \times 100$	$\hat{t}_{\hat{\phi}_{nt}}(3)$	$\hat{t}_{\hat{\phi}_{nt}}(4)$	$\hat{\phi}_{nt} \times 100$	$\hat{t}_{\hat{\phi}_{nt}}(2)$	$\hat{t}_{\hat{\phi}_{nt}}(3)$	$\hat{\phi}_{nt} \times 100$	$\hat{t}_{\hat{\phi}_{nt}}(4)$	$\hat{t}_{\hat{\phi}_{nt}}(5)$
-0.4814	-7.0167	-6.5518	0.1791	4.0280	3.7587	-0.2543	-4.8818	-4.5710
Excluyendo a las entidades petroleras (Campeche y Tabasco)								
De 1940 a 1994			1995-2019			Todo el periodo		
$\hat{\phi}_{nt} \times 100$	$\hat{t}_{\hat{\phi}_{nt}}(3)$	$\hat{t}_{\hat{\phi}_{nt}}(4)$	$\hat{\phi}_{nt} \times 100$	$\hat{t}_{\hat{\phi}_{nt}}(2)$	$\hat{t}_{\hat{\phi}_{nt}}(3)$	$\hat{\phi}_{nt} \times 100$	$\hat{t}_{\hat{\phi}_{nt}}(4)$	$\hat{t}_{\hat{\phi}_{nt}}(5)$
-0.6310	-10.950	-10.351	0.2235	6.4274	6.2424	-0.2975	-4.6288	-4.2988

Notas: Los números entre paréntesis son los rezagos incorporados en el cálculo de la varianza de Newey-West.

Cuadro 5. Resultados de la prueba sigma-convergencia débil tomando a 1985 como el año de quiebre.

Todos los estados					
De 1940 a 1984			De 1985 a 2019		
$\hat{\phi}_{nt} \times 100$	$\hat{t}_{\hat{\phi}_{nt}}(3)$	$\hat{t}_{\hat{\phi}_{nt}}(4)$	$\hat{\phi}_{nt} \times 100$	$\hat{t}_{\hat{\phi}_{nt}}(3)$	$\hat{t}_{\hat{\phi}_{nt}}(4)$
-0.6583	-9.6985	-9.2862	0.0284	0.5437	0.5220
Excluyendo a las entidades petroleras (Campeche y Tabasco)					
De 1940 a 1984			De 1985 a 2019		
$\hat{\phi}_{nt} \times 100$	$\hat{t}_{\hat{\phi}_{nt}}(3)$	$\hat{t}_{\hat{\phi}_{nt}}(4)$	$\hat{\phi}_{nt} \times 100$	$\hat{t}_{\hat{\phi}_{nt}}(3)$	$\hat{t}_{\hat{\phi}_{nt}}(4)$
-0.7799	-13.0816	-12.6338	0.2434	10.8423	10.5404

Notas: Los números entre paréntesis son los rezagos incorporados en el cálculo de la varianza de Newey-West.

Los resultados de los cuadros 4 y 5 muestran que independientemente del año en los que suele dividirse la muestra, únicamente se encuentra evidencia de convergencia en el primer periodo de análisis tanto para la totalidad de los estados como cuando se excluyen las entidades federativas de Campeche y Tabasco, que son consideradas como petroleras. Los resultados de la prueba sigma-convergencia débil también revelan convergencia para todo el periodo con ambas muestras, lo cual sugiere que en términos generales la dispersión del PIB per cápita se ha reducido a pesar de tener ese comportamiento en forma de “U” descrito en la sección 3 de los datos. En tanto que los resultados de la prueba para el segundo periodo son heterogéneos ya que revelan evidencia de divergencia para ambas muestras, con la totalidad de las entidades y cuando se excluyen las petroleras, tomando como año de quiebre a 1995. Este mismo resultado se obtiene cuando se considera como año de quiebre a 1985 y se excluyen las entidades petroleras, no obstante, la prueba efectuada para la totalidad de los estados sugiere que en el periodo que va de 1985 a 2019 la sigma convergencia es fluctuante.

De esta manera no existe evidencia de σ -convergencia débil para el segundo periodo de análisis caracterizado principalmente por una mayor liberalización comercial caracterizado principalmente por la entrada en vigor del tratado de libre comercio. Por el contrario existe evidencia de divergencia en este periodo, lo cual sugiere un posible efecto diferenciado en las regiones como consecuencia de la mayor apertura comercial que ha promovido y alentado que algunas regiones

crezcan a un mayor ritmo y a otras que no se encuentran lo suficientemente ancladas a este dinamismo se han ralentizado.

El cuadro 6 muestra los resultados de las pruebas de sigma convergencia débil aplicadas a los grupos de estados clasificados de acuerdo a los terciles como de ingreso bajo, medio y alto, tanto para todo el periodo como por periodos tomando como año de quiebre a 1995³. Como se puede ver en dicho cuadro, hay evidencia de sigma convergencia débil en todos los grupos de ingreso en el primer periodo y en todo el periodo bajo estudio. No obstante, para el segundo periodo los resultados no son tan homogéneos ya que para los grupos de estados de bajo y alto ingreso el resultado de la prueba sugiere divergencia. Con fines de comparación mostramos los resultados de aplicar las pruebas a estos grupos de entidades tomando como fecha de quiebre el año de 1986, que representa el año en que culmina el periodo de sustitución de importaciones y en que México ingresó al GATT, cuyos resultados se presentan en el cuadro 7. Los resultados son muy similares, con excepción de los obtenidos para los de ingreso medio en el segundo periodo, de 1986 a 2019, y para todo el periodo en su conjunto, ya que para el segundo periodo no se encuentra evidencia de convergencia-débil para las entidades que conforman dicho grupo, mientras que para todo el periodo se encuentra evidencia de que el indicador es fluctuante. Otra discrepancia de los resultados obtenidos tomando como año de quiebre a 1986 es el que se obtiene para las entidades de ingreso bajo ya que en este caso hay evidencia de que dicho indicador es fluctuante mientras que cuando el año de quiebre y de clasificación es 1995 se obtiene evidencia de convergencia.

Cuadro 6. Resultados de la prueba tomando a 1995 como año de quiebre y de clasificación para los distintos grupos de ingreso.

			Ingreso alto					
1970-1994			1995-2019			Todo el periodo		
$\hat{\phi}_{nt} \times 100$	$\hat{t}_{\phi_{nt}}(3)$	$\hat{t}_{\phi_{nt}}(4)$	$\hat{\phi}_{nt} \times 100$	$\hat{t}_{\phi_{nt}}(2)$	$\hat{t}_{\phi_{nt}}(3)$	$\hat{\phi}_{nt} \times 100$	$\hat{t}_{\phi_{nt}}(4)$	$\hat{t}_{\phi_{nt}}(5)$
-0.6135	-6.0435	-5.6035	0.0557	3.7534	3.4925	-0.4215	-6.6257	-6.1956
			Ingreso medio					
1940-1994			1995-2019			Todo el periodo		
$\hat{\phi}_{nt} \times 100$	$\hat{t}_{\phi_{nt}}(3)$	$\hat{t}_{\phi_{nt}}(4)$	$\hat{\phi}_{nt} \times 100$	$\hat{t}_{\phi_{nt}}(2)$	$\hat{t}_{\phi_{nt}}(3)$	$\hat{\phi}_{nt} \times 100$	$\hat{t}_{\phi_{nt}}(4)$	$\hat{t}_{\phi_{nt}}(5)$
-0.1894	-6.0836	-5.6435	-0.0543	-19.0265	-20.4421	-0.1360	-7.5955	-7.1675
			Ingreso bajo					
1940-1994			1995-2019			Todo el periodo		
$\hat{\phi}_{nt} \times 100$	$\hat{t}_{\phi_{nt}}(3)$	$\hat{t}_{\phi_{nt}}(4)$	$\hat{\phi}_{nt} \times 100$	$\hat{t}_{\phi_{nt}}(2)$	$\hat{t}_{\phi_{nt}}(3)$	$\hat{\phi}_{nt} \times 100$	$\hat{t}_{\phi_{nt}}(4)$	$\hat{t}_{\phi_{nt}}(5)$
-0.2974	-9.8894	-9.0711	0.1691	9.7058	9.1343	-0.1744	-6.2425	-5.7816

Notas: Con 30 estados excluyendo Campeche y Tabasco. Los números son los rezagos incorporados en el cálculo de la varianza de Newey-West.

³ En la obtención de los terciles se excluyeron las entidades de Campeche y Tabasco.

Cuadro 7. Resultados de la prueba tomando a 1986 como año de quiebre y de clasificación para los distintos grupos de ingreso.

			Ingreso alto					
1940-1985			1986-2019			Todo el periodo		
$\hat{\phi}_{nt} \times 100$	$\hat{t}_{\phi_{nt}}(3)$	$\hat{t}_{\phi_{nt}}(4)$	$\hat{\phi}_{nt} \times 100$	$\hat{t}_{\phi_{nt}}(2)$	$\hat{t}_{\phi_{nt}}(3)$	$\hat{\phi}_{nt} \times 100$	$\hat{t}_{\phi_{nt}}(4)$	$\hat{t}_{\phi_{nt}}(5)$
-0.5292	-5.8217	-5.5162	0.0878	6.0726	5.9856	-0.0025	-5.1436	-4.8555
			Ingreso medio					
1940-1985			1986-2019			Todo el periodo		
$\hat{\phi}_{nt} \times 100$	$\hat{t}_{\phi_{nt}}(3)$	$\hat{t}_{\phi_{nt}}(4)$	$\hat{\phi}_{nt} \times 100$	$\hat{t}_{\phi_{nt}}(2)$	$\hat{t}_{\phi_{nt}}(3)$	$\hat{\phi}_{nt} \times 100$	$\hat{t}_{\phi_{nt}}(4)$	$\hat{t}_{\phi_{nt}}(5)$
-0.0027	-6.0242	-5.5740	0.0021	7.8066	11.7231	-0.0522	-1.5471	-1.4300
			Ingreso bajo					
1940-1985			1986-2019			Todo el periodo		
$\hat{\phi}_{nt} \times 100$	$\hat{t}_{\phi_{nt}}(3)$	$\hat{t}_{\phi_{nt}}(4)$	$\hat{\phi}_{nt} \times 100$	$\hat{t}_{\phi_{nt}}(2)$	$\hat{t}_{\phi_{nt}}(3)$	$\hat{\phi}_{nt} \times 100$	$\hat{t}_{\phi_{nt}}(4)$	$\hat{t}_{\phi_{nt}}(5)$
-0.2974	-9.8894	-9.0711	0.1691	9.7058	9.1343	0.0310	1.7573	1.6453

Notas: Con 30 estados excluyendo Campeche y Tabasco. Los números son los rezagos incorporados en el cálculo de la varianza de Newey-West.

Las pruebas efectuadas a las entidades clasificadas por grupos de ingresos y para distintos periodos permiten identificar tanto los grupos y en que periodos de tiempo se cumple o no la hipótesis de convergencia. De esta manera, en el periodo posterior a la entrada en vigor del TLCAN las entidades correspondientes a los grupos de ingreso bajo y alto divergen, mientras que para el primer periodo todos los grupos de ingreso convergen al igual que para todo el periodo en su conjunto. Otro resultado importante a destacar es que las entidades de ingreso medio reportan convergencia tanto para todo el periodo como en los periodos en que se dividió la muestra.

Por otro lado, cuando tanto la clasificación de los grupos así como su periodización se realiza con base en el PIB per cápita del año de 1986, se encuentra convergencia en el primer periodo que va de 1940 a 1985 para los tres grupos de ingreso así como también para los de ingreso alto para todo el periodo, además que este indicador es fluctuante para los de ingreso medio y bajo para todo el periodo y divergencia para todos los grupos de ingreso en el segundo periodo que va de 1986 a 2019.

A grandes rasgos, los resultados obtenidos con sigma-convergencia, presentados en la sección 3, son consistentes con los obtenidos con la prueba sigmaconvergencia débil, sólo que en este caso, la prueba sigma convergencia débil es una prueba formal que permite identificar si una variable de un conjunto de regiones converge, fluctúa o diverge a diferencia del análisis de sigma-convergencia tradicional que es más informal y de apreciación subjetiva.

6. Conclusiones

En este trabajo se analiza la hipótesis de convergencia a nivel de entidades federativas de la República Mexicana en el periodo 1940 a 2019. El análisis de la convergencia es relevante dados los altos niveles de desigualdad registrados en las últimas décadas en México, además de los notables cambios socioeconómicos, políticos y en materia comercial experimentados durante el periodo de análisis, Mendoza *et al.* (2020).

Al someter a prueba la hipótesis de convergencia bajo el enfoque de σ -convergencia débil recientemente propuesto por Kong, Phillips y Sul (2019), se encuentra evidencia de σ -convergencia débil a nivel de entidades federativas para México en el primer periodo en el que suele dividirse la muestra, ya sea en 1986 o hasta 1994, para la totalidad de las entidades federativas, cuando se excluyen los estados petroleros, e incluso por grupos de ingreso independientemente del año que se elija para efectuar la clasificación. Sin embargo, las pruebas no revelan evidencia de σ -convergencia débil en el periodo de liberalización comercial, por el contrario existe evidencia de divergencia para este periodo, con excepción de que para el caso que incluye la totalidad de los estados se encontró un comportamiento fluctuante en este periodo y de convergencia únicamente para las entidades de ingreso medio cuando la clasificación de los grupos de ingreso se realiza en base al año de 1995.

Estos resultados tienden a reforzar la idea de que los efectos de la apertura comercial han tenido un efecto diferenciado en las regiones de México, no obstante se requiere una mayor investigación al respecto en la que se realicen pruebas con mayores niveles de desagregación o en grupos que se pueden conformar en base a distintos criterios, lo cual contribuirá a identificar si la ausencia de convergencia encontrada en todas las unidades es atribuible al comportamiento de ciertos grupos.

Referencias

- [1] Aguilar-Retureta, José 2016. Regional Income Distribution in Mexico: New Long-Term Evidence, 1895–2010. *Economic History of Developing Regions*, Vol. 31, Issue. 2-3, p. 225.
- [2] Apergis, N., C. Christou y S. Miller. 2012. Convergence Patterns in Financial Development: Evidence from Club Convergence. *Empirical Economics*, 43: 1011–1040.
- [3] Bai J. y Ng S. (2002). Determining the Number of Factors in Approximate Factor Models. *Econometrica*, 70, 191-221.
- [4] Barro, R.J., y X. Sala-i-Martin (1990). Economic growth and convergence across the United States. NBER working paper, 3419. National Bureau of Economic Research, Cambridge.
- [5] Barro, R.J., y X. Sala-i-Martin (1992). Convergence. *Journal of Political Economy*, 100 (2): 223-251.
- [6] Barro, R. J. y X. Sala-i-Martin (2004). *Economic growth*, 2nd ed., London: MIT Press.
- [7] Becerril, O. I. Alvarez, L. Del Moral (2010). Do infrastructures influence the convergence of efficiency in Mexico?, *Journal of Policy Modeling*, 32 pp. 120-137
- [8] Brock, G. y Germán-Soto, V, 2013. Regional Industrial Growth in Mexico: Do Human Capital and Infrastructure Matter?, *Journal of Policy Modeling*, 35, 228–242.

-
- [9] Brock, G. (2019). The real Oaxaca decomposition: convergence within Mexico's Oaxaca region in the twenty-first century—Do types of crime and religious belief matter?. *Economic Change and Restructuring*, <https://doi.org/10.1007/s10644-019-09255-7>
- [10] Cabrera, C. L. F. (2002). Convergence and Regional Economic Growth in Mexico: 1970-1995. *MPRA Paper* Núm. 4026. Disponible en: <http://mpra.ub.uni-muenchen.de/4026/>
- [11] Carrion-I-Silvestre, J. y German-Soto, V. (2007). Stochastic convergence amongst Mexican states. *Regional Studies*, 41 (4), 531-541.
- [12] Carrion-I-Silvestre, J. y German-Soto, V. (2009). Panel Data Stochastic Convergence Analysis of the Mexican Regions. *Empirical Economics*, 37 (2), pp. 303–327.
- [13] Chiquiar, Daniel (2005). Why Mexico's regional income convergence broke down. *Journal of Development Economics*, Volume 77, Issue 1, pp. 257-275.
- [14] Díaz-Dapena A., Fernández-Vázquez E., Garduño-Rivera R. y Rubiera-Morollon F. (2019). Economic integration and regional convergence: effects of NAFTA on local convergence in Mexico, 1980–2008. *Appl Econ*, 1–13
- [15] Esquivel, G. (1999). Convergencia Regional en México, 1940–1995. *El Trimestre Económico*, LXVI, 264, 725–761.
- [16] Esquivel, G. (1999). Convergencia regional en México, 1940-1995. *El Trimestre Económico*, 66(4): 725-761.
- [17] Esquivel, G. y Messmacher, M. (2002). Sources of Regional (non) Convergence in Mexico. Paper presented at the Wider/Cornell/LSE Mexico Conference on Spatial Inequality in Latin America. Institute of Public Policy and Development Studies, Universidad de las Americas, Puebla.
- [18] Friedman, M. (1992). Do old fallacies ever die?. *Journal of Economic Literature*, 30(4), 2129-2132.
- [19] Fonseca, F., Llamosas, I y Rangel, E. (2018). Liberalización económica e impactos externos. La hipótesis de convergencia para las entidades federativas en México, 1994 - 2015. Documentos de Investigación, Working Papers, No. 2018-26, Banco de México.
- [20] García Verdú, R. (2002). Income dynamics across states in Mexico: 1940–2000, Banco de México, Unpublished manuscript
- [21] German-Soto, V. (2005). Generacion del producto interno bruto mexicano por entidad federativa, 1940-1992. *El Trimestre Económico*, vol. LXXII (3), num. 287, pp. 617-653.
- [22] Germán-Soto, V. y Escobedo, J. (2011). ¿Ha ampliado la liberalización comercial la desigualdad económica entre los estados mexicanos? Un análisis desde la perspectiva econométrico-espacial. *Economía Mexicana*, Nueva Época, XX, 1, pp. 37-77.
- [23] German-Soto, Vicente (2014). Mexican Population by federal entity 1940-2020, Saltillo: own estimates.
- [24] German-Soto, V., Rodríguez Pérez, R., & Gallegos Morales, A. (2020). Exposure to globalization and regional convergence in Mexico. *Estudios Económicos*, 35(2), 267-295. <https://doi.org/10.24201/ee.v35i2.404>
- [25] Gómez, Manuel y Daniel Ventosa-Santaulària (2008). Liberalización comercial y convergencia regional de ingreso en México. *El Trimestre Económico*, LXXVI (1), Fondo de Cultura Económica, México, pp. 215-235.
- [26] Gómez, M., y Ventosa-Santaularia, D. (2009). Liberación comercial y convergencia regional del ingreso en México. *El Trimestre Económico*, 76(301), 215–235.
- [27] Gómez-Zaldívar, M. y D. Ventosa-Santaulària (2010). Per Capita Output Convergence: The Dickey-Fuller Test Under the Simultaneous Presence of Stochastic and Deterministic Trends. *Annales d'Economie et de Statistique*, No. 99/100, 429-445.
- [28] Gómez-Zaldívar, M. y Ventosa-Santauràlia, D. (2012). Regional output convergence in Mexico. *Latin America Journal of Economics*, 49 (2), 217-236.

-
- [29] Hotelling, H. (1933). Review of the triumph of mediocrity in business by Horace Secrist. *Journal of the American Statistical Association*, 28, 463–465.
- [30] Jangam, B.P., y Akram, V., (2019). Do Prices Converge Among Indonesian Cities? an Empirical Analysis, *Bulletin of Monetary Economics and Banking*, 22: 239 – 262. <https://doi.org/10.21098/bemp.v22i3.1152>
- [31] Johnson, Paul y Chris Papageorgiou (2020). What Remains of Cross-Country Convergence?. *Journal of Economic Literature*, 58 (1): 129-75. DOI: 10.1257/jel.20181207
- [32] Jordaan, J. y Sanchez-Reaza, J, 2006. Trade Liberalization and Location: Empirical Evidence for Mexican Manufacturing Industries 1980–2003. *Review of Regional Studies*, 36, 279–303.
- [33] Kido-Cruz, A. y M.T. Kido-Cruz. 2015. Convergencia económica en la región sur de México: un análisis municipal durante el periodo 1990-2010, *Economía, Sociedad y Territorio*, 15(49): 697-722.
- [34] Kong, J., Phillips, P. C. B., & Sul, D. (2019). Weak σ -convergence: Theory and applications. *Journal of Econometrics*, 209, 185–207.
- [35] Kong, J., Phillips, P.C.B. and Sul, D. (2020). Testing Convergence Using HAR Inference, Li, T., Pesaran, M.H. and Terrell, D. (Ed.) *Essays in Honor of Cheng Hsiao* (Advances in Econometrics, Vol. 41), Emerald Publishing Limited, pp. 25-72. <https://doi.org/10.1108/S0731-905320200000041002>
- [36] Lucas, R. (1988). On the Mechanics of Economic Development, *Journal of Monetary Economics*, 22, 3-42.
- [37] Mendoza-Velázquez, Alfonso; Daniel Ventosa-Santaulària and Vicente German-Soto. (2019). Mexico's inter-regional inequality: a convergent process?, *Empirical Economics*, Vol. 56 Iss. 5 (2019) p. 1683 - 1705 ISSN: 0377-7332 Disponible en: http://works.bepress.com/vicente_german_soto/89/
- [38] Mallick, R. y Carayannis, E. (1994). Regional economic convergence in Mexico: an analysis by industry, *Growth and Change*, 25: 325-334
- [39] Mendoza, M. A. (2014). Metodología de interpolación estructural-espacial para la generación de una serie continua del pib y población por entidad federativa: 1970-2012, Documento de trabajo, UNAM, Facultad de Economía.
- [40] Mendoza-Velázquez, A., Ventosa-Santaulària, D. y Germán-Soto, V. (2019). Mexico's inter-regional inequality: a convergent process?. *Empirical Economics*, 56, 1683–1705 <https://doi.org/10.1007/s00181-017-1401-8>
- [41] Mendoza-Velázquez, A.; Vicente German-Soto, Mercedes Monfort y Javier Ordóñez. (2020). Club convergence and inter-regional inequality in Mexico, 1940-2015, *Applied Economics*, 52:6, 598-608, doi: 10.1080/00036846.2019.1659491
- [42] Messmacher, M., 2000. Desigualdad Regional en México. El Efecto del TLCAN y Otras Reformas Estructurales. Documento de Investigación 2000-4, Banco de México.
- [43] Narayan, Laxmi (2017). Convergence or divergence: An analysis of regional disparities in South Asian countries. *International Journal of Multidisciplinary Research and Development*, 4(7): 436-443.
- [44] Plata, L., J. Calderón y S. Salazar. 2013. Convergencia económica en México 1950-2003, *Perspectivas. Revista de Análisis de Economía, Comercio y Negocios Internacionales*, pp. 141-168.
- [45] Diaz, J., A. Sánchez, y M. Á. Mendoza. 2009. Convergencia hacia la economía regional líder en México: un análisis de cointegración en panel. *El Trimestre Económico*, 76(302(2)): 407-431. <https://doi.org/10.20430/ete.v76i302.532>
- [46] Phillips, P. C. B. y Sul, D. (2007). Transition modelling and econometric convergence tests, *Econometrica*, 75, 1771-1855.
- [47] Ramón, H. Juan y Rivera Bátiz, L. (1996). Regional Growth in Mexico: 1970–1993. IMF Working Paper, 96/92.

-
- [48] Rodríguez Benavides, D., M.A. Mendoza y F. Venegas Martínez. (2016a). ¿Realmente existe convergencia regional en México? Un modelo de datos-panel TAR no lineal, *Economía, Sociedad y Territorio*, 16(50): 197-227.
- [49] Rodríguez Benavides, D., F. López y M.A. Mendoza. (2016b). Clubs de convergencia regional en México: un análisis a través de un modelo no lineal de un solo factor, *Investigaciones Regionales – Journal of Regional Research*, 34: 7-22.
- [50] Rodríguez Benavides, D., J. C. Trejo García, and M. Á. Mendoza González. (2016c). Pair-Wise Approach to Test the Regional Convergence Hypothesis in Mexico. *Journal of Reviews on Global Economics* 5: 59–68.
- [51] Rodríguez-Gámez, L. I., y Cabrera-Pereyra, J. A. (2019). Convergencia municipal en México con modelos de econometría espacial (1999 - 2014). *EconoQuantum*, 16(1), 7-32.
- [52] Rodríguez-Gámez, L. I., y Cabrera-Pereyra, J. A. (2020). Convergencia económica entre municipios mexicanos: un enfoque de parámetros locales. *Ensayos Revista de Economía*, 39 (2), 143-186, Noviembre, DOI: <http://dx.doi.org/10.29105/ensayos39.2-2>.
- [53] Rodríguez Oreggia, E., 2001. Regional Policies and Income Disparities in Mexico: A Review of Convergence Aspects. CEIDIR'S REVIEW: Electronic Publication on Local Economic Development. Available at <http://orbita.starmedia.com/~delenlace2000/regdisparities.doc>.
- [54] Rodríguez-Oreggia, E, 2005. Regional Disparities and Determinants of Growth in Mexico. *Annals of Regional Science* 39, 207–220.
- [55] Rodríguez-Oreggia, E. (2007). Winners and Losers of Regional Growth in Mexico and their Dynamics. *Investigación Económica*, 66(259), 43– 62.
- [56] Rodríguez-Pose, A. y Sánchez-Reaza, J. (2002a). The impact of trade liberalization on regional disparities in Mexico. *Growth and Change*, 33 (2002), pp. 72-90
- [57] Rodríguez-Pose A. y Sánchez-Reaza J. (2005). Economic polarization through trade: trade liberalization and regional growth in Mexico. In: Kanbur R, Venables JA (eds) *Spatial inequality and development*. Oxford University Press
- [58] Sánchez-Reaza J. y Rodríguez-Pose A. (2002). The impact of trade liberalization on regional disparities in Mexico. *Growth Change* 33(1):72–90.
- [59] Sul, Donggyu (2019). *Panel Data Econometrics, Common Factor Analysis for Empirical Researchers*. Routledge.
- [60] Trejo Nieto, A. (2020). Regional disparities in Mexico and the spatially cumulative effects of national development and economic cycles, 1940–2013. *Reg Sci Policy Pract.* 2020; 1– 14. <https://doi.org/10.1111/rsp3.12311>
- [61] Valdez, Rolando I. (2019). Spatial diffusion of economic growth and externalities in Mexico. *Investigaciones Regionales - Journal of Regional Research*, 45: 139-160.
- [62] Villarreal C.C. y Tykhonenko A. (2007). Convergencia regional e inversión extranjera directa en México en el contexto del TLCAN, 1994-2002. *Investigación Económica*:15–41.