

EDITORIAL IMEF



En el último trimestre del año nos enfrentamos a un entorno económico volátil a nivel internacional. Hemos presenciado a lo largo del año una inflación creciente que no ha cesado ante situaciones políticas y económicas, los bancos centrales han incrementado de manera importante las tasas de referencia que buscan disminuir el consumo y en consecuencia bajar la inflación.

Una de las preocupaciones en México es la política fiscal y el paquete económico 2023, que parece tener supuestos optimistas en el crecimiento económico del país y la inflación. Asimismo, los acuerdos comerciales entre los miembros de América del Norte para impulsar las cadenas de suministro de la industria automotriz y con ello generar un flujo continuo como se observaba en años previos a la pandemia.

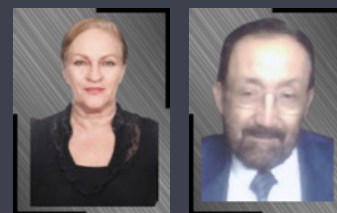
En el IMEF a través de sus múltiples canales de discusión hemos realizado análisis profundos del impacto de la inflación en los diferentes sectores de la economía y las políticas para enfrentarla, los invitamos a mantenerse activos en las actividades que organizamos.

La REMEF es un claro ejemplo donde se abordan temas de gran impacto y que busca dar soluciones serias y bien fundamentadas a los problemas de índole financiero y económico, el presente número presenta propuestas muy interesantes de un tema fundamental en nuestro presente, la globalización y desarrollo sostenible.

Exhorto a los investigadores y empresarios a establecer canales de comunicación efectivos como nuestra Fundación de Investigación, donde se abordan y se dan respuesta a las problemáticas de la industria, el gobierno y la sociedad.

Mtro. Alejandro Hernández Bringas
Presidente Nacional del IMEF

NOTA DE LOS EDITORES



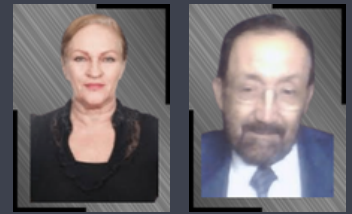
Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU, adoptados en 2015, brindaron una plataforma para crear un llamado universal a la acción para acabar con la pobreza, proteger el planeta y garantizar que todas las personas disfruten de la paz y la prosperidad. Proporcionaron una mayor orientación e indicadores para medir nuestro progreso hacia la sustentabilidad. Los ODS explicitan que la cooperación internacional sería clave para avanzar hacia la sustentabilidad a nivel mundial.

Las negociaciones sobre la acción climática culminaron en el Acuerdo de París en diciembre de 2015, destacando en particular que la acción cooperativa es clave para facilitar y promover las acciones de proteger el planeta, la biodiversidad y a los seres humanos de los impactos negativos del cambio climático. Además, el acuerdo tiene como objetivo aumentar la capacidad de los países para hacer frente a los impactos del cambio climático y hacer que los flujos financieros sean compatibles con una baja emisión de GEI y un camino de desarrollo sostenible. Las contribuciones nacionalmente determinadas (NDC) de los países reflejan su capacidad para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, ya que cada país establece sus propios objetivos y acciones. Por lo tanto, las prioridades y necesidades divergentes se reflejaron a través de un proceso aceptable para todos los países, guiado por los principios de la CMNUCC.

Finalmente, la Agenda de Acción de Addis Abeba (AAAA, 2015), que es una parte integral de la Agenda 2030, ha identificado políticas y acciones concretas de financiamiento como apoyo para cumplir los ODS. Contiene más de 100 medidas concretas, que abordan todas las fuentes de financiación y cubren la cooperación en una variedad de temas que incluyen tecnología, ciencia, innovación, comercio y desarrollo de capacidades.

Entre los inversionistas institucionales prevalece siempre más la opinión que la inversión sustentable es clave para los rendimientos exitosos a largo plazo. En particular, los impactos climáticos y la transición justa hacia una economía neutral a emisiones de carbono, es un reto global, sistémico y urgente, que exige un manejo de riesgos específico, identificación oportuna de oportunidades y acción colectiva.

NOTA DE LOS EDITORES



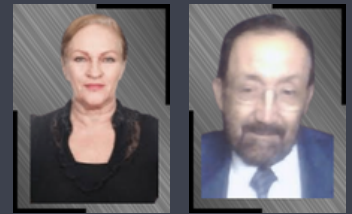
El Informe Global de Riesgos (2021) reporta entre los riesgos de mayor probabilidad para los próximos diez años las condiciones climáticas extremas, fracaso de la acción climática y daños ambientales provocados por el hombre. Mientras que, entre los riesgos de mayor impacto de la próxima década, las enfermedades infecciosas están en el primer lugar, seguido por el fracaso de la acción climática y otros riesgos ambientales; así como crisis de los medios de vida. Estos datos nos indican la importancia de la cooperación internacional en los asuntos de sustentabilidad.

Desde mucho antes de que se descubriera el papel de los agentes infecciosos a finales del siglo XIX, se ha advertido que las condiciones climáticas afectan a las enfermedades epidémicas. La aparición y propagación de Covid-19 no sólo fue predecible, sino que se predijo habría otra aparición viral de la vida silvestre que sería una amenaza para la salud pública. Un estudio de 2007 sobre el brote de Sars 2002-03 concluyó que la presencia de un gran reservorio de virus tipo Sars-COVID en murciélagos, junto con la cultura de comer mamíferos exóticos en el sur de China, representaba una bomba de tiempo.

Esto se agrava debido a que ciertas condiciones del actual proceso de producción no sustentable que deteriora del medio ambiente así lo permiten, como, por ejemplo, la falta de agua potable suficiente; la producción de alimentos en masa, las granjas y criaderos de ganado y aves de corral, donde se producen mutaciones de bacterias y virus, creando nuevas enfermedades; el crecimiento vertiginoso de la población mundial; la expansión no controlada de zonas urbanas con pocos o ningún servicio sanitario; la deforestación descontrolada, que nos acerca a los hábitats naturales de las plagas, entre otros. Por otro lado, la globalización, el incremento de los viajes y transportes internacionales, así como la devastación del ambiente, se han convertido en una vía ideal para su rápida propagación.

La Agenda 2030 marca un cambio en la forma en que los Estados nacionales se ven a sí mismos y hacia dónde quieren ir. La búsqueda del “crecimiento económico a toda costa”, es decir, la idea de que el aumento del ingreso monetario puede solucionar todos los problemas sociales, sin considerar las consecuencias para el medio ambiente y sin abordar las desigualdades sociales, ha llegado a su fin y un enfoque mucho más holístico hacia el desarrollo ha sido adoptado, donde los resultados sociales y ambientales se valoran por igual. El nuevo marco (incluido el principio “nadie se quedará atrás”) finalmente deja en claro que: o el desarrollo significa mucho más que el crecimiento económico medido en términos de PIB; o la sustentabilidad significa mucho más que ser compatible con el medio ambiente; o la igualdad significa mucho más que el ingreso justo o la distribución de la riqueza.

NOTA DE LOS EDITORES



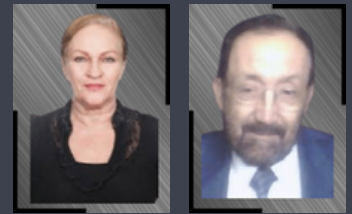
El desarrollo sustentable requiere la generación y aplicación de ideas creativas y diseños y técnicas innovadores. Por esta razón, la ONU debe asociarse con los gobiernos, el sector privado, las agencias de desarrollo y las organizaciones de la sociedad civil (OSC) para brindar un fuerte apoyo institucional y financiero a las universidades y otras instituciones de investigación. Todo esto debe estar respaldado por marcos legales apropiados y una estricta aplicación de las regulaciones para garantizar que todos los interesados cumplan con la agenda de DS.

Debe haber una educación constante sobre la sustentabilidad y el impacto del cambio climático por parte de la ONU y los gobiernos de todos los países, así como de las organizaciones de la sociedad civil, para todas las personas que residen en todas partes. Los programas de sensibilización deben estar dirigidos a garantizar que los residentes de cada país comprendan el concepto y los principios del desarrollo sustentable y se comprometan con un comportamiento ambiental, económico y social responsable, así como con una administración responsable.

En este sentido son muy importantes también los acuerdos regionales, que además han demostrado ser más eficientes en varios aspectos económicos y políticos. Pues es mucho más fácil ponerse de acuerdo entre menor número de miembros, así como implementar mecanismos de monitoreo y resolución de controversias. Las disposiciones ambientales en los Acuerdos Comerciales Regionales (ACR) se han vuelto siempre más amplias. Los primeros ACR simplemente replicaban las disposiciones ambientales de la OMC. Dado que hay menos partes involucradas, mecanismos de aplicación sólidos y espacio para la experimentación de políticas, los acuerdos comerciales regionales (ACR) tienen un gran potencial para mejorar la gobernanza del cambio climático y la sustentabilidad. Su papel se espera que incremente debido a la regionalización de las cadenas de valor en tiempos de COVID-19 y los pronósticos que esta tendencia va persistir. Los ACR más recientes suelen incluir un capítulo completo dedicado íntegramente a la protección del medio ambiente, con obligaciones precisas y exigibles en diversas áreas relacionadas con el ambiente. Las disposiciones climáticas y ambientales innovadoras son en algunos casos más específicas y aplicables que las que se encuentran en los acuerdos mundiales.

El proceso de globalización se ha afectado por la interrupción de las cadenas productivas durante la pandemia. Siempre se habla más de “near-shoring” y “friend-shoring”, o sea la regionalización económica muestra tendencias de fortalecerse en el futuro. Esta tendencia se acentúa por las tensiones bélicas entre Rusia y Ucrania, y

NOTA DE LOS EDITORES



recientemente entre los Estados Unidos y China. Sin embargo, prevalecen y van acelerarse problemas a nivel mundial que tienen que ser resueltos en conjunto por las naciones del Norte Global y Sur Global, por el Oriente y el Occidente. Tales son los riesgos del cambio climático, el deterioro ambiental y las pandemias que se espera sean parte de la nueva realidad.

Para ser implementada la Agenda 2030 requiere de un cambio fundamental en los enfoques políticos y culturales prevalecientes. El objetivo de recuperación económica y social después del COVID-19 debe de ser conservar, proteger y mejorar los recursos naturales en las comunidades, así como resguardar la salud y el bienestar de sus habitantes de los riesgos e impactos ambientales, y climáticos, todo ello con un espíritu justo e inclusivo.

Esta Edición Especial sobre Asuntos de Globalización y Desarrollo Sustentable de la Revista Mexicana en Economía y Finanzas tiene como objetivo a contribuir al desarrollo de las temáticas anteriores, abordando temas como energías renovables, economía y calidad ambiental, migraciones climáticas, finanzas verdes, economía circular, así como la actividad de las empresas familiares y pescadores de pequeña escala en relación con los ODS y en las nuevas condiciones de globalización económica y política. La temática abarca asuntos a nivel global, así como Mesoamérica, América Latina, Norteamérica y Asia-Pacífico. Esperamos que estos estudios pueden contribuir para que las que las personas interesadas amplíen sus conocimientos sobre las tendencias de globalización en el mundo y sus avances hacia la sustentabilidad.

LOS EDITORES

Dra. Antonina Ivanova Boncheva

Dr. Edgar Ortiz

ESG Green Equity Finance Risk and Links in Mexico: Conditional Volatility and Markov Switching Vector Analyses

Miriam Sosa¹ - Universidad Autónoma Metropolitana, México

Edgar Ortiz - Universidad Nacional Autónoma de México, México

Alejandra Cabello - Universidad Nacional Autónoma de México, México

Abstract

We analyze the differential influence of Mexican oil price, exchange rate and S&P 500 Index on the Mexican Stock Exchange: S&P/BMV IPC ESG Tilted Index (sustainable stock market index), and on the S&P/BMV IPC (General stock market index) in two different regimes. First, we estimate the conditional volatility of the series using a univariate GARCH model under the t-Student distribution. Second, a Markov Switching Vector Autoregressive model is developed. The evidence identifies sustainable asset performance, risk, and interaction with other regular assets. The sustainable index is more vulnerable to the foreign exchange market and to the U.S. stock market, especially in periods of turbulence. Only the S&P 500 shows a statistically significant impact on the overall Mexican index, for both states high and low volatility. Oil prices do not have a significant impact on the Mexican indices analyzed. Evidence allows us to recommend a currency hedging in ESG investments. Originality relies on empirical approaches and the study of ESG index in an emerging market. Limitations are related with the scarce information and limited access to ESG factors data. We conclude that investment strategies should be different during calm and turmoil periods.

JEL Classification: D53, F31, Q01, O16.

Keywords: ESG Index, Stock Markets, Mexican Bourse, Standard and Poor's 500.

Riesgo en el índice sustentable ESG y sus vínculos en México: Análisis de Volatilidad Condicional y de Vectores de Cambio de Markov

Resumen

El financiamiento accionario derivado de estrategias de Gobernanza Social Ambiental (ESG) se ha convertido en una fuente importante para promover el desarrollo sostenible. Analizamos la influencia diferencial del precio del petróleo mexicano, el tipo de cambio y el índice S&P 500 sobre los indicadores de la Bolsa Mexicana de Valores: S&P/BMV IPC ESG Index (índice bursátil sostenible), y en el índice general de la bolsa, S&P/BMV IPC en dos regímenes diferentes. Primero, estimamos la volatilidad condicional de la serie utilizando un modelo GARCH univariado bajo la distribución t-Student. Posteriormente desarrollamos un modelo de Vectores Autorregresivos con cambio de Régimen de Markov (MSVAR). La evidencia identifica el rendimiento de los activos sustentables, su riesgo y la interacción con otros activos regulares. El índice ESG es más vulnerable al mercado de divisas y al mercado de valores de Estados Unidos, especialmente en períodos de turbulencia. Se identifica un impacto significativo del S&P500 en el índice general en ambos regímenes: alta y baja volatilidad. Los precios del petróleo no muestran una influencia significativa en los índices mexicanos analizados. Los resultados ilustran el riesgo y potencial de estrategias de cobertura utilizando acciones sostenibles en carteras de inversión. Es preciso un mayor desarrollo empresarial y del mercado de valores, así como formular más políticas y regulaciones para promover una mayor participación de los inversionistas en el financiamiento verde en México.

Clasificación JEL: D53, F31, Q01, O16.

Palabras clave: Índice ESG, Bolsa de Valores, Bolsa Mexicana de Valores, Standard and Poor's 500.

¹ Corresponding author. Email: msosac87@hotmail.com

* No source of funding for research development



1. Introduction

Climate change has become a main concern in the academic, private and public policy sectors focusing on responses to mitigate changes due to use of fuel oils and the emission of carbon dioxide and other green house effects which among other things are leading to significant losses in biodiversity and dangerous increases of sea levels, droughts and desertification around the globe. However, problems and response capacity are unequal among countries. Particularly, developing countries are most endangered because their limited resources to enhance their social, technological and economic and financial capabilities. Sustainable growth is practically beyond reach unless innovative policies and practices, now in their infancy, are strengthened.

In this respect, Environmental, Social and Governance (ESG) criteria are an increasingly important corporate contribution to favorable climate change and a sustainable development. Moreover, investors are increasingly applying eco-non-financial dimensions as part of their analysis process (specially environmental) in order to broaden their comprehension of the companies in which they invest. International agencies, multilateral institutions, policy makers and economic authorities are also highly concerned about ESG issues, and have been promoting joint efforts to encourage the dialogue, increase understanding and implement measures in relation to (i) the decision and operation of monetary policy in the context of climate change, and (ii) the impact of finance to climate change, including disclosure and communication, transition plans and financing green innovation. An example of such initiatives is the Green Swan conference co-organized by Bank for International Settlements (BIS), the European Central Bank (ECB), the Network for Greening the Financial System (NGFS) and the People's Bank of China (PBoC).

Sensitive to the challenges of climate change beyond a focal point, assuming its international role, Mexico is creating an institutional and legal context for the adoption and accomplishment of global policies and objectives. For example, the ratification of the General Law on Climate Change (LGCC), active participation in the creation of the National Climate Change System (SINACC) and the actions formulated in the National Development Plans (GRICCE, 2022). Additionally, in the Mexican Stock Market, both eco shares and bonds are traded.

Thus, to enhance green finance, it is of utmost importance for investors, company managers, monetary authorities, banking regulators and supervisory bodies to understand the dynamics and risk exposure of ESG investment instruments and how other key financial variables may impact their evolution. In this regard, we analyze the differential influence of Mexican oil price, exchange rate and S&P 500 Index on the indicators of the Mexican Stock Exchange: S&P/BMV IPC ESG Tilted Index (sustainable stock market index) and on S&P/BMV IPC (General stock market index) in two different regimes. To achieve that purpose, we first estimate the conditional volatility of the series using a univariate GARCH model under the t-Student distribution. Second, a Markov Switching Vector Autoregressive model is developed. The study period covers from March 21, 2014, to April 28, 2022.

Our research contributes in several ways. First, examining the ESG Index dynamics in an emerging economy, the case of Mexico. Secondly, proposing a non-linear approach to analyze the general and sustainable indexes response to key financial indices. Third, providing crucial evidence

to design investment strategies including ESG assets. Finally, considering local institutional limitations, we suggest some advancements.

The research is structured in five sections. Section two discusses the literature review. The third part describes the data and methodology. Fourth section presents the empirical results and its analysis. The fifth section concludes.

2. Literature Review

Rising global concerns over environmental problems deteriorating sustainable development have led to significant research contributions from the academic world. A good number of recent works deal with corporate governance responsibility regarding a promotion of green investments supported similarly with green finance assets. In affinity with our empirical goals, this section reports recent research devoted ESG performance. Most studies deal with the case of developed countries. To close this gap, we stress studies on emerging economies. The latter case accentuates the unique conditions of these nations which are still a barrier to the advancement of ESG and its potential contributions to a sustainable development (Husted and Sousa-Fillo, 2019; Janah and SaSSI, 2021; Singhania and Saine, 2021). For comparative purposes, this revision of related studies is complemented in the section discussing our results.

Concerning developed markets, several studies deal with the hedging and potential benefits of green assets and ESG practices. Recent works by Martinez-Oviedo and Medda (2019), Drei et al. (2019), Saeed et al (2020), Ruan and Liu (2021), and Chen (2022) represent this line of research. Martinez-Oviedo and Medda (2019) examine the performance of two categories of green investment: non-real green assets and real green assets (natural resources). They identify the green investments which offer best financial benefit and examine endogenous risks related to these types of assets. Their analyses focus on expected volatility, returns, diversification, downside risk, linkage with inflation, and sensitivity to liquidity disequilibria in capital markets. Their performance is contrasted with that of traditional assets such as equity, bonds, and real estate, as well as other non-conventional instruments, specifically infrastructure. Martinez-Oviedo and Medda results indicate that real green assets are an adequate option in the incorporation of green investments.

Drei et al. (2019) examine the influence of ESG investing on pricing determination in bourses. Their updated research confirms previous results. ESG investing tends to affect both passive and active ESG investors during 2010 and 2013. However, ESG investing became a source of improved performance from 2014 to 2019 in Europe and North America. Additionally, ESG might be considered as a risk determinant in the Eurozone, but in the North America, It is still one of the best strategies. Nonetheless, new interesting patterns appear during the last year and a half. First, findings for North America and the Eurozone are distinct during the latest period. Second, a partial alignment between ESG ratings and performance can be attributed by a switch from a passive to a dynamic method to ESG investing. Third, there are some discrepancies between active and passive management. Fourth, social considerations apparently gained importance during the last years, and is no longer a determining factor. Finally, A factor-based investment and ESG investing are becoming increasingly linked.

In turn, Saeed et al. (2020) compare green assets with dirty energy instruments in terms of their hedging efficiency from January, 2012- November, 2019. They apply corrected dynamic

conditional correlation models to estimate the indicators of coverage and effectiveness, and the results reveal that both measures vary over time. Their evidence reveals that investors should employ a dynamic hedging strategy and that clean energy assets achieve greater efficiency than green bonds. Regression results indicate that implied volatilities of U.S. equities and crude oil, as well as the U.S. dollar index, negatively affect hedge portfolio returns, while gold prices and inflation affect positively.

Finally, Chen (2022) examines the impact of green strategy on the corporate green performance and green competitive advantage. Chen applies stepwise regression analysis for data analysis and comparison. Three main results are reported. First, Corporate green assets and corporate green technology are the main factors that can be used by firms to obtain the green competitive advantage. Second, the effect of corporate green strategy on corporate green assets, corporate green strategy, corporate green performance, and corporate green assets can be confirmed. Additionally, the mediating impact of corporate green assets and corporate green technology on the corporate green performance and corporate green assets are identified. Finally, companies should use the corporate environmental responsibility conceptual frameworks to enhance green corporate assets.

Further research regarding equity financing and ESG worth mentioning are the works by Chouabi, and Affes, (2021), Murata and Hamori (2021), Chouabi, and Affes (2021) employ data panel linear regressions employing the Thomson Reuters ASSET4 and Bloomberg database from seven countries. This includes data of 523 listed companies selected from the ESG index between 2005 and 2017. The evidence shows an increasing interest in corporate social responsibility (CSR) and ethical practices over the last ten years. Besides, companies with a strong social and ethical commitment achieve significantly higher environmental indicators. The GMM model results indicate dependence and permanence in environmental disclosure. The findings highlight that the institutional and/or cultural variables impact top management's environmental reporting behavior relate to the quality of published information.

Murata and Hamori (2021) study the relationship between environmental, social and governance (ESG) disclosures and stock downside risk. Their study employs sets of major market index constituents from Europe, the United States and Japan to perform regression analysis, taking into account other possible determinants of stock price decline. The authors measure static two-way fixed effects models and dynamic GMM models. The results confirm that the coefficients of firm-level ESG disclosures are not statistically significant in the static model. The coefficients of ESG disclosure in the dynamic model are not statistically significant in the United States but are statistically significant and negative in the European and Japanese markets. These results mean that ESG disclosure decreases the risk of stock price decline in the future; however, the influence and predictive power of ESG disclosure is different in each market.

Now, regarding developing economies, although green finance and ESG are nascent in these countries, recent research is bridging the gap with that reported from developed nations. Although common environmental and sustainable growth issues are dealt with, data disclosure and sui generis institutional conditions impair findings and contributions of ESG to green finance and sustainability. At any rate, recent research is symptomatic of positive changes at hand. Research worth mentioning

includes the works by Martinez-Ferraro and Lozano (2021), Ruan and Liu (2021), Masliza, and Wasiuzzaman (2021), Rojas Covarruvias (2021), Duque-Grisales and Aguilera-Caracuel (2021), Janah and Sassi ((2021), Amosh and Khatib (2021).

Martinez-Ferrero and Lozano (2021) explore the relationship of institutional ownership and environmental, social, and governance (ESG) performance in emerging markets. Their study comprises an international sample of 17,318 firm-year observations from the period 2012–18 for 16 emerging countries. The empirical evidence shows that the ESG performance of firms located in developing countries relies on the level of influential institutional ownership, and displays a U-shaped relation, especially for environmental disclosure. Institutional investors with lower participation are less likely to drive higher ESG performance in emerging markets, but this effect is mitigated once institutional investor participation reaches a significant percentage, which represents a critical mass.

Ruan and Liu (2021) examine if ESG activities have enhanced or inhibit firm performance. Previous evidence has shown mixed results. In the case of China this is a very important issue because corporate ESG activities are still in their infancy and related systems and regulatory measures are insufficient not complete. Accordingly, Ruan and Liu (2021) examine ESG A-shares from both the Shanghai and Shenzhen markets. The sample includes data from 2015 to 2019. Their empirical evidence shows that corporate ESG activities have a significantly negative impact on firm performance. In addition, their evidence shows that, as opposed to state-owned and environmentally sensitive companies, non-state-owned and environmentally non-sensitive companies provide more evidence to support their conclusions.

Masliza, and Wasiuzzaman (2021) investigate the effect of firms' ESG disclosures on corporate performance, moderated by firm competitive advantage. The sample of the data is 3966 firm-year observations from year 2012–2017 of 661 firms listed in the Bursa Malaysia. Clustering techniques are included in their regression analysis. Contrary to the case of China, the empirical evidence shows ESG disclosure increases corporate performance even after controlling for competitive advantage. In addition, increased ESG disclosure in one unit will increase the company's performance by an average of 4 percent in Malaysia. The study states that it is necessary examine the level of ESG disclosure and the financing incentive for firms with high ESG disclosure scores as high scores of ESG are associated with higher competitive advantage. Further, authorities can promote regulatory frameworks by incorporating ESG within various investment activities and value creation initiatives.

In the same line of research, Rojas Covarruvias (2021) examines the relationship between corporate sustainability and the financial performance of the companies with the largest market capitalization in Argentina, Brazil, Chile, Mexico and Peru. Panel data gathered from the Refinitiv Eikon platform for more than 190 companies for the period 2002-2019 for ESG indexes. Three variables are used to measure financial performance: return on assets, return on sales and Tobin's Q. The Q ratio enables to examine the impact of sustainability on investors' expectations of the company. The Mental Environ, Social & Governance (ESG) criterion is used. Findings reveal a positive relationship between ESG and performance. For the Latin American case the evidence reveals a positive and significant correlation between the Tobin-dependent variable Q and the added ESG. This is important because these relationships have not been analyzed in depth for the case of developing

countries due their sui generis characteristics, particularly considering that findings of developed countries are not applicable to the Latin American case.

Duque-Grisales and Aguilera-Caracuel (2021) study if a firm's financial performance is linked with superior environmental, social and governance (ESG) indicators in developing markets of multinationals in Latin America. They employ data from 104 multinationals established in Brazil, Chile, Colombia, Mexico and Peru. A panel linear regressions are applied. Their findings reveal that the relationship between the ESG indicators and financial performance is significantly statistically negative. Additionally, Duque-Grisales and Aguilera-Caracuel analyze environmental, social and governance independently conductive to establish each factor's relationship to multinationals' financial performance. The results suggest a negative relationship. Finally, the empirical evidence states a moderating effect of financial slack and geographic international diversification on the relationship between ESG factors and firms' financial performance.

Janah and Sassi (2021) review four crucial determinants of the ESG CFP relationship in emerging countries. Their inspection uncovers four research opportunities and increases understanding about two notable limitations of ESG research in emerging countries. The data used include empirical articles arguing for the ESG-CFP relationship obtained from the Web of Science database. Janah and Sassi's analyses make it evident that while most studies in developed countries indicate a positive relationship, in developing countries it remains inconclusive and further research is needed.

Amosh and Khatib (2021) contend that financial information per se is insufficient to satisfy the expectations of stakeholders. In Jordan, disclosure practices are still emerging and non-mandatory. Amosh and Khatib examine the level of environmental, social, and governance (ESG) disclosure in the annual reports of industrial firms listed on the Amman Stock Exchange. The research analyzes the level of disclosure. Their findings confirm that the level of disclosure on ESG performance is still weak, albeit improving due to pressures from stakeholders. The outcome also identified a compelling impact of the board size and board meetings on ESG performance. However, the evidence was discouraging regarding non-executive directors, audit committee, auditor type, and board compensation; these factors did not contribute to disclose ESG practices.

Most recently, Linnenluecke (2022) investigates the state of research on environmental, social and governance (ESG) performance in the multinational business research context. He discusses research advances and various topics associated with applying ESG ratings in cross-country studies, mainly for evaluating the performance of multinational enterprises. This includes emerging market multinationals. Three emerging research streams are identified and analyzed: 1) research about the ESG-financial performance in emerging markets; 2) research following the ESG performance of multinationals in the different countries and regions they are operating; and 3) contexts for assessing ESG-related risks on a country level. Several unresolved issues become apparent. ESG frameworks have been constructed to assess the sustainability of companies in their host countries, mainly developed countries, with little relevance and transferability to emerging markets. The actions of international companies are often not observed in detail or perceived across company subsidiaries, so scores do not accurately integrate the views and voices of the various local stakeholders that are affected by company activities, especially indigenous communities.

Following a financial accounting approach, Gavira-Duron et al. (2020) study the effect of five financial ratios and the z-score on the environmental index, social responsibility index, corporate governance index, and sustainability index of companies listed in the Mexican Stock Exchange. The authors apply a panel data model using least squared, fixed effects in crossed sections and periods. The empirical evidence shows that total assets and the Z-Altman score are the most significant variables, signaling they are negatively correlated and with corporate sustainable performance, environmental index, social responsibility, and corporate governance. The evidence is limited due to the sample is small and it is employed a unique model. Findings also reveal that the firms listed have extra costs derived from belonging to the index.

Finally, it is worth mention the work by Prima and Ikbal (2021) directly related to sustainable economic growth. The authors examine ESG Sustainable Development Goals (SDG) derived from a more responsible management of natural resources and their contribution to economic development. Prima and Ikbal employ a path analysis model to understand the relationship between natural resource rent, ESG performance, and the quality of economic development at the country level. Their research utilizes an OECD countries data, covering from 2000 to 2017. The results reveal a negative relationship between ESG performance and natural resource rent, i.e., better human development inhibits corruption and promotes better ESG performance. The two-way Granger causality test between natural resource rent and ESG performance indicates that ESG performance may be influenced more by the quality of institutions than by the size of the economy. Good institutions allow the economy to achieve an optimal allocation of resources.

Summing up, regarding developed countries, although mixed evidence is reported in the literature, overall applications of green shares financing ESG mandates are positive. They have led to better competitive results and no doubt in mind are contributing to mitigate human caused damages to the environment. On the contrary, several studies acknowledge that green financing and ESG is nascent in developing countries, partly because corporate disclosure, and their institutional and legal framework to enforce sustainable development is weak.

In the case of Mexico, although is a middle-developed country, it still needs a detailed taxonomy to identify key concepts, measures and disclosure standards as part of a full body of laws and regulations. Many norms are dispersed along the legal Mexican system in what can be regarded as normative ESG (ILG.com, 2022). Additionally, it is worth noting that the Mexican Stock Market is surprisingly small (140 shares traded on average) and the general index tracks the performance of only 35 leading companies. Moreover, the ESG index measures price and returns performance of shares that fulfill stock market sustainability criteria. Considering all of this, the constituents of this year's new S&P/BMV Total Mexico ESG Index are: ALFA A, ALSEA, AC, BSMX B, CEMEX CPO, KOF UBL, VESTA, CREAL, FUNO 11, FEMSA UBD, LAB B, GENTERA, OMA B, GAP B, ASUR B, BIMBO A, GFNORTE O, HERDEZ, AGUA, TLEVISA CPO, PE&OLES, IENOVA, KIMBER A, NEMAK A, ORBIA, FIBRAPL 14, Q, RA, WALMEX.

Rather than involved with environment friendly products or clean energy sources, these firms mainly control residuals, use of low contaminating fuels for their operations and sales distribution and similar schemes. However, it is worth noting a positive innovation. An older version of the ESG index²⁰²⁰ used ratings from institutions tasked specifically with grading if a company was considered sustainable or not (basically a yes or no flag); since 2020, the new index applies S&P ESG ratings and benchmarks which includes the SAM corporate sustainability assessment. A final

consideration must be made: Due to long standing social inequities, financial inclusion is still low (68.0% of the population;32,0% do not have access to financial services) (CNBV, 2022).

3. Data and Methodology

ESG investing has emerged from investment approaches such as Socially Responsible Investment (SRI), but there are important distinctions. Traditional models often use value judgments and negative selection to determine which companies to invest in. ESG investment and analysis, on the other hand, aims not only to support a set of values, but also to find value for the company. Underlying these decisions are factors intrinsic to economic, environmental, and social dimensions.

S&P Global (2022a) defines a financially significant factor as any variable that, now or in the future, may affect a company's driving force, earnings potential, competitive position or long-term shareholder value. These factors are either social or environmental. Significant ESG issues are those that may have a broader impact directly or through an organization's business operations, cash flow, legal or regulatory obligations, access to capital or reputation, and relationships with key stakeholders, the environment or society at large, either directly or through its value chain.

Hundreds of sustainability criteria can be applied, but typically only a few important ESG factors affect the future success of a company's business model. There is no consensus or comprehensive list of ESG categories. As shown in the Table 1, ESG factors are often interrelated and it can be difficult to classify ESG issues into environmental, social or governance.

These ESG factors are often measurable (e.g., level of turnover of company employees), but assigning a monetary value to them can be difficult (e.g., Company employees, Cost of turnover).

Table 1. ESG Dimensions

Social Dimension Criteria Topics	Environmental Dimension Criteria Topics	Governance & Economic Criteria Topics
Addressing Cost Burden	Biodiversity	Anti-crime Policy & Measures
Asset Closure Management	Building Materials	Brand Management
Corporate Citizenship and Philatropy	Climate Strategy	Codes of Business Conduct
Financial Inclusion	Co-Processing	Compliance with Applicable Export Control Regimes
Health Outcome Contribution	Electricity Generation	Corporate Governance
Human Capital Development	Environmental Policy & Management Systems	Customer Relationship Management
Human Rights	Environmental Reporting	Efficiency
Labor Practice Indicators	Fuel Efficiency	Energy Mix
Local Impact of Business Operations	Genetically Modified Organisms	Financial Stability and Systemic Risk

Occupational Health and Safety	Low Carbon Strategy	Fleet Management
Partnerships Towards Sustainable Healthcare	Mineral Waste Management	Health & Nutrition
Passenger Safety	Operational Eco-Efficiency	Information Security/Cybersecurity & System Availability
Responsibility of Content	Packaging	Innovation Management
Social Impacts on Communities	Product Stewardship	Market Opportunities
Social Integration & Regeneration	Raw Material Sourcing	Market Practices
Social Reporting	Recycling Strategy	Materiality
Stakeholder Engagement	Resource Conservation and Resource Efficiency	Network Reliability
Strategy to Improve Access to Drugs or Products	Sustainable Forestry Practices	Policy Influence
Talent Attraction & Retention	Transmission & Distribution	Principles for Sustainable Insurance
	Water Operations	Privacy Protection
	Water Related Risks	Product Quality and Recall Management
		Reliability
		Risk & Crisis Management
		Strategy for Emerging Markets
		Supply Chain Management
		Sustainable Construction
		Sustainable Finance
		Water Related Risks

Source: S&P Global (2022)

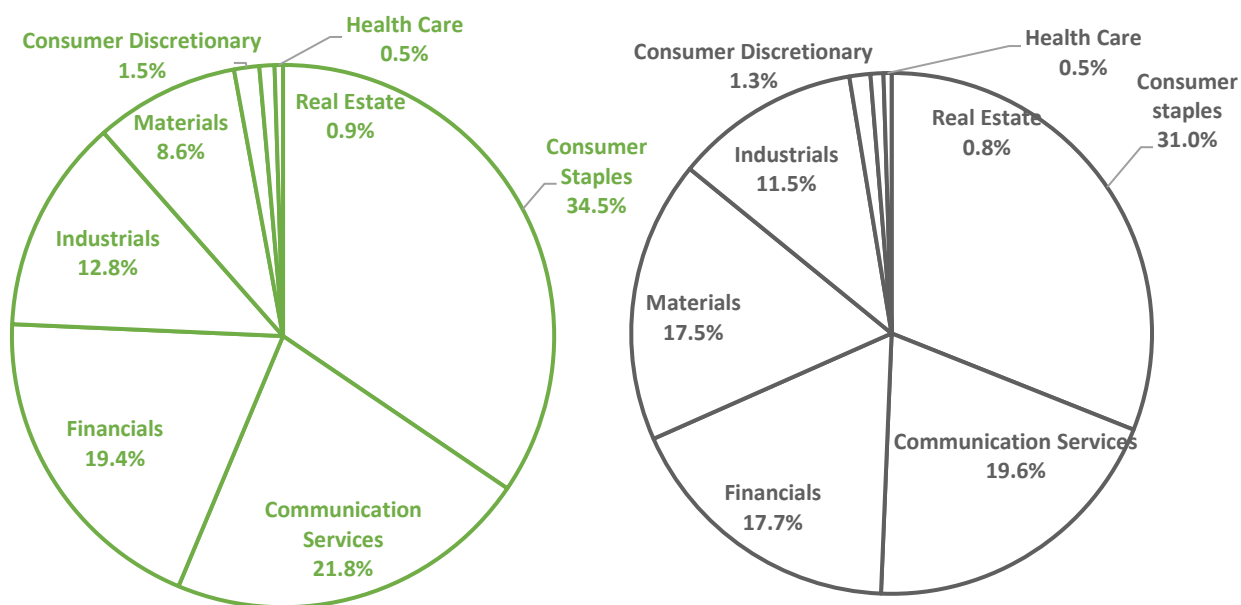
In this respect, as previously stated, to capture those multiple dimensions and factors influencing ESG investment decisions, we resort to measure sustainable asset performance, risk, and interaction with other regular assets, employing the ESG Index, vis a vis other conventional “dirty” index.

ESG Mexican Bourse Index

The S&P/BMV IPC ESG Tilted Index was developed to gauge the performance of S&P/BMV IPC constituents that meet sustainability criteria, while enhancing the global S&P DJI, ESG score compared to the S&P/BMV IPC upweights or downweights companies' capitalization, based on S&P DJI ESG ratings. It was listed by the first time on March 21, 2014.

IPC Overall Index

The S&P/BMV IPC measures the performance of the main liquid stocks listed on the Mexican Stock Exchange. The index is intended to offer a broad, representative but easily replicable index covering the Mexican stock market. The constituents are capitalization-weighted to consider diversification requirements.



ESG Index

Overall Mexican Stock Market Index

Figure 1. S&P/BMV IPC ESG and S&P/BMV IPC sector breakdown (May 31, 2022)

Source: S&P Global (2022b)

Figure 1 shows the sector breakdown of each index. Although there are differences in the weight of the sectors, the top three in common are: Consumer Goods, Communication Services, and Financials. The ESG index has a higher share in the industrial (12.8%), financial (19.4%), and communications services (21.8%) compared with Overall Stock Market Index: 11.5%, 17.7%, and 19.6%, respectively.

Series Graphical Analysis

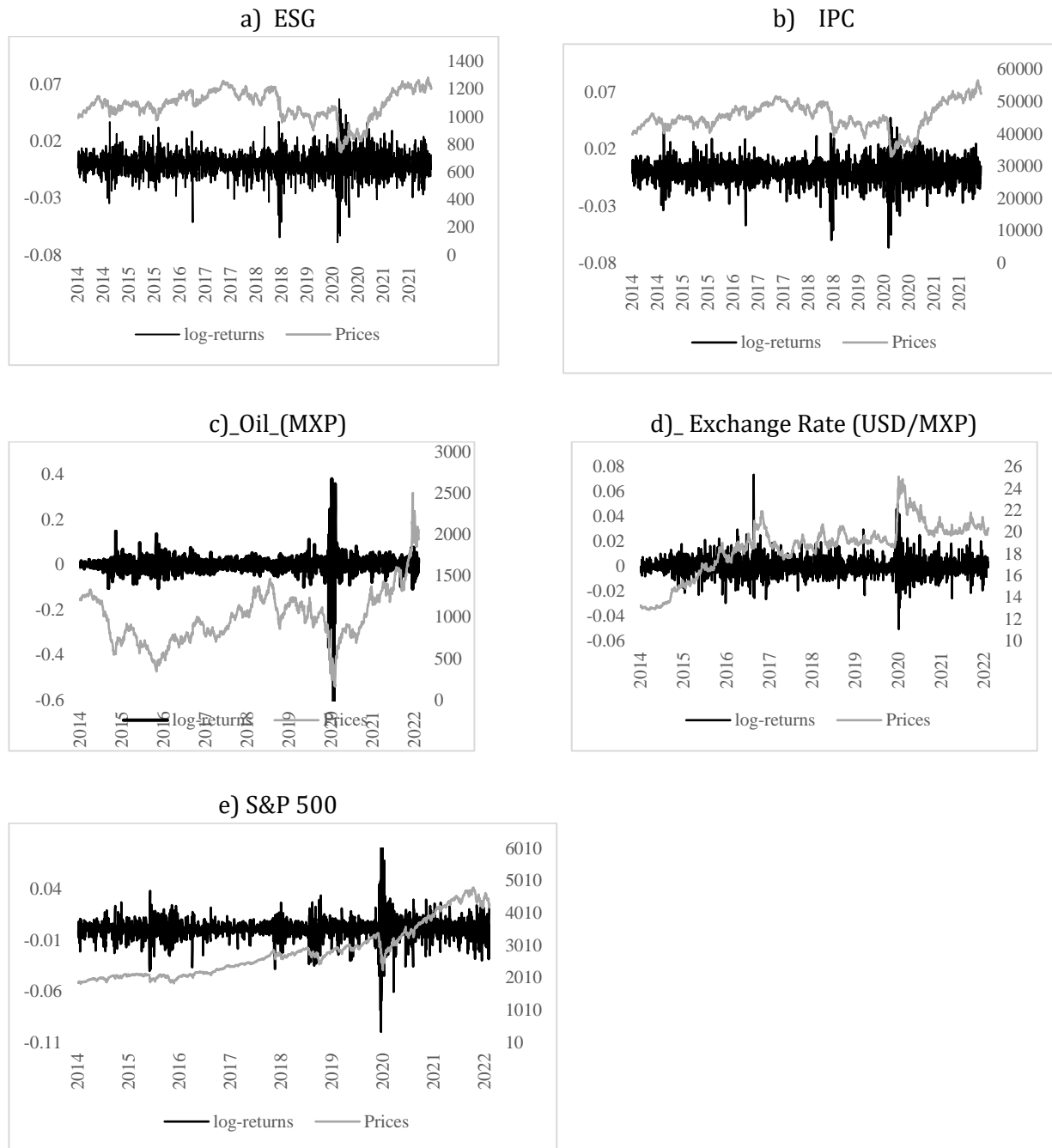


Figure 2. Sample Series in Returns and Prices

Source: Own elaboration

Figure 2 shows the prices and logarithmic returns of the series studied. As expected, the ESG and IPC indices evolve similarly. Although the ESG index shows greater variation and larger extreme values. Both series showed higher variations during periods related to BREXIT (2015), international benchmark interest rate cuts (2018) and the Covid-19 pandemic.

The graphical analysis of Mexican oil prices and returns shows that prices fall sharply when the pandemic was declared, at the end of January 2020, as all economic activities were paralyzed. In April 2022, when containment measures were relaxed, the oil price recovered and presented a positive trend. This slope was reinforced by the uncertainty created by the Russia-Ukraine conflict, especially from January to March 2022.

In terms of returns, the series experienced a period of high volatility from 2014 to 2016 due to oversupply and the slowdown in the Chinese economy, the world's largest oil consumer. From 2016 to 2019 oil returns experienced a period of relative calm. This state was interrupted with the Covid-19 lockdown, generating a period of extreme variation from December 2019 to April 2020.

In Figure 2 panel d), MXP/USD prices and returns are observed. From 2014 to 2017 Mexican Peso experienced a depreciation in terms of US dollar, due to the deterioration of the balance of trade, Brexit announcement and the triumph of Trump in the presidential elections and the uncertainty associated with NAFTA renegotiation. In 2017, Mexican peso was recovery due to the weakness of the dollar against euro. 2017-2020 seems to be a relative calm subperiod. In 2020 Mexican peso was sharply depreciated due to the Covid-19 crisis. At the end of 2020, Mexican currency recovered its price to September 2019 levels.

Panel e) presents the prices and returns of the S&P 500. Prices show a positive trend throughout the period. In 2020, the index fell sharply due to the Covid-19 pandemic and negative expectations about the international economy. In February 2022, there was a negative result derived of international imbalances related to the military conflict between Ukraine and Russia.

3.1 Methodology

As it was previously analyzed, financial series are characterized to present stylized facts: non-normality in the log-returns distribution, long memory in returns and volatility, volatility clusters, to mention some of them. In this regard, Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity (GARCH) model under t-Student distribution is proposed to capture the financial series performance. Once, conditional volatility is modeled for each series, a Markov Switching Vector Autoregressive (MSVAR) is developed to analyze whether the ESG and IPC volatility indices is influenced by the oil, exchange rate and foreign stock market (S&P500) volatility.

GARCH model

Autoregressive conditional heteroscedasticity (ARCH) and its generalization (GARCH) models represent the main approaches to model and forecast stock market volatility in quantitative finance. In this research, we utilize a Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity (GARCH) model under t-Student distribution to measure conditional volatility in two indexes of the Mexican stock market: ESG and IPC, Mexican Oil Prices, MXP/USD currency price and the S&P500 index.

In the GARCH model, the conditional variance is denoted as a linear function of a long term mean of the variance, its own lags, and the previous realized variance. The simplest model specification is the GARCH (1,1) model, presented in the following equation (Brooks, 2008):

$$\text{Mean equation } r_t = \mu + \varepsilon_t, \tag{1}$$

$$\text{Variance equation } \sigma_t^2 = \omega + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2 \tag{2}$$

Where $\omega > 0$, $\alpha \geq 0$ and $\beta_1 \geq 0$, and:

r_t = return of the asset at time t ,

μ = average return

ε_t = residual returns, defined as:

$$\varepsilon_t = \sigma_t z_t \tag{3}$$

Where z_t are standardized residual returns and σ_t^2 is the conditional variance. For GARCH (1,1), the constraints $\alpha_1 \geq 0$ and $\beta_1 \geq 0$ ensure that σ_t^2 is positive (Poon, 2005). The conditional variance equation models the time-varying nature of volatility of the residuals generated from the mean equation.

Markov Switching Vector Autoregressive

The MS-VAR is a multivariate extension of the univariate Markov switching autoregressive model (MS-AR) (Krolzig, 1997). The idea behind this approach is that the VAR parameters process are not static as linear models assume; it means, parameters are time-varying according to the regime (Pontines and Siregar, 2009).

The regime-generating process determining which regime s_t is assumed to follow an ergodic Markov chain with a permanent transition probability p_{ij} of the form

$$P_{ij} = P[S_t = j/S_{t-1} = i] \text{ with } \sum_{j=1}^2 P_{ij} = 1 \text{ for all } i, j \in \{1,2\} \tag{4}$$

The process was applied to examine whether key financial factors volatility was transmitted to sustainable and overall Mexican Bourse Indexes. The MS-VAR model can be expressed as follows:

$$ESG_t = \alpha_1 + \sum_{k=1}^l \alpha_{2j}(s_t) ESG_{t-k} + \sum_{k=1}^l \alpha_{3j}(s_t) f k f_{t-k} + v(s_t) u_{ch,t} \tag{5}$$

$$IPC_t = \beta_1 + \sum_{k=1}^l \beta_{2j}(s_t) IPC + \sum_{k=1}^l \beta_{3j}(s_t) f k f_{t-k} + v(s_t) u_{r,t} \tag{6}$$

Where ESG_t and IPC_t represent the stock market volatility of the Sustainable (ESG) and overall index (IPC), $f k f_t$ is the volatility of the financial key factors under study: oil price, exchange rates and S&P500; u_t is the innovation process with a $v(s_t)$ variance which depends on s_t regime, which follows an ergodic Markov process with two regimes, defined by probability transition p_{ij} between those regimes.

The use of MS-VAR avoids the haphazard selection of the crisis episodes to one that endogenizes the process separating crisis from calm periods. Therefore, the debate about the sample selection bias is eluded which other analyses of contagion are subjected to (Pontines & Siregar, 2009).

4. Results

To identify the distributional properties of financial series and verify basic characteristics, Table 1 shows the Descriptive Statistics and the Stability Tests. As it can be observed, the IPC Overall index shows higher mean return, i. e., it has higher profitability during the period of study. The series with higher variations corresponds to the Mexican Oil Price, followed by the S&P 500 index. The three-stock market index are negative skew, while the oil price (OILP) and exchange rate (XR) are positive skew.

In terms of the stability tests, Jarque Bera (JB) statistics confirm the non-normality of the returns distribution, Q and Q2(20) Ljung allows to reject the autocorrelation in residuals and squared residuals and, ARCH-LM results reveal the existence of ARCH effects in the residuals series of the mean equation and therefore the variance of the returns series are non-constant. Hence, GARCH model is suitable to capture the volatility of financial series under study.

Table 1. Descriptive Statistics and Stability Tests

	IPC35	ESG	OILP	S_P500	XR
Mean	0.00016	0.00012	0.00069	0.00047	0.00022
Maximum	0.04744	0.05714	0.38039	0.08968	0.07372
Minimum	-0.06638	-0.06871	-0.36671	-0.09995	-0.05056
Std. Dev.	0.01012	0.01083	0.03504	0.01112	0.00795
Skewness	-0.51326	-0.49020	0.74667	-0.43330	0.79486
Kurtosis	7.03833	7.69830	35.49508	15.81097	11.05424
JB	1362.9***	1808.3***	83065.6***	12942.4***	5290.7***
Q(20)	61.69***	56.05***	160.21***	122.65***	43.44***
Q ² (20) Ljung	61.53***	56.02***	167.64***	105.91***	41.44***
ARCH-LM (1)	9.636***	5.714**	45.028***	4.694**	11.995***

Source: Own elaboration with estimation results. ***, ** and * denote 1%, 5% and 10% of statistical significance

Table 2. Phillip-Perron Unit Root Test

	Intercept				Intercept and trend				None			
	Levels		FD		Levels		FD		Levels		FD	
	t-Stat		t-Stat		t-Stat		t-Stat		t-Stat		t-Stat	
IPC35	-40.352	***	-99.282	***	-40.353	***	-99.891	***	-40.347	***	-98.445	***
IPC_ESG	-40.903	***	-102.775	***	-40.918	***	-102.873	***	-40.910	***	-102.082	***
OILP	-37.219	***	-96.195	***	-37.219	***	-97.790	***	-37.154	***	-93.453	***
S_P500	-45.194	***	-103.987	***	-45.180	***	-103.963	***	-45.423	***	-104.026	***
XR	-40.088	***	-144.579	***	-40.074	***	-153.565	***	-40.041	***	-136.687	***

Source: Own elaboration with estimation results. *** denotes 1% of statistical significance

Table 3. GARCH t-Student (1,1) Results

OILP				
	Coef		St Error	t-value
α_0	0.176348	***	0.061798	2.854
α_1	0.122613	***	0.02008	6.106
β_1	0.864321	***	0.02069	41.77
$\alpha_1 + \beta_1$	0.986934			
DF	4.702878	**	0.56126	8.379
S_P500				
α_0	5.307568	**	2.3916	2.219
α_1	0.217208	***	0.054955	3.952
β_1	0.735507	***	0.060697	12.12
$\alpha_1 + \beta_1$	0.952715			
DF	10.576399	**	4.9498	2.137
XR				
α_0	1.396203	**	0.65415	2.134
α_1	0.125726	***	0.027362	4.595
β_1	0.859179	***	0.031468	27.3
$\alpha_1 + \beta_1$	0.984905			
DF	6.285339	***	0.87706	7.166

Source: Own Elaboration with estimation results. ***, ** and * denote 1%, 5% and 10% of statistical significance

Table 2 presents the Phillips-Perron unit root test. The results allow rejecting the null hypothesis of a unit root in levels and First Differences (FD). Therefore, we conclude that the returns series might be considered as stationary over the specified period.

Once, the stationarity condition, the ARCH-LM effect and non-normality in the returns distribution are confirmed, the univariate GARCH (1,1) t-Student model is applied, and the results are shown in Table 3.

All the coefficients are statistically significant, at least at 5%, the vast majority at 1%. In all the cases, $\alpha_1 \geq 0$ and $\beta_1 \geq 0$ ensuring that σ_t^2 is positive. In addition, $\alpha + \beta < 1$ condition is satisfied. This condition allows us to ensure that the ARCH process is stationary, i. e., variance does not increase indefinitely. On the other hand, the condition $\beta > \alpha$ indicates long memory in the series, it means shocks effects has persistence, the volatility increases after disequilibria and tends to decrease slowly.

Finally, to test the goodness of fit and the robustness of the univariate GARCH results, the ARCH-LM and the Ljung-box Q-statistic (Q^2) tests are run to verify there is no ARCH effect in series and there is absence of autocorrelation in the GARCH residuals.

Table 4 and 5 show the MS-VAR models results. Table 4 presents the parameters which indicates if there is or not influence of oil price, exchange rate and foreign stock market (S&P 500) on the ESG index. Findings suggest the standard deviation of the financial variables are higher in regime one (high volatility regime) than in regime two (low volatility regime). It indicates the presence of two different volatility regimes.

The estimated coefficients capturing the impact of financial variables volatility on the ESG volatility (α_{31} and α_{32}) are not significant, except for the coefficient α_{31} for the variables exchange rate and the S&P 500. These findings suggest there is a statistically significant effect of the volatility of exchange rate and S&P 500 on ESG index volatility during high volatility periods. Oil price volatility seems not to have a statistically significant influence on the ESG volatility, non during high volatility periods neither in the calm episodes.

In terms of the average duration of each regime, as it was expected, the high volatility regime has a lower duration, than the low volatility regime, around 2 and 5 days, respectively. The probability that a day of high volatility will be followed by a day of high volatility (transition probability P_{11}) is around 37% for all the models. In contrast, the probability that a day of low volatility will be followed by a day of low volatility (transition probability P_{22}) is around 80%.

Table 4. MS-VAR Models ESG as a dependent variable

	Oil		MXP/USD		S&P 500	
α_1	1.80E-05	***	1.77E-05	***	2.07E-05	***
α_{21}	1.0181	***	0.997266	***	0.962927	***
α_{22}	0.877706	***	0.87747	***	0.877087	***
α_{31}	0.000398		0.057902	*	0.024723	***
α_{32}	-8.22E-08		0.000406		0.000416	
P_{11}	0.373247		0.374128		0.378517	
P_{22}	0.808219		0.810596		0.804733	
Average Duration						
Regime 1	1.595526		1.597771		1.609055	
Regime 2	5.214284		5.279709		5.121187	
Standard Deviation						
Regime 1	-10.03147		-10.03129		-10.06222	
Regime 2	-12.62698		-12.6198		-12.64382	

Source: Own elaboration with estimation results. Reported values are statistic significance levels of *1%,** 5% and 10% ***.

In Table 5 the MS-VAR model results are presented for the overall index: IPC. Empirical evidence indicates the presence of two different volatility regimes.

The estimated coefficients capturing the impact of financial variables volatility on the IPC volatility (β_{31} and β_{32}) are not significant for the oil volatility and exchange rate, i.e., there is not a significant influence of oil price and exchange rate volatility on IPC index. Nevertheless, those parameters are statistically significant in the case of S&P 500 volatility, for both regimes. It means, the foreign stock market has a significant effect on IPC index during both regimes: high and low volatility.

Regarding to the average duration of each regime, as it was expected, the high volatility regime has a lower duration, than the low volatility regime, around 2 and 5 days, respectively. The probability that a day of high volatility will be followed by a day of high volatility (transition

probability P11) is between 35% and 37% for all the models. In contrast, the probability that a day of low volatility will be followed by a day of low volatility (transition probability P22) is between 78% and 80%.

Discussion

Due to its recent inception, research on ESG assets is still ongoing and the empirical evidence found is diverse. The results vary according to the countries, periods and variables analyzed. Regarding the impact of exchange rate volatility on stock market volatility, the data are mixed. Andersson et al. (2020) found a statistically significant relationship between ESG international portfolio returns and currency market. This relationship is stronger in the short term and decreases over time. Singh, Makhija, and Chacko (2021) evidenced no effect of pandemic on the return and volatility of the S&P ESG 100 index, in contrast to the positive effect of pandemic on currency and FX volatility.

In terms of the differential performance of ESG and conventional indices, Jain, Sharma and Srisvastava (2019) found an informative flow between the two types of assets. However, they did not find a significant difference in terms of performance, i.e., both are good substitutes in investment strategies. The influence of the U.S. stock market on the Mexican market has been widely analyzed due to the economic, commercial, and financial proximity, especially since the signing of the North American Trade Agreement (NAFTA) (Chukwuogor & Kasibhatla, 2007; Álvarez-Ramírez, et al. 2008; López Herrera, Ortiz and Cabello, 2009; Cermeño Bazán & Solís Montes, 2012; Moreno, et al.).

Studies on the volatility relationship between Mexican and U.S. stock markets have evidenced that there is a time-varying interdependence and asymmetric volatility. Another important finding is that volatility increased during subperiods of turbulence such as the Global Financial Crisis (Sosa & Ortiz, 2017, and Nava, Di Matteo & Aste, 2018; Rodríguez Benavides, Martínez García & Hoyos Reyes, 2019). Our empirical findings are complementary and allow us to reinforce the statistically significant influence of the S&P 500 on the CPI, but not on the ESG index.

The higher sensitivity of IPC index foreign stock market could be explained due to the different composition of each index. In the conventional index, materials and industrial sectors have higher share. These sectors are recognized in the financial literature as highly sensitive to financial contagion with the U. S. stock markets (Lim, 2011; Lin, 2012; Jiranyakul, 2016). In this regard, Vasquez and Pacheco (2021) found the Mexican material sector has shown higher correlation with the S&P500. Brito (2020) also confirmed that during the subprime crisis the Mexican sectorial indexes with higher contagion effect from American sectorial index were industrial and materials.

The empirical evidence on the lack of impact of oil price volatility incidence on IPC and ESG stock indexes volatility differ from other studies, a result somewhat disconcerting. Jabeur, Khalfaoui & Arfi (2021) reported that higher values of ESG assets lead to lower crude oil prices. Maraka and Bein (2020) results show a significant spillover between sustainability stock returns and international oil prices. Büyükkara, Enginar & Temiz (2020) findings reveal bilateral volatility spillover between oil price and G7 stock markets returns, since the beginning of the 2014 oversupply period.

As mentioned, the difference in the results could be explained by the fact that different periods and economies are analyzed. Another important difference is that we analyze an emerging, oil-producing economy, which has been implementing an oil hedging program. This program could

mitigate the impact of oil price volatility on stock market indices in comparison with other economies.

5. Conclusion

The global economy is undergoing an important transition to attain sustainable development. Given the evidence of the considerable growth of ESG financing worldwide, researchers tend to analyze whether ESG assets behave and react differently/similarly compared to conventional ones. Despite having an essential implication for portfolio management, the impact of key financial variables on the volatility of conventional and ESG Mexican indices has not been explored.

The main contribution of this research is to provide evidence of the differential risk exposure of the ESG and conventional indexes. Empirical findings suggest that the ESG Mexican index has a statistically significant influence of the FX market and the foreign stock market (S&P 500), during the high volatility subperiods, but not during the calm episodes. In terms of conventional index volatility, results suggest a strong relationship with the American stock market volatility, during distress and stability moments.

Our findings have important implications for investors in terms of investment decisions, hedging strategies, asset allocation, diversification strategies and sustainability. Considering the small size of the Mexican stock Market, and Mexican still embryonic institutions to promote corporate ESG, as well as investors' activism in green financing and green investments, increased participation of public authorities must be considered to deepen the importance of the stock exchange, increase financial inclusion, and strengthen institutions and regulations devoted to sustainable development.

The agenda or further studies must include other green or sustainable indexes, other economic or financial variables (disclosure, interest rate and inflation), financial ratios related to ESG concepts, comparison among different economies and markets. Additionally, the role of the Mexican banking system promoting (local) green finance and ESG must be carefully assessed.

References

- [1] Alvarez-Ramirez, J., Álvarez, J., Rodríguez, E., y Fernandez-Anaya, G. (2008). Time-varying Hurst exponent for US stock markets. *Physica A: statistical mechanics and its applications*, 387(24), 6159-6169. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2008.06.056>
- [2] Amosh, H., y Khatib, S.F.A. (2021). Corporate governance and voluntary disclosure of sustainability performance: the case of Jordan. *SN Business & Economics*, 1(65) <https://doi.org/10.1007/s43546-021-00167-1>
- [3] Andersson, E., Hoque, M., Rahman, M. L., Uddin, G. S., y Jayasekera, R. (2020). ESG investment: What do we learn from its interaction with stock, currency and commodity markets?. *International Journal of Finance & Economics*. <https://doi.org/10.1002/ijfe.2341>
- [4] Brito R. A. (2020). Crisis financiera global; contagio financiero por la vía bursátil a nivel sectorial entre México y Estados Unidos. [Thesis to obtain Masters Degree in Economics. Universidad Nacional Autónoma de México]. `javascript:open_window(")`

- https://tesiunam.dgb.unam.mx:443/F/4Q17M4C3LT3BA1BXPXV6R9F5CETBXV741PD7UE9VP2MU3ULTBV-19710?func=service&doc_library=TES01&doc_number=000805433&line_number=0001&func_code=WEB-FULL&service_type=MEDIA%22)
- [5] Brooks, C., (2008). *Introductory Econometrics for Finance*, United Kingdom, University Press, Cambridge
- [6] Büyükkara, G., Enginar, O., y Temiz, H. (2020). Volatility Spillovers Between Oil and Stock Market Returns in G7 Countries: A VAR-DCC-GARCH Model. In *Regulations in the Energy Industry* (pp. 169-186). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-32296-0_10
- [7] Cermeño Bazán, R., y Solís Montes, M. P. (2012). Impacto de sorpresas macroeconómicas de México y Estados Unidos sobre el mercado accionario mexicano. *Economía mexicana. Nueva época*, 21(1), 35-67. <https://www.scielo.org.mx/pdf/emne/v21n1/v21n1a2.pdf>
- [8] Chen, C. S. (2022). What is the Impact of Green Strategy on Enterprises? Exploring the Mediating Effect of Green Assets and Green Technology. *International Journal of Business*, 27(1), 1-17. <https://link.gale.com/apps/doc/A691103648/AONE?u=anon~ffc7eb37&sid=googleScholar&xid=9a5842e5>
- [9] Chouabi, S., y Affes, H. (2021). The effect of social and ethical practices on environmental disclosure: evidence from an international ESG data. *Corporate Governance*, 21(7), 1293-1317. <https://doi.org/10.1108/CG-03-2020-0087>
- [10] Chukwuogor, C. N., y Kasibhatla, K. M. (2007). Post NAFTA Integration of North American Stock Markets: Implications for Financial Decision Making. *North American Journal of Finance and Banking Research*, 1(1). <https://ssrn.com/abstract=1536673>
- [11] Drei, Angelo, Le Guenedal, T., Lepetit, F., Mortier, V., Roncalli, T., y Sekine, T. (2019). ESG Investing in Recent Years: New Insights from Old Challenges. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3683469> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3683469>
- [12] Duque-Grisales, E., y Aguilera-Caracuel, J. (2021). Environmental, Social and Governance (ESG) Scores and Financial Performance of Multilatinas: Moderating Effects of Geographic International Diversification and Financial Slack. *Journal of Business Ethics*, 168, 315-334. <https://doi.org/10.1007/s10551-019-04177-w>
- [13] Gavira-Duron, N., Martínez Peña, D.G., y Espitia Moreno I.C. (2020). Financial Determinants of the Corporate Sustainability of Companies listed in the Sustainable IPC of the BMV. *Revista Mexicana de Economía y Finanzas*, 15(2), 277-293. <https://doi.org/10.21919/remef.v15i2.485>
- [14] Husted, B., y de Sousa-Fillo, J.M. (2019), Board structure and environmental, social, and governance disclosure in Latin America. *Journal of Business Research*, vol. 102, 220-227. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2018.01.017>
- [15] Jabeur, S. B., Khalfaoui, R., y Arfi, W. B. (2021). The effect of green energy, global environmental indexes, and stock markets in predicting oil price crashes: Evidence from explainable machine learning. *Journal of Environmental Management*, 298, 113511. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113511>
- [16] Jain, M., Sharma, G. D., y Srivastava, M. (2019). Can sustainable investment yield better financial returns: A comparative study of ESG indices and MSCI indices. *Risks*, 7(1), 15. <https://doi.org/10.3390/risks7010015>
- [17] Janah, O., y Sassi, H. (2021). The ESG impact on corporate financial performance in developing countries: A systematic literature review. *International Journal of Accounting, Finance, Auditing, Management & Economics*, 2(6), 391-410. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5706449>
- [18] Jiranyakul, K. (2016). Are Thai Equity Index Returns Sensitive to Interest and Exchange Rate Risks?. <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/72175/>
- [19] Krolzig, H. M. (1997). The markov-switching vector autoregressive model. In *Markov-Switching Vector Autoregressions* (pp. 6-28). Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-51684-9_2

- [20] Lim, L. K. (2011). Asymmetric foreign exchange exposure: a sector analysis. Paper presented at the 19th International Congress on Modelling and Simulation, Perth, Western Australia. Available in <https://www.mssanz.org.au/modsim2011/D8/lim.pdf>
- [21] Lin, C. H. (2012). The comovement between exchange rates and stock prices in the Asian emerging markets. *International Review of Economics & Finance*, 22(1), 161-172. <https://doi.org/10.1016/j.iref.2011.09.006>
- [22] Linnenluecke, M.K. (2022). Environmental, social and governance (ESG) performance in the context of multinational business research. *Multinational Business Review*, 30(1), 1-16. <https://doi.org/10.1108/MBR-11-2021-0148>
- [23] López Herrera, F., Ortiz, E., y Cabello, A. (2009). Las interrelaciones de volatilidad y rendimientos entre los mercados de valores del TLCAN. *Investigación económica*, 68(267), 83-114. <http://dx.doi.org/10.22201/fe.01851667p.2009.267.37389>
- [24] Maraqa, B., y Bein, M. (2020). Dynamic interrelationship and volatility spillover among sustainability stock markets, major European conventional indices, and international crude oil. *Sustainability*, 12(9), 3908. <https://doi.org/10.3390/su12093908>
- [25] Martínez-Ferrero, J., y Lozano, M-B. (2021). The Nonlinear Relation between Institutional Ownership and Environmental, Social and Governance Performance in Emerging Countries. *Sustainability*, 13(3), 586; <https://doi.org/10.3390/su13031586>
- [26] Martínez-Oviedo, R., y Medda, F. (2019). Real Natural Assets: The Real Green Investment Alternative. *The Journal of Alternative Investments*, 21(3), 53-69; DOI: <https://doi.org/10.3905/jai.2018.21.3.053>
- [27] Masliza, W., y Wasiuzzaman, S. (2021). Environmental, Social and Governance (ESG) disclosure, competitive advantage and performance of firms in Malaysia. *Cleaner Environmental Systems*, 2, 100015. <https://doi.org/10.1016/j.cesys.2021.100015>
- [28] Moreno García, E., Vázquez Coterá, D., Hernández Mejía, S., y Larios Ojeda, L. A. (2015). Interdependencia de los mercados de valores en el mundo. *Economía: teoría y práctica*, (43), 155-181. <https://doi.org/10.24275/ETYP/AM/NE/432015/Moreno>
- [29] Murata, R., y Hamori, S. (2021)). ESG Disclosures and Stock Price Crash Risk. *Journal of Risk Financial Management*, 14(2), 70. <https://doi.org/10.3390/jrfm14020070>
- [30] Nava, N., Di Matteo, T., y Aste, T. (2018). Dynamic correlations at different time-scales with empirical mode decomposition. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 502, 534-544. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2018.02.108>
- [31] Pontines, V., y Siregar, R. Y. (2009). Tranquil and crisis windows, heteroscedasticity, and contagion measurement: MS-VAR application of the DCC procedure. *Applied Financial Economics*, 19(9), 745-752. <https://doi.org/10.1080/09603100802167239>
- [32] Poon, S. H. (2005). A Practical Guide to Forecasting Financial Market Volatility. Wiley Finance, England.
- [33] Prima, N., y Ikbal, A. (2021). Beyond sustainability: Empirical evidence from OECD countries on the connection among natural resources, ESG performances, and economic development. *Economics and Sociology*, 14(4), 89-106. <https://doi.org/10.14254/2071-789X.2021/14-4/5>
- [34] Rodríguez Benavides, D., Martínez García, M. Á., y Hoyos Reyes, L. F. (2019). Incertidumbre del precio internacional del petróleo y rendimientos accionarios en México a través de un SVAR-MGARCH. *Contaduría y administración*, 64(3), 1-19. <http://dx.doi.org/10.22201/fca.24488410e.2019.2340>
- [35] Rojas Covarruvias, S. (2021). ¿Es rentable para las empresas ser sustentables? Un análisis cuantitativo del rendimiento financiero y de sustentabilidad en empresas de Latinoamérica. In *Responsabilidad Social y Sostenibilidad: Disrupción e Innovación ante el Cambio de Epoca*. Miranda Navarro, L. and Santinelli Ramos, M.A. (Coords.), Universidad Anahuac, Mexico, pp. 8326-852.
- [36] Ruan, L., y Liu, H., Environmental, Social, Governance Activities and Firm Performance: Evidence from China. *Sustainability*, 13(2), 767. <https://doi.org/10.3390/su13020767>

- [37] Saeed, T., Boouri, E., y Traan, D.K. (2020). Hedging Strategies of Green Assets against Dirty Energy Assets. *Energies*, 13(12). 3141; <https://doi.org/10.3390/en13123141>
- [38] Singh, N. P., Makhija, P., y Chacko, E. (2021). Sustainable investment and the COVID-19 effect-volatility analysis of ESG index. *International Journal of Sustainable Economy*, 13(4), 357-368. <https://doi.org/10.1504/IJSE.2021.118620>
- [39] Singhani, M., and Saini, N. (2021). Institutional framework of ESG disclosures: comparative analysis of developed and developing countries. *Journal of Sustainable Finance & Investment*, 1-44. DOI: 10.1080/20430795.2021.1964810
- [40] Sosa, M., y Ortiz, E. (2017). Global financial crisis volatility impact and contagion effect on NAFTA equity markets. *Estocástica: finanzas y riesgo*, 7(1), 67-88. <http://hdl.handle.net/11191/4946>
- [41] Vásquez, D. M., y Pacheco, C. B. (2021). Impacto del COVID-19, del mercado accionario de USA hacia el mercado accionario de México y sus efectos sectoriales. Un análisis vía cópulas elípticas. *Contaduría y administración*, 66(5), 9. <http://dx.doi.org/10.22201/fca.24488410e.2021.3514>
- [42] Web sites
- [43] CNBV (Comisión Nacional Bancaria y de Valores)(2022). Encuesta Nacional de Inclusión Financiera 2021. <https://www.cnbv.gob.mx/Inclusi%C3%B3n/Anexos%20Inclusin%20Financiera>.
- [44] GRICCE (Grantham Research Intitute on Climate Change and the Environment)(2022). Climate Change Laws of the World. Mexico. <https://www.climate-laws.org/geographies/Mexico>
- [45] ILG.com (2022). Environmntal, Social & Governnace Law in Mexico 2022. <https://iclg.com/practice-areas/environmental-social-and-governance-law/mexico>
- [46] S&P Global (2022a). ESG Evaluation. Consult May 25th, 2022. Available at: <https://www.spglobal.com/ratings/en/products-benefits/products/esg-evaluation#:~:text=S%26P%20Global%20Ratings%20has%20created,different%20sectors%20and%20geographies%20face>.
- [47] S&P Global (2022b). S&P/BMV IPC ESG Tilted (Light) Index. Consulted 15th May, 2022. Available at: <https://www.spglobal.com/spdji/en/indices/esg/sp-bmv-ipc-esg-tilted-light-index/>

Climate Change in North America: Risks, Impacts, and Adaptation. A Reflection Based on the IPCC Report AR6 – 2022

Simone Lucatello¹ - Instituto Mora, México

Roberto Sánchez² - El Colegio de la Frontera Norte, México

Abstract

The impacts of climate change are global in scope and unprecedented in scale, and the increasing frequency and severity of extreme events, from rising temperatures, droughts, extreme rainfall, and rising sea levels, have increased throughout North America. Without immediate action, adaptation to climate change will be more difficult and costly, particularly for the most vulnerable social groups and economic activities and ecosystems in the area. In this article we reflect on the evidence recently produced by the Working Group 2 of the IPCC - the UN Intergovernmental Panel on Climate Change - in relation to the North American region (Canada, USA, Mexico). The evaluation methods of the information used for the report on "Impacts, adaptation and Vulnerability" are based on impacts and adaptation assessments revised in the available literature on the topic. We also seek to highlight their economic and financial dimension for the North American region. In the future, it is necessary to delve into the impacts of climate change at the subnational level in the North American region and in Mexico.

JEL Classification: Q51, Q54, Q56.

Keywords: Climate Change, Global development, Adaptation, Risks, North America.

Cambio climático en América del Norte: riesgos, impactos y adaptación. Una reflexión basada en el Informe AR6 del IPCC – 2022

Resumen

Los efectos e impactos del cambio climático tienen un alcance mundial y una escala sin precedentes y la creciente frecuencia y severidad de los eventos extremos, desde el aumento de las temperaturas, las sequías, las precipitaciones extremas y el aumento del nivel del mar, han aumentado en toda América del Norte. Sin una acción inmediata, la adaptación al cambio climático será más difícil y costosa, particularmente para los grupos sociales y las actividades económicas y los ecosistemas más vulnerables de la zona. En este artículo reflexionamos sobre la evidencia recientemente producida por el Grupo de trabajo 2 del IPCC - el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático de la ONU - en relación con la región de América del Norte (Canadá, EE. UU., México). Se emplean para el estudio, los métodos de evaluación de la información utilizada para el reporte sobre Impactos, adaptación y Vulnerabilidad y se analizan riesgos, impactos y medidas de adaptación, buscando resaltar su dimensión económica y financiera para la región de América del Norte. Es necesario en futuro, profundizar sobre los impactos del cambio climático a nivel subnacional en la región de América del Norte y en particular en México.

Clasificación JEL: Q51, Q54, Q56.

Palabras clave: Cambio climático, Desarrollo global, Adaptación, Riesgos, América del Norte.

¹ Corresponding author. Autor-líder Vito Informe Evaluativo IPCC. Email: slucatello@mora.edu.mx

² Vice- presidente Grupo de Trabajo II del IPCC.

* No source of funding for research development



1. Introduction

United Nations considers climate change one of the biggest challenges to humankind in the 21st century (IPCC, 2022). The slow pace limiting greenhouse gases emissions (GHG) to maintain warming between 1.5oC or 2oC considered by the United Nations Framework Convention for Climate Change (UNFCCC) as essential to reduce the risk of extreme climatic impacts is a relevant indicator. There is also growing evidence of observed climate change impacts that stresses the urgent need to create ambitious mitigation and adaptation responses to climate change at the national and subnational level throughout the world. The repeated call for action from United Nations is now strongly supported by the recent publication of the International Panel on Climate Change (IPCC).

This article addresses some of the implications of climate change in North America and its economic dimension. The first part of the paper summarizes key messages of IPCC Sixth Assessment Reports. The second part presents selected data and information of North America as a context for the paper. The third part addresses scientific background of climate change in this region. The fourth one considers the challenge of climate change for economic growth in North America, and the last part. The fifth part briefly discusses financial options for mitigation and adaptation. The last part of the paper presents our conclusions. We use one of IPCC's key messages, there is a small window of opportunity (10 years) to strengthen and enhance adaptation responses to climate change to guide the discussion in the paper.

2. IPCC Contribution

We begin this article with key messages of IPCC Sixth Assessment report of its three working groups that help set the context for the messages we want to communicate about the implications of climate change in North America³. The reports of IPCC working groups I, II, and III represent the most comprehensive scientific assessment of the state of climate change undertaken by hundreds of scientists from all regions working on voluntary basis during almost four years. Working Group I focused on the physical basis of climate change, Working Group II on impacts, vulnerability and adaptation, and Working Group III on mitigation.

The following key messages emerging from the IPCC Sixth Assessment Reports are essential to be included in the way societies manage growth in coming decades. Working Group I (WGI) stresses the following messages: global warming is occurring faster than anticipated in recent years and it is a phenomenon without precedents in the last 2000 years; every increase in global warming will cause more changes in the mean temperature, precipitation, and soil humidity in regions of the world and every ton of CO₂ emissions increases global warming; extreme events (heat waves, drought, extreme precipitation, hurricanes, etc.) have increased since the 1950s and they are projected to continue to increase according to the level of future warming; compound extreme events (i.e. drought and heatwaves) have also increased in recent decades. IPCC WGI final message is that unless there

³ Working Group I report was published in August 2021, Working Group II in February 2022, and Working Group III in April 2022.

are rapid and extended reduction of GHG emissions, it will not be possible to keep global warming under the threshold established by the UN (1.5oC to 2.oC by the end of the century).

IPCC Working Group III (WGIII) provides detailed information how far the reduction of GHG emissions should be. To limit global warming at 1.5oC in 2100, carbon use should be cut 90 %, oil 60% and natural gas 45% by 2050. To achieve a warming level of 2oC by the same date will require cutting carbon use 80%, oil 30% and natural gas 20% also by 2050. IPCC emphasizes the technology to achieve these changes is available for key sectors (energy and its demand, transport, cities and other human settlements, industry, trade and services, land use, etc.), together with the technology needed to remove carbon from the atmosphere to reduce GHG emissions (reforestation, carbon sinks, etc.). The report highlights a significant decline in the cost and a important increase in the use of renewal energy during the last decade. However, one the key messages in WG III report is that GHG emissions should begin to decline in 2025 to limit global warming between 1.5oC and 2oC. Unfortunately, IPCC also reports that GHG emissions have continued to grow, and they achieved an historical level between 2010 a 2019. (IPCC, 2022a) Changes needed to reduce the use of fossil fuels are needed in every sector of human activity (production and consumption patterns, lifestyles, land use, urban function, and form, etc.). These changes need to be deep and immediate but given the challenge to implement them it is essential to consider climate change impacts on ecosystems, biodiversity, and societies. (Sánchez – Lucatello, 2022)

IPCC Working Group II (WGII) report assesses these impacts, societies and ecosystems vulnerability to them, and action taken so far to adapt. One of the key messages in this report is that scientific evidence is inequivalve, climate change is a threat to human wellbeing and planetary health. Global warming has already caused extensive and dangerous alteration to nature and affected the life of millions of people in all regions of the planet. Observed impacts and projected risks on ecosystems and biodiversity indicate the support they provide to main human life and the economy in the planet is at risk. The growing number of climate related disasters in all regions are also an indicator of the threat to human life, the economy, and our lifestyles. (IPCC, 2022) IPCC estimates that between 3.3 and 3.6 billion people live currently in regions and places with high vulnerability to climate change. IPCC reports advances in adaptation actions to climate change. The report includes a comprehensive data base of adaptation up to 2021. Despite progress made so far in adaptation efforts, IPCC clearly highlights actions are not as comprehensive as needed, particularly in the most vulnerable regions where most developing countries are located. Additional problems with observed adaptation are actions that are short-term oriented in specific sectors and without considering middle-term and long-tern needs; there is a growing gap between adaptation planned and adaptation implemented; there is little monitoring and evaluation of adaptation actions implemented. An additional problem with adaptation is that further delays implementing adaptation will reduce options available and it will increment their cost, particularly at higher global warming levels observed up to now. IPCC considers there is a small window of opportunity (approximately 10 years) to strengthen and enhance responses to climate change both mitigation and adaptation.

WGII highlights Climate Resilience Development (CRD) as an operational concept that combines adaptation and mitigation actions to enhance opportunities for sustainable development in the short-term and long-term. Combining adaptation and mitigation simultaneously reduces conflicts and enhances synergies among them. IPCC recognize there are multiple trajectories for CRD according to national and local context. A further contribution of IPCC WGII report is stressing the

role of inclusive governance, strengthening institutions, access to funding, and climate justice as essential elements in CRD.

3. North America: impacts, risks, and vulnerability

North America is a geographical region that stretches from the extreme areas of the Arctic in northern Canada and Alaska all the way down to Mexico and the nations of Central America and the Caribbean Islands (Nat-Geo, 2022). Geographers, policy makers, economists, and a wide array of academic disciplines and scholars have been discussing the historical making of the region by using cultural, natural, physical, political - among others - boundaries to define North America as such. Typically, is divided into two distinct worlds based on variations in physical and cultural geography: both the United States and Canada have a common physical topography and a shared development history that is either influenced by British or French colonial history. More tropical climates predominate in Mexico and Central America, which were primarily colonized by the Spanish. The Caribbean is usually considered a world apart though its connections and relations with the US, Canada and Mexico are deeply rooted. More than 18% of the world's landmass is made up of the United States, Canada and Mexico. Their eastern border is formed by the Atlantic Ocean, while their western border is made by the Pacific Ocean. The Arctic Ocean is to the north. About 80% of people reside in cities in the North American region, but other large areas, particularly in Canada, remain sparsely populated. The majority of North America's diversified population is made up of immigrants or the offspring of immigrants from other world regions, however some natives are still there. The region is home to almost 515 million people, and it contributes to one third of the global GHG emissions. (WB, 2022).

In climate terms, the region encompasses diverse climate zones and weather. Cold in the winter and warm in the summer, with moderate to severe precipitations, North America embraces every climatic zone, from tropical rain forest and savanna on the lowlands of Central America to areas of permanent ice cap in central Greenland. Subarctic and tundra climates prevail in Canada and Alaska while desert and semiarid conditions are found in interior regions. (Rumney, 2006)

Over the past decades, the region has been suffering, likewise many other world regions, the impacts of climate change. The region will not only receive impacts from climate change but is having a large impact on climate change too. The region has produced a greater share of greenhouse gas emissions over time than any other continent and this is due mostly to the contribution of the US, historically the world's largest single emitter of human-released greenhouse gases and now the second-largest emitter after China. Climate change is already being observed in North America, including shifted rainfall patterns and dramatic warming in the Arctic. (IPCC, 2022, Ch. 14).

4. Scientific Background on climate change in North America

In North America, numerous impacts of climate change have already been seen. From 1955 through at least 2005, the average air temperature rose, with Alaska, northwest Canada, and the interior of the continent seeing the highest warming. Since 1950, the growing season has gotten longer in Canada and the US by around two days every decade, largely because of earlier springs. Mexico has warmed up since the 1960s and researchers anticipate further temperature increases. Northern Mexico could experience an increase in average annual temperatures of 3 to 4 degrees Celsius (about 5.4 to 7.2 Fahrenheit) by the end of this century. Average temperatures in the country could rise by 1.5 to 2.5 degrees Celsius (INECC, 2018). The effects of climate change in North America are evident: sea level rise, longer and more intense wildfire seasons, and disastrous droughts are among effects that climate scientists have noticed. Both natural and human-related factors, including the release of gases and fine particles (aerosols), have contributed to this warming. However, it is important to mention that there are uncertainties in determining “exactly how climate change will affect North America and different world regions. Although scientists are starting to project regional climate impacts, their level of confidence is less than for global climate projections. In general, temperature is easier to predict than changes such as rainfall, storm patterns, and ecosystem impacts. It is very likely that increasing global temperatures will lead to higher maximum temperatures and fewer cold days over most land areas. (IPCC, 2021). In general terms and according to the recent IPCC report (AR6), the region has been experiencing increased frequency and intensity of climate change, affecting millions of people from every area and industry. Climate change risks are becoming more serious and dangers to the health of populations in are dependent of human interferences. Addressing these issues has become more important as delays brought on by inaccurate knowledge regarding climate science and political impasse has led to confusion and made it difficult to recognize the compounding risks associated to the region. Key hazards to North America without limiting warming to 1.5°C towards the middle of the century are anticipated to accelerate. These hazards will cause permanent modifications to ecosystems, increasing housing and infrastructure damage, stress on economic sectors, disturbance of livelihoods, and issues regarding pleasure, safety, and physical and mental health. The report noted that North America has seen severe damage to local economies, ecosystems, and social systems from recent extreme weather, including floods, storms, droughts, heat waves, and wildfires. Extreme weather events are happening with major frequency. Indigenous people, urban areas will remain more vulnerable than others to climate-change impacts. At the same time coastal development and precipitations due to increase storms and hurricanes will interact with climate change impacts to stress coastal communities and habitats. Storm impacts are likely to be more severe, thanks to rising sea levels, along the Atlantic and Gulf coasts. Settlement continues to accelerate along coasts, increasing the monetary value of the property at risk. Major changes are also occurring in the ecosystems and vegetations of the region and strong impacts are expected to occur in Western US, North and Southeast of Mexico, and the Artic Canada. (IPCC, 2022)

Concerning Mexico, the country is deeply affected by the impacts of climate change. Not only because of its geographical position located in the tropical strip of the planet where the most extreme events are recorded, but also because it suffers from socioeconomic conditions such as poverty and inequalities that make the country extremely vulnerable to the effects of climate. The scientific evidence produced by different national studies in recent years, indicates that in the last half century,

the average temperatures in Mexico have increased approximately 0.85°C above the registered climatological normal. The minimum and maximum temperatures show a tendency towards an increase in warm nights and a decrease in cold nights throughout the country. Between 2015 and 2039, the average annual temperature in the country is expected to have increased by 1.5°C and 2°C in the north of the territory. There are also several economic studies on the costs of climate change in Mexico and that could affect the growth of the national GDP per capita by around 7% to 12%. (IMF, 2021)

The latest IPCC report and its chapter on North America also consider vulnerability to the impacts of climate change and its consequences for the well-being of ecosystems, biodiversity, and society. Extreme events in Mexico have also increased in the form of tropical storms, hurricanes, fires and heat waves at different times of the year with much greater frequency and intensity than in the past. The increase in the intensity of tropical cyclones can affect 60% of the national territory and these extreme hydrometeorological phenomena create torrential rains, floods, and landslides with serious effects on populations in rural and urban areas. Regarding agriculture and food security, there are severe impacts: as a result of changes in both temperature and precipitation, low yields are expected in crops such as: corn, sugar cane, sorghum, wheat, rice, soybeans (5- 20% next decades and 80% by the end of the century). At the end of the century, states such as Jalisco, the State of Mexico, Nayarit, Morelos, Michoacán, Guerrero and Colima could lose between 30 and 40% of their seasonal corn production yields (IPCC, 2022 Ch14).

In the following section we provide an overview of the major climate hazards that can affect the North American region. The issue of rising sea levels is also highlighted as an alarming phenomenon and in the face of the challenge of adaptation, with increases throughout the world, especially in tropical areas. The three countries of North America can suffer severe floods and its average level can rise between 20, 40 or even 60 centimeters depending on the projections and the models used (IPCC, 2022 Ch. 14). In relation to the increase in the concentration of carbon dioxide in the atmosphere, this has caused the acidification of the oceans, especially on the Pacific coast, where a decrease in pH of 0.5 has been observed, which can have serious consequences on the rates of calcification and growth of corals, as well as in the generation of sargassum and other marine pests that can affect tourism and coastal urban areas.

4.1 Extreme events

An important issue concerning climate impacts in North America is the question of recent extreme occurrences in the region. There is mounting scientific evidence that climate change is already making extreme events in North America more intense and frequent, and they pose significant threats to future climate change adaptation agendas for the three countries. People, communities, and ecosystems are all directly impacted by torrential rain and other extreme weather conditions. At the same time, droughts, floods, or wildfires are a few examples of how certain kind of extreme weather events can affect the region. Here an overview of the major extremes that are affecting the region.

Storms:

Storms are the primary cause of weather-related losses, accounting for 805 billion US dollars in total losses since 1980 and, thanks to strong insurance penetration, 454 billion US dollars in insured losses. The significant hurricane years of Katrina, Rita, and Wilma happened in 2005, Sandy in 2012, Harvey and Mary in 2017, and the record year for thunderstorm-related losses, occurred in 2011 and 2016. (Smith-Katz, 2016)

Tropical storms

Nearly the whole East and Gulf Coasts of North America are susceptible to the effects of tropical cyclones, particularly if they intensify into hurricanes that combines increasing storm surge and high wind risk. The concentration of people and assets along the shore, coupled with high and likely increasing vulnerability, is a major loss driver. Adaptation to these impacts is essential given that it entails a significant risk of negative impact on key economic infrastructure, sectors, and social wellbeing and security, including a growing number of fatalities.

Thunderstorms

Thunderstorms represent the most significant severe weather danger for the region. Severe thunderstorms were responsible for 43% (or US\$ 180 billion) of insured property windstorm damages between 1980 and 2011 only in the US. Over the past 40 years, losses brought on by thunderstorms have increased (Munich Re, 2012). As pointed in the WG2 IPCC report, urban sprawl exposes higher destructible values to the forces of thunderstorms, which is one contributing reason (IPCC, 2022 Ch. 6). Parallel to this, IPCC report gives compelling evidence that the visible effects of changing climatic conditions are occurring.

Droughts and heat waves

The total losses from severe weather events increased by 15% (US\$ 160 billion), with heat waves, droughts, and wildfires accounting for more than half of this. Extremely dry and hot weather will occur more frequently because of climate change. Droughts and heat waves have a high potential for loss since they influence every sector, from agriculture to individual houses, infrastructure, and electricity supplies over a wide area, yet their effects are only gradually noticed. Long dry spells also contribute to optimum circumstances that encourage the start and spread of wildfires. In recent years, new high-temperature records have been set. 2012, with a mean temperature 3.8°F (2.1°C) above the norm for the 20th century, has been the warmest year in the US thus far (including September) since the start of weather records in 1895. The 2012 drought, one of the worst occurrences in the previous 50 to 100 years, had an impact on about two thirds of the area that was under cultivation. Diverse studies stress the West part of the U.S. and Northern Mexico will suffer longer and more intense droughts together with extreme temperature in coming decades putting significant stress on ecosystems, the economy, social wellbeing, and water resources. IPCC (2020 Ch. 4) identifies this part of North America as one of the regions in the world with significant water stress that will aggravate by 2050. As climate change intensifies, crop insurance will become even more important but not sufficient. Changes in crops and agricultural practices are needed to adapt to new growing conditions in several part of North America (Novoselov, 2022). New model of sustainable water management are also needed.

By reducing snow and ice cover and increasing extreme weather, climate change threatens North American aquatic ecology, water quality, water availability for human uses, and flood exposure. Adaptation will be difficult if water supplies in North America are still being impacted by ongoing effects of global warming, led by a decline in snow and ice, as well as decreased precipitations. (Fleming and Dahlke; 2014).

5. The Challenge of Climate Change for Economic Growth in North America.

In this section we focus on the challenges of observed climate change impacts and projected risks to maintain and improve economic growth and open opportunities for sustainable development in the North American region. Our attention is centered in key sectors highlighted in IPCC reports: energy, industry, food system, health, and key infrastructure and cities.. These sectors are interrelated and positive or negative outcomes in one of them will impact others.

a) Energy.

Observed climate impacts (i.e., heatwaves, drought, storms, extreme precipitation) illustrate current vulnerability of energy facilities in several parts of North America. Particularly in the case of extreme compound events. Heat waves and extreme temperature have impacted electricity facilities in almost all subregions of North America. In the case of hydro-electric power, drought is major hazard, particularly in the case of compound events (heat waves and drought) has already significantly affected the snowpack and melting patterns in the West part of the U.S. creating water stress and limiting hydroelectric power generation. ⁴ Water shortages can also affect cooling systems of thermoelectric plants in the West part of the U.S. and Northern Mexico.

Projected impacts of extremes events will affect North America regions both in energy infrastructures as well as consumption. For example, the economic impact of climate change risks on power systems in the U.S. is estimated to reach \$50 billion by 2050 (Jaglom et al., 2014). Disruptions to oil and gas operations in the Southeast, Southern Great Plains, Alaska and Northern Mexico will be felt by increasing and frequent storms, hurricanes, and greater temperatures. Increasing demand for electricity, especially in hotter areas, will drive new demand for energy. Past experiences show that heatwaves have increased spot market prices affecting disproportionately the most vulnerable social groups (Cronin et al., 2018). Damage to electricity distribution is expected to growth in areas projected to experience more ice or freezing rain (Canada) or wildfires (Western U.S. and Mexico) (Ohba and Sugimoto, 2020); windstorm frequency and intensity associated with tropical storms (U.S. and Mexico) (Tyusove et al., 2017). Electricity outages can have significant consequences in economic

⁴ Binational watersheds like the Colorado is a good example. Water level in Hoover dam have declined to critical levels after 22 years of continue drought in this watershed threatening the capacity to generate electricity (ref).

sectors and critical services (hospitals, water systems, transportation, etc.)⁵. Water shortages can affect hydro-electric and thermoelectric plants (cooling system).

The performance of renewable energy can also be affected by changes in climate. Higher temperatures improve the efficiency of solar heating but decreases the efficiency of photovoltaic panels (Patt et al., 2013; IPCC, 2022 Ch.6).

b) Industry.

Productivity and investment effects are two of the primary ways that climate change may impact GDP in the short and long terms in the region. Long-term economic growth is heavily influenced by productivity because as it rises, countries can produce more products and services with the same number of resources, which in turn tends to raise well-being and income. Insofar as it adds to the domestic capital stock, which is directly tied to the economy's overall productive potential, business investment also influences long-term growth. Literature used in IPCC assessment document that global warming has a detrimental effect on corporate investment and productivity since higher temperatures and heat waves cause workers to produce less overall (IPCC, 2019). In a situation where physical capital is frequently destroyed or damaged due to extreme climatic occurrences, a decline in efficiency and production could make businesses less motivated to invest, making additional investment undesirable (CRS, 2022). Due to its link to long-term economic growth, the impact of climate change on investments is of special importance. Over short time periods, business investment may vary dramatically as a result of catastrophic weather occurrences: this concern is justified by the idea that if climate change results in decreases in output, income, and productivity, it will reduce businesses' incentives to invest, hence lowering the investment rate.

Other economic activity vulnerable to climate change is Tourism. Attention has been centered on the impact of climate change on ski resorts in Canada and the U.S. (Steiger et al., 2019; IPCC, 2022 Ch. 14). The economic impact of climate change on these resorts is mostly significant at the local. The importance of tourism for Mexico is significantly different. It is one of the country's major economic activities and an important driver of regional and development in several parts of the country. A recent study analyzes the vulnerability of tourism to climate change in countries (Scott et al., 2019). The study shows Canada and the United States are among countries with low vulnerability, but Mexico was the largest tourism economy in the high vulnerable group of countries. Mexico was ranked sixth largest destination country (arrivals) by the United Nations World Tourism Organization (UNWTO, 2018). A final aspect we would like to mention is a recent study using a large dimensional intertemporal CGE trade model to account for the various effects of global warming (e.g., loss in agricultural productivity, sea level rise, health effects) on Gross Domestic Product growth for 139 countries by decade and over the long run (Kompas, et al., 2018). Its results show significant differences among Canada, the United States and Mexico, particularly on the long run. Canada would experience minor negative effects on GDP percentage change per year (-0.218), the U.S. a higher effect (-0.622) and Mexico (2.277) in the long run. Climate change has and it will continue to have significant differentiated impact in North America. In general terms, impacts are expected to increase for the frequency and intensity of extreme weather, both in the U.S., Canada and Mexico and they

⁵ For example, in December 2017, Atlanta's International Airport was shut down for nearly 11 hours due to a catastrophic power outage, which caused the cancellation of 1,400 flights.

will damage factories, supply chain operations and other infrastructure, and disrupt transport. (IPCC, 2022 Ch. 14).

c) Health.

Climate change extensive consequences of climate change are on health. IPCC (2022 Ch.7) assesses a wide range of climate-sensitive diseases: cardiovascular; respiratory tract infections; non-communicable respiratory illness, vector-borne (mosquito, rodent, and tick), waterborne, and food-borne; mental health. All of them are relevant in North America. However, our research found no comprehensive assessment of the health implications of climate change at the national and subnational level in the three countries despite the cascading effect of the health implications of climate change and the economic and social consequences. IPCC assesses that financial support for health adaptation is currently less than 0.5% of overall dispersed multilateral climate finance projects and considers it insufficient to protect human health and health systems from most climate-sensitive health risks (IPCC, 2022 Ch. 6 and 7).

A recent study on the health consequences of climate change in Canada estimates the emergence of infectious diseases northward spread from the U.S. or introduced from other parts of the world via air or sea transport. These include emergence of tick-borne diseases in addition to Lyme disease, the possible introduction of mosquito-borne diseases (dengue, West Nile virus), and increased incidence of foodborne illnesses (Odgen and Gachon, 2019). A recent analysis of policy action on public health in the context of climate change in the U.S. found that the public health response to climate change has been promising in the area of assessment, mixed in the area of policy development, and relative weak in communication, workforce development and evaluation (Fox et al., 2019). A study on the health consequences of climate change on children in Mexico considers the implications of changes in temperature and precipitation on water-borne diseases and acute respiratory tract infections, nutritional issues, dengue, and asthma (Riojas et al., 2018). Mexico's vulnerability to climate change deserves broader attention to the health dimension.

IPCC provided broader attention to the mental health implications of climate change in this assessment cycle. Much of the research in this research area has been carried out in the U.S. and the U.K. but it has received little attention in Mexico. IPCC considers pathways through which climatic events affect mental health are varied, complex and interconnected with other non-climatic influences that create vulnerability (IPCC, 2022 Ch. 7). Climatic exposure may be direct (extreme event i.e., heatwaves or hurricane) or indirect (i.e., malnutrition, anxiety about climate change). Some of the studies so far show an observable association between high temperatures and mental health decrements, extreme events (heatwaves, wildfires, drought, hurricanes⁶) have significant consequences for mental health, and mental health can also emerge as result of climate impacts on economic, social, and food systems (Ciaconi et al, 2020; IPCC, 2022 Ch. 7). A study on the effect of higher temperatures on suicide rate in the U.S. and Mexico found that suicide rates rise 0.7% in U.S. counties and 2.1% in Mexican municipalities for a 1oC increase in monthly average temperature

⁶ Approximately, 20-30% of those who live through an hurricane develop depression or post traumatic-stress disorder (Obradovich et al., 2018).

(Burke et al., 2018). The study projects that unmitigated climate change (RCP8.5) could result in a combined 9-40 thousand additional suicides across the United States and Mexico by 2050.

d) Food production.

Crop-based agriculture in North America is highly dependent on climate conditions, and climate change is projected to have a large impact on the agriculture industry. The frequency of some catastrophic climate change-related occurrences, such as droughts or floods, can dramatically reduce crop yields and alter crop growth, resulting in lower crop production overall. If other environmental conditions required for crop growth are met, it is predicted that a warming temperature and rising carbon dioxide levels in some places will boost yields of some crops in some locations but decrease them for other crops. The overall impact in North America is also conditioned by locations: crops may no longer produce acceptable yields in certain regions. Climate change may also have a harmful influence on fisheries and livestock. Heat waves, droughts, and rising temperatures can all have an impact on the wellbeing and viability of livestock. Fish and aquatic ecosystems could be negatively impacted by changes in water temperature and acidification brought on by rising atmospheric carbon dioxide. In fact, the climate has a significant influence on both agriculture and fishing. In some regions of North America, mostly coastal areas, rising temperatures, and carbon dioxide (CO₂) levels can affect crop yields. The availability of water, soil moisture, nutritional levels, and other factors must also be satisfied to reap these benefits. Food safety may be at risk because of changes in the frequency and severity of floods and droughts, which could present difficulties for ranchers and farmers. The natural habitat of many fish and shellfish species are projected to change as a result of increased water temperatures, which could disturb ecosystems. Overall, climate change may make it more challenging to cultivate crops, raise livestock, and catch fish in the same locations and ways as in the past. Along with other changing elements that influence agricultural production, such as changes in farming practices and technology, the consequences of climate change must also be taken into account. (EPA, 2018).

e) Key infrastructure and cities.

Infrastructure is vital to economic health and social wellbeing. Infrastructure services including water, sewage, roads and railroads, ports and airports, telecommunications supply societies with a wide range of products and essential services. Evidence of the importance of extreme climate events on infrastructure is clear in all regions of the world. Some studies estimate losses of \$4.2 trillion of projected climate change impacts on infrastructure under a 2oC scenario of global warming and \$13.8 trillion for a 6oC scenario globally in 2100 (The Economist Intelligence Unit, 2015; IPCC, 2022 Ch.6). These losses can be associated to disruption, repair or complete loss of infrastructure and they can cause significant consequences on the economy, social wellbeing, and people's health and safety. Data available for North America indicates that total annual damages from temperature- and precipitation- related damages to paved roads in the U.S. are estimated at up to \$20 billion under RCP8.5 in 2090; inland flooding threatens approximately 4,600 bridges across the U.S., also under RCP8.5, and it is anticipated to create annual average damages of \$1.2 to \$1.4 billion each year by 2050 (Newman et al., 2015). In the case of Mexico, the impact of climate change on its road infrastructure is projected to require additional national expenditure on road maintenance between \$1.5 and \$5 billion by 2050 (Espinet et al., 2016). Climate risks to transport infrastructure (heat and

cold waves, droughts, wildfires, river and coastal floods, windstorms), can disrupt global supply chains (Becker et al., 2018). The risk that climate change poses to infrastructure could alter the incentives for both private and public infrastructure investment, as well as the types of infrastructure that should be funded (ref).

Cities have a key role in addressing climate change. Global urbanization offers a critical opportunity to expand and improve mitigation and adaptation responses to climate change. How cities are constructed, and function define patterns of GHG emissions and vulnerability. On one side, IPCC WGIII estimates that total urban emissions based on consumption-based accounting were 67-72% of global emissions and considers diverse sources of these emissions and the potential to reduce them in cities (IPCC, 2022a). On the other side, IPCC WGII analysis the broad array of climate change observed impacts and projected risks on cities, the driving sources of their vulnerability, and a comprehensive analysis of actions taken to adapt to them. It is estimated that \$90 trillion will be invested in new urban development by 2030 (IPCC, 2022 Ch.6). This investment has long lasting implications given the long lifespan of urban structures and a significant risk of locking in future GHG emissions and vulnerabilities if current patterns of urbanization continue to neglect its climate change implications (mitigation and adaptation) (Ürge-Vorsatz et al., 2018). Population and the economy in North America are concentrated in urban areas. Some of the major cities in the world are in this region but also significant number of small and medium size growing cities, particularly in Mexico. A number of these cities are vulnerable to climate change. Evidence of the consequences of climate related disasters in cities of North America is extensive. For example, the direct economic costs of all extreme events reached 210-268 billion USD in 2020 (Smith, 2021). Just Hurricane Sandy had over \$60 billion in reported economic damage in New York and the East coast in 2012 and a recent study estimates that approximately \$8.1 billion of those damages are attributable to climate-mediated anthropogenic sea level rise (Rosenzweig and Solecki, 2014; Strass et al., 2021).

Several cities in North America have adaptation plans, but many of them are still to be implemented (Heikkinen et al. 2019; IPCC, 2022 Ch.6). A second important point is the still large number of small and middle size cities without adaptation plans, particularly in Mexico. A third aspect is the gap between financial support invested and needed. There is no specific data available for North America but IPCC reports that globally \$384 billion of climate finance has been invested in urban areas per year in recent years, but this remains at about 10% of financial resources needed for low-carbon and resilient urban development (IPCC, 2022 Ch. 6). Delaying actions for increasing the resilience of urban infrastructure to climate change from 2020 to 2030 is estimated to have a median cost of at least USD 1 trillion (Hallegatte et al. 2018).

A final topic to be considered is the issue of Sea Level Rise (SLR) in the region: in the past 20 years, flooding has increased on average by 233% only in the US, according to the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Even though the sea level has increased by 20 cm. since 1950, only the previous 20 years account for roughly half of that (almost 8 cm.). In the United States, tidal flooding has increased by 233% on average as a result of this little sea level rise. From Texas to Florida to New York, to Tabasco in southern Mexico, sea level rise is posing serious issues. More water and worse flooding during hurricanes, high tides, and rainstorms result from higher sea level are also expected to increase and create compounding effects in the region (IPCC, 2022 Ch. 14).

6. Financing climate change for mitigation and adaptation in North America.

Significant developments and improvements are taking place in North America related to financial resources to deal with climate change, but with significant regional differences. After the US re-joined the Paris Agreement under the current Biden presidency, a new set of investments and financial solutions may become available, but they still face challenges in US Congress and recently in the Supreme Court. The importance of financial institutions in accomplishing climate change mitigation is also important for Mexico which is capturing the attention of environmental institutions and initiatives such as the creation of an Emission Trading System to promote the development of GHG mitigation schemes. In North America, banks, investors, and insurers frequently are discussing how to finance the transition to a low-carbon economy and reach the targets established by the Paris Agreement (Lucatello, 2021).

In this regard, key issues that climate change presents to regulators, supervisors, and central banks must be tackled. The rising understanding that climate change is a source of financial (and pricing) instability since it is likely to produce physical changes in the environment should be stressed. The responsibility for addressing climate change rests not only with central banks, regulators, and supervisors, who oversee and preserve financial stability, but also within the overall financial community. Overcoming climate tipping points might result in consequences that would be devastating and making it hard to calculate the financial losses. (Bis, 2022).

It is worth noting that financial sector interest in climate change is small and it is mainly concentrated on mitigation not adaptation. Global financing for climate-related activities remained a small part of development finance (over 7%) from 2010 to 2018. Only 33% of those funds were committed to adaptation and only about 1.6% of adaptation finance came from private sources⁷ (IPCC, 2022 Ch. 17). Global adaptation finance is almost equally supplied by bilateral and multilateral sources, but these values vary regionally. The United Nation Environment Program estimates the cost of adaptation will reach \$140-300 billion per year and by 2050, \$280-500 billion (UNEP, 2016). Multilateral development banks (MDBs) collectively committed \$61.5 in climate finance in 2019, 76% for mitigation and 24% for adaptation and the largest flows went to energy, transport, built environment infrastructure including water and wastewater (ADB, 2018). Public sources of adaptation finance are relatively small and cannot bridge the investment gap. Only a small minority of international public adaptation finance is delivered as grants, while the majority is delivered as loans by MDBs (IPCC, 2022 Ch. 17).

⁷ 70 percent of private sector adaptation investment was concentrated on water and wastewater projects. Most private adaptation investments were in high-income countries (IPCC, 2022 Ch. 17).

7. Conclusions

It is difficult to finish this paper on a positive note. IPCC's assessment clearly states that North America is experiencing more frequent and severe climate impacts. The article summarizes some of the relevant implications for the economy, social wellbeing, and ecosystems in the region. Our assessment of the IPCC report suggests that system transformation to adapt to climate change are advancing slowly and unevenly in the region. Climate change implications for the regional economy and social wellbeing in North America deserves and requires a broader discussion, recognizing there are significant regional differences among and within the three countries. Development levels, technical, financial, and human resources available, and institutional strength create different options, capacities to respond to climate change in Canada, the USA, and Mexico. IPCC highlights that key economic sectors, financial markets, government budgets, and household welfare are unevenly affected by climate impacts in North America (IPCC, 2022 Ch. 14). High exposure or sensitivity to climate impacts in economic sectors mentioned above have experienced larger losses and adaptation costs. IPCC assesses with high confidence that extreme events have damaged economically important supply-chain infrastructure and disrupted regional and international trade, increased public expenditures on emergency and recovery response, and affected property and financial market (IPCC, 2022 Ch. 14).

We would like to come back to the introduction of this paper and recall the importance of United Nations call for immediate action to respond to climate change. The paper leaves no doubt this is an essential step in North America. Unfortunately, immediate, and comprehensive adaptation actions in the region faces significant challenges. National administrations have had different approaches to climate change due to domestic circumstances, political constraints, and ideological positions. It is also important to recognize that adaptation has received less attention than mitigation in national responses to climate change, particularly in the U.S. and Mexico. National political support to expand and improve adaptation actions is essential but it is currently difficult to envision a significant change in the short-term. Adaptation actions at the subnational level face also challenges. While Canada has a more balanced approach, subnational actions in the US are contrasting, from states and cities very engaged and advanced in planning and implementing adaptation to others where no action has been taken also due to political and ideological positions. For instance, a recent survey on local adaptation to climate change of 231 cities in the U.S. reported weak leadership, lack of funding and staffing, and low political will (Fu, 2020).

Mexico is an interesting case. Climate change policy at the national and subnational level has had ups and downs in recent administrations. A National Climate Change legislation and Strategy have been in place since 2012, institutions have been created, and most states in the country have a climate change legislation and a State Climate Change Action Program. A recent independent evaluation of the national and subnational climate change policies identified they have had limited achievements in adaptation. The gap between adaptation planning and implementation is particularly evident in the local States and the very small number of municipal climate change action programs. The urgency to adapt to climate change has gone unattended despite the increasing cost of observed impacts and projected risks discussed in the paper.

We conclude this paper highlighting societies currently face a critical moment in North America. Despite declining yields in economic activities, aggravating conditions in social wellbeing, and increasing degradation of ecosystem caused by climate change, attention to adaptation continue to be limited, short-term focused, fragmented or even inexistent in many cases. Scientific evidence seems to have had limited impact in decision making by significant parts of the public, private and social sector. Recent studies suggest that high risk perception is in itself insufficient to motivate people to undertake adaptation (Roder et al., 2019; Gibbs, 2020) and highlights the importance of strong institutions, financial resources, inclusive governance, and political leadership to support and expand local adaptation strategies.

One final point, IPCC stresses that current trends and increasing global warming will continue to limit options to adapt to climate change and increase their cost. We believe it is important to highlight those negative consequences of inaction because they are already high in the region, and they will continue to increase, particularly for the most vulnerable groups. Evidence shows early adaptation actions have significant economic benefits for societies. The World Bank found that every \$1 invested in resilient infrastructure in low- and middle-income countries yields \$4 in net benefits (Hallegatte et al., 2018). The Global Commission on Adaptation reached similar conclusions (GCA, 2019). It estimates that investing 1.8 trillion globally in 5 target areas (early warning systems, climate resilient infrastructure, improved dryland agriculture crop production, global mangrove protection, and making water resources more resilient) from 2020 to 2030 could produce \$7.1 trillion in total benefits. Spending \$800 million on early warning systems in developing countries could reduce climate-related disaster losses by \$3 to 16 billion per year. Responding to climate change will require significant behavioral changes in society, but a new approach to decision-making mainstreaming adaptation to climate change in development policies is an essential step.

References

- [1] ADB, 2018: *Strategy 2030: Achieving a Prosperous, Inclusive, Resilient, and Sustainable Asia and the Pacific*. Asian Development Bank. ISBN 9789292612856.
- [2] Becker, A., Ng, A. K. Y., McEvoy, D. and Mullett, J. (2018) 'Implications of climate change for shipping: Ports and supply chains', *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 9(2), pp. e508.
- [3] Berrang-Ford, L., Bierbroak, R., Ford, J., Lesnikowski, A., Tanabe, A., Wang, F., Chen, C., Hsu, A., Hellmann, J., Pringle, P., Grecequent, M., Amado, J., Huq, S., Lwasa, S.,
- [4] BIS (2022): The green swan: central banking and financial stability in the age of climate change.
- [5] Burke, M., González, F., Baylis, P., Heft-Neal, S., Baysan, C., Basu, S., Hsiang, S. (2018), Higher temperatures increase suicide rates in the United States and Mexico. *Nature Climate Change* 8: 723-729.
- [6] Cianconi, P. Betro, S., Janiri, L. (2020) The Impact of climate change on mental health: A systematic decription review. *Frontiers Psychiatry* 11:74 doi: 10.3389/psyt.2020.00074.
- [7] Cronin, J., Anandarajah, G. and Dessens, O. (2018) 'Climate change impacts on the energy system: a review of trends and gaps', *Climatic change*, 151(2), pp. 79-93.
- [8] CRS (2022); How Climate Change May Affect the U.S. Economy. <https://crsreports.congress.gov/product/pdf/R/R47063>

- [9] Danveport, C. (2022), Court decision leaves Biden with few tools to combat climate change. New York Times. June 30. <https://www.nytimes.com/2022/06/30/climate/biden-climate-action-epa.html>. Accessed July 10 2022.
- [10] Economist Intelligence Unit (2015) 'The cost of inaction: Recognising the value at risk from climate change', *The Economist*. DOI: https://eiperspectives.economist.com/sites/default/files/The%20cost%20of%20inaction_0.pdf.
- [11] EPA, (2018), Climate Impacts on Agriculture and Food Supply. National Assessment Report.
- [12] Espinet, X., Schweikert, A., van den Heever, N., Chinosky, P. (2016) Planning resilient roads for the future environment and climate change: Quantifying the vulnerability of the primary transport infrastructure system in Mexico. *Transport Policy* 50: 78-86.
- [13] Fleming, S. W. and H. E. Dahlke, 2014: Modulation of linear and nonlinear hydroclimatic dynamics by mountain 35 glaciers in Canada and Norway: Results from information-theoretic polynomial selection. *Canadian Water Resources Journal*, 39(3), 324-341, doi:10.1080/07011784.2014.974308.
- [14] Fox, M. Zuidema, C., Bauman, B., Burke, T., Sheehan, M. (2019) Integrating public health into climate change policy and planning: State of practice update. *Environmental Research and Public Health*. 16, 3232; doi:10.3390/ijerph16183232.
- [15] Fu, X., 2020: Measuring local sea-level rise adaptation and adaptive capacity: A national survey in the United States. *Cities*, **102**, 102717, doi:<https://doi.org/10.1016/j.cities.2020.102717>.
- [16] Gibbs, M. T., 2020: The two-speed coastal climate adaptation economy in Australia. *Ocean & Coastal Management*, **190**, 105150, doi:<https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2020.105150>
- [17] Global Commission on Adaptation, 2019: *Adapt Now : A Global Call for Leadership on Climate Resilience* [Institute, W. R. (ed.)]. Washington, DC. Available at: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/32362>
- [18] Hallegatte, S., Brandon, C., Damania, R., Lang, Y., Roome, J., Rozenberg, J., and Tall, A., 2018: *The economics of (and obstacles to) aligning development and climate change adaptation: A World Bank group contribution to the global commission on adaptation.*
- [19] Haines, A., Ebi, K. (2019), The imperative for climate action to protect health. *The New England Journal of Medicine* 380 (3): 263-273.
- [20] Heikkinen, M., Ylä-Anttila, T. and Juhola, S. (2019) 'Incremental, reformistic or transformational: what kind of change do C40 cities advocate to deal with climate change?', *Journal of Environmental Policy & Planning*, 21(1), pp. 90- 103.
- [21] Heymann, J. (2019) Tracking global climate change adaptation among governments. *Nature Climate Change* 9: 440-449.
- [22] INECC (2018). Sexta comunicación nacional de México ante la CMNUCC.
- [23] IMF (2021): Black S. et al. A Comprehensive Climate Mitigation Strategy for Mexico.
- [24] IPCC, 2019: Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems [P.R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley, (eds.)]. In press.
- [25] IPCC, 2021: Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T.

- Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.]). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 3–32, doi:10.1017/9781009157896.001.
- [26] IPCC, (2022): Summary for Policymakers [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Tignor, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem (eds.)]. In: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.
- [27] IPCC, 2022: Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [P.R. Shukla, J. Skea, R. Slade, A. Al Khourdajie, R. van Diemen, D. McCollum, M. Pathak, S. Some, P. Vyas, R. Fradera, M. Belkacemi, A. Hasija, G. Lisboa, S. Luz, J. Malley, (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. doi: 10.1017/9781009157926.001.
- [28] Jaglom, W. S., McFarland, J. R., Colley, M. F., Mack, C. B., Venkatesh, B., Miller, R. L., Haydel, J., Schultz, P. A., Perkins, B. and Casola, J. H. (2014) 'Assessment of projected temperature impacts from climate change on the US electric power sector using the Integrated Planning Model®', *Energy Policy*, 73, pp. 524-539.
- [29] Kompas, T., Van Ha, P., Che, T. (2018) The effects of climate change on GDP by country and the global economic gains of complying with the Paris Climate Accord. *Earth Future* 6: 1153-1173.
- [30] Lucatello S. (2022), Ed. *Towards an Emissions Trading System in Mexico: Rationale, Design and Connections with the Global Climate Agenda*
- [31] Outlook on the first ETS in Latin-America and Exploration of the Way Forward. Springer.
- [32] Munich Re (2012); *North America most affected by increase in weather-related natural catastrophes*. <https://www.munichre.com/en/company/media-relations/media-information-and-corporate-news/media-information/2012/2012-10-17-north-america-most-affected-by-increase-in-weather-related-natural-catastrophes.html>
- [33] Nat-Geo, National Geographic (2022); *North America, Physical Geography*. <https://education.nationalgeographic.org/resource/north-america-physical-geography>.
- [34] Neumann, J., Price, J., Chinowsky, P., Wright, L., Ludwig, L., Streeter, R., Jones, R., Smith, J., Perkins, W., Jantarasami, L., Martinich, J. (2015), Climate change risks to US infrastructure: impacts on roads, bridges, coastal development and urban drainage. *Climatic Change* 131: 97-109.
- [35] Novoselov A. (2022); *Environment and Climate*. UCLA, <https://newsroom.ucla.edu/releases/megadrought-southwestern-north-america>
- [36] Ogden, H., Gachon, P. (2019), Climate change and infectious diseases: What can we expect? *Can Commun Dis Rep* 2019;45(4):76–80. <https://doi.org/10.14745/ccdr.v45i04a01>.
- [37] Ohba, M. and Sugimoto, S. (2020) 'Impacts of climate change on heavy wet snowfall in Japan', *Climate Dynamics*, 54(5), pp. 3151-3164.
- [38] Patt, A., Pfenninger, S. and Lilliestam, J. (2013) 'Vulnerability of solar energy infrastructure and output to climate change', *Climatic change*, 121(1), pp. 93-102.
- [39] Riojas, H., Quezada-Jiménez, M., Zúñiga-Bello, P., Hurtado-Díaz, M. (2018) Climate chnge potential effects in Mexican children. *Annals of Global Health* 84(2): 281-284.
- [40] Roder, G., P. Hudson and P. Tarolli, 2019: Flood risk perceptions and the willingness to pay for flood insurance in the Veneto region of Italy. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 37, 101172, doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2019.101172>.
- [41] Rosenzweig, C. and W. Solecki, 2014: Hurricane Sandy and adaptation pathways in New York: Lessons from a first-responder city. *Global Environmental Change*, 28, 395-408, doi:10.1016/j.gloenvcha.2014.05.003.

- [42] Rumney G.R. (2006) North America, climate of. In: Climatology. Encyclopedia of Earth Science. Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/0-387-30749-4_122
- [43] Sánchez R., Lucatello S. (2022). *La Jornada de Oriente*, Número especial sobre cambio climático. Junio 2022 · número 123 · año XI · Suplemento mensual.
- [44] Scott, D., Hall, M., Gössling, S. (2019), Global tourism vulnerability to climate change. *Annals of Tourism Research* 77: 49-61.
- [45] Smith A, Katz. R. (2016); U.S. Billion-dollar Weather and Climate Disasters: Data Sources, Trends, Accuracy and Biases. *Natural Hazards*.
- [46] Smith, A. (2021) 2020 U.S. billion-dollar weather and climate disasters in historical context. <https://www.climate.gov/disasters2020>.
- [47] *Staudt, Amanda, Nancy Huddleston, and Sandi Rudenstein*. Understanding and Responding to Climate Change. *National Academy of Sciences*, 2006.
- [48] Strauss, B., Orton, P., Bitterman, K., Buchanan, M., Gilford, D., Kopp, R., Kulp, S., Massey, C., de Moel, H., Vinogradov, S. (2021). Economic damages from Hurricane Sandy attributable to sea level rise caused by anthropogenic climate change. *Nature Communications*. 12:2720 | <https://doi.org/10.1038/s41467-021-22838-1>.
- [49] Steiger, R., Scott, D., Abegg, B., Pons, M., Aall, C. (2019), A critical review of climate change risk for ski tourism. *Current Issues in Tourism* 22 (11): 1343-1379. DOI: 10.1080/13683500.2017.1410110.
- [50] Tyusov, G. A., Akentyeva, E. M., Pavlova, T. V. and Shkolnik, I. M. (2017) 'Projected climate change impacts on the operation of power engineering facilities in Russia', *Russian Meteorology and Hydrology*, 42(12), pp. 775-782.
- [51] UNEP, 2016: *The Adaptation Finance Gap Report 2016*. United Nations Environment Programme, Programme, U. N. E., Nairobi, Kenya. Available at: <https://climateanalytics.org/media/agr2016.pdf>.
- [52] UNWTO (2018). UNWTO tourism highlights 2018 edition. <https://www.e-unwto.org/doi/pdf/10.18111/9789284419876>.
- [53] Ürge-Vorsatz, D., Rosenzweig, C., Dawson, R., Sanchez Rodriguez, R., Bai, X., Barau, A., Seto, K., Dhakal, S. (2018) Locking in positive climate responses in cities. *Nature Climate Change*. DOI: 10.1038/s41558-018-0100-6.
- [54] van Ruijven, B., De Cian, E., Wing, I. (2019), Amplification of future energy demand growth due to climate change. *Nature Communications*. 10.2762. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-10399-3>.
- [55] Wang, T., Qu, Z., Yang, Z., Nichol, T., Clarke, G., Ge, Y. (2020), Climate change research on transportation systems: Climate risk, adaptation and mitigation. *Transport Research Part D* 88: 102553.
- [56] World Bank (2022): Population Indicators. <https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL?locations=XU>

Climate-induced migrations in Mesoamerica with a gender perspective

Ursula Oswald Spring¹ - Universidad Nacional Autónoma de México, México

Abstract

The objective of this article is to analyze climate migration from Mesoamerica, integrating systemic factors of poverty, pandemic, environmental disasters, survival dilemma, insecurity, and violence within a gender perspective. Climate disasters have increased systemic risks and generated cascading processes due to weak governmental policies of prevention, mitigation and adaptation. In addition, U.S. anti-migrant policies, border militarization, and organized crime have increased regional violence, forcing poor people to migrate within caravans. During these journeys, women through their support have achieved greater equity, justice and empowerment in highly adverse conditions. These learnings have generated recognition and more inclusive cultural norms that were demanded even when the migrants were repatriated to their countries, where they have promoted a care economy. They were able to adapt to climate disasters and participate in local politics, where they have promoted sustainable productive practices that have improved the economy and equity in their society. They are overcoming extreme poverty and violent-discriminatory patriarchal patterns by improving their family economy and protecting the community from increasingly more severe climate impacts.

JEL Classification: Z10.

Keywords: climate-induced migration (CIM), systemic risks with cascading processes, Mesoamerica, militarized borders, care economy.

Migraciones inducidas por el clima en Mesoamérica con perspectiva de género

Resumen

El objetivo es analizar la migración climática desde Mesoamérica, integrando factores sistémicos de pobreza, pandemia, desastres ambientales, dilema de supervivencia, inseguridad y violencia dentro de una perspectiva de género. Desastres climáticos han aumentado los riesgos sistémicos y generado procesos en cascada por insuficientes políticas gubernamentales de prevención, mitigación y adaptación. Adicionalmente, políticas norteamericanas anti-migrantes, una militarización de las fronteras y el crimen organizado han aumentado la violencia regional, forzando a personas pobres a emigrar dentro de caravanas. Durante estos trayectos, las mujeres, por sus apoyos, han alcanzado mayor equidad, justicia y capacitación en condiciones altamente adversas. Estos aprendizajes han generado reconocimiento y normas culturales más incluyentes, que fueron aplicados aun cuando los migrantes fueron repatriados hacia sus países, donde han promovido una economía del cuidado. Esta permitió adaptarse a desastres climáticos y participar en la política local, donde se han promovido prácticas productivas sustentables que han mejorado la economía e igualdad en la sociedad. Están superado pobreza extrema y patrones patriarcales violento-discriminatorios al mejorar la economía familiar y proteger a la comunidad ante impactos climáticos crecientemente más severos.

Clasificación JEL: Z10.

Palabras clave: migración climáticamente-inducida, riesgos sistémicos con procesos en cascadas, Mesoamérica, fronteras militarizadas, economía del cuidado.

¹ Corresponding author. Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias de la UNAM. Email: uoswald@unam.mx

* No source of funding for research development



1. Introduction

This article explores with a gender perspective and a methodology of systemic risk analysis climate-induced migration (CIM) from Central America through Mexico (Mesoamerica)² to the United States (US). Militarized borders, transnational organized crime, and more severe and frequent climate disasters have pushed poor rural families and marginal urban sectors into conditions of a survival dilemma (Garay et al. 2019). The objective of this article is to scrutinize CIM from Mesoamerica to the US, integrating complex systemic nexuses with a gender approach. CIM is influenced by factors of poverty, pandemics (CEPAL 2021c), environmental disasters (Abeldaño and González 2018), loss of livelihood, lack of security (Argueta 2017), hunger, and local or transnational violence. A systemic understanding of climate change and public safety impacts explains why disasters have forced individuals, families, and children alone to undertake the dangerous migration route to the US. Pandemic, organized crime, and climate disasters (USAID 2017) have recently forced people to seek alternative livelihoods in other countries, despite the dangers inherent in the migration process. Restrictive U.S. immigration policies and the militarization of the borders in the U.S., Mexico, and Guatemala have increased the difficulties for undocumented migrants (Ortega and Morales 2021). Transnational organized crime has not only increased the cost of the trajectory but kidnappings and murders have resulted in violent deaths along these dangerous routes (CNDH 2018).

Women and girls are highly vulnerable in CIM, where trafficking and sexual violence (UNODC, 2021) have created additional threats. Therefore, CIM affects women and men differently due to their historical triple vulnerability: social, gender, and environmental (Oswald 2014). Women, indigenous, children, the disabled, and the elderly also suffer differently from complex outcomes of climate impacts. Entire villages and families were forced to leave their homes because of extreme climate disasters such as hurricanes, landslides, and droughts, which deprived them of living conditions (Moreno et al. 2020). Additional boundary conditions have increased the risks, where underdevelopment, corruption, extreme poverty, lack of governance, and governmental failures have avoided coping with these interrelated climate-induced challenges (Guerette and Clark 2005). In 2020 more than 20 hurricanes, tropical storms, and floods impacted Mesoamerica, where in November Delta and two weeks later Iota and later Eta collapsed because the weak governmental support and overloaded facilities were unable to receive the refugees. On the Pacific coast, a long-lasting drought has deprived people of their subsistence. Therefore, between October 2020 and September 2021, about 1,734,686 asylum seekers were detained at the US border and expelled to Mexico (Border Patrol 2022), where they are waiting for their asylum acceptance. Most of them were Mesoamerican citizens.

The US Ambassador Ken Salazar argued in October 2021 that “the United States and Mexico are committed to returning these migrants to their countries of origin”. Mexico forcibly agreed with its northern neighbor also to limit transit through its country with dissuasive actions by the National Guard and the National Migration Institute (Government of Mexico 2019) at the southern border. In

² Paul Kirchhoff (1943) developed the concept of Mesoamerica, due to similar cultural, socio-economic, and environmental conditions of the north of Central America and the south-east of Mexico.

November 2021, a US judge forced the Biden administration to return to the Trump policy for non-Mexican to wait for their asylum permissions outside of the US, and Mexico was forced to receive the migrants as Third Safe Country. Further, new migrant nationalities (Venezuelans, Cubans, Haitians, Colombians, from the Caribbean islands, Africans, and Asians) tried also to reach the US. After the assassination of the Haitian President Jovenel Moïse, the Mexican Commission for Refugee Aid legalized 15,000 Haitian refugees, who are now working in Mexico, but thousands of new asylum-seekers are entering without documents to Mexico, trying to reach the US (Border Patrol 2022).

This article offers first a methodology where the complexity of a systemic risk understanding is explored. Mesoamerica is a region highly exposed to climate impacts, where COVID-19 had further impoverished the people (CEPAL 2021c). In the American continent, the region has the highest number of catastrophic climate impacts (Miranda 2021; OCHA 2020). The following part reviews conceptually CIM. Disasters have produced a loss of livelihood, shelters, and assets. Further, militarized borders have increased the costs and the threats to migrants. Given these complex interrelations of CIM with the existing socio-economic and political conditions, Central Americans (Henaó and García 2019) must cross on their way to the US several borders. During this migration process, they are facing multiple life-threatening conditions by national governments. In addition, gangs, cartels, and transnational organized crime have also extorted CIM, threatening their life, and kidnapping men, women, and children. Girls and women are especially threatened due to human trafficking and sexual abuse (UNODC 2020).

Given these survival dilemmas, many desperate people joined Honduras's emerging caravans (Salazar 2019). This article deepens in a caravan of 4000 people, organized in November 2021, to counter the dangerous trajectory and reduce the cost of undocumented migration. Multiple trapped migrants (Zani 2018; Dowd 2008) joined this caravan because they have lost their livelihood to multiple disasters and were also unable to pay the high costs to traffickers for a still unsafe migration odyssey. This caravan included numerous women, families with small children, unaccompanied children, and the disabled, who were normally highly exposed to migrant authorities and criminal groups.

During their trajectory, women focused on gender recognition, justice, and equity (Fraser 1998, 2005). Their social behavior and care about everybody allowed them to obtain acknowledgment within the caravan and participation in the decision-making processes. Their collective efforts and care about everybody were also a catalyst against misogynist practices. This greater female participation has reduced the death toll and danger of human trafficking, while the emphasis on empowerment, justice, equity, and recognition was helping to overcome inside the caravan the gender paradox of discrimination and exploitation (Lorber 1994). Recent disasters, an increase in poverty, and militarized borders have changed the composition of migrants generally and CIM particularly.

In the conclusions, the article explored the reach of an economy of care (CEPAL 2021a), which may reduce CIM and limit at-home patriarchal violence. Some repatriated migrants have applied their experience within the caravan, and have transformed inside their communities the dominant misogynic behaviors. At home, women and men together have also promoted preventive disaster policies, adaptation to more dangerous climate events, and rebuilt their destroyed living conditions. All the collective and individual efforts have limited the dangerous path of CIM for marginal families. They have also requested their governments' greater adaptation policies and disaster support.

Locally, they started to fight against internal colonialism (González 2003) and the abuses of the bourgeoisie, who has failed to develop their regions and did not grant dignified living conditions to the most vulnerable, such as poor people, indigenous, women, and young people.

2. Methodology: Systemic Risk Analyses of CIM

A systemic risk methodology analyzes often cascading processes that spread across sectors with nexus relations (Figure 1): COVID-19, disasters, hunger, safe water, poverty, unemployment) and its sub-systems (environment, policy, governance, culture, economics, and gender) affecting the whole CIM system. The neoliberal model of globalization (Mies 1985), the governmental policy of poverty alleviation (Díaz and Viales 2020), the abuse of the local bourgeoisie producing internal colonialism (González 2003), and climate disasters (Bradshaw and Linneker 2009) have destroyed the livelihood of vulnerable people. The spread of these impacts has created existential consequences in the Mesoamerican region (BCIE 2020), where the systemic risks go beyond the possible governance of the Mesoamerican regions (Kuusipalo 2017). Cascading impacts increase the existing difficult living conditions, leading vulnerable families into a survival dilemma (Escudero 2018), where the choice is to stay and eventually die from hunger (FAO 2018) and violence (Argueta 2017) or to migrate in precarious conditions (Fuentes et al. 2022). The systemic interdependence underlies also existing vulnerabilities (Oswald 2014), insufficient policies (Ruiz 2020), and an integrated responses of society (Jelin 2021), where precisely girls and women are at greater risk at home (Castañeda et al. 2020) due to catastrophic climate impacts (BCIE 2020) or exposed to sexual assault and trafficking (UNODC 2021).

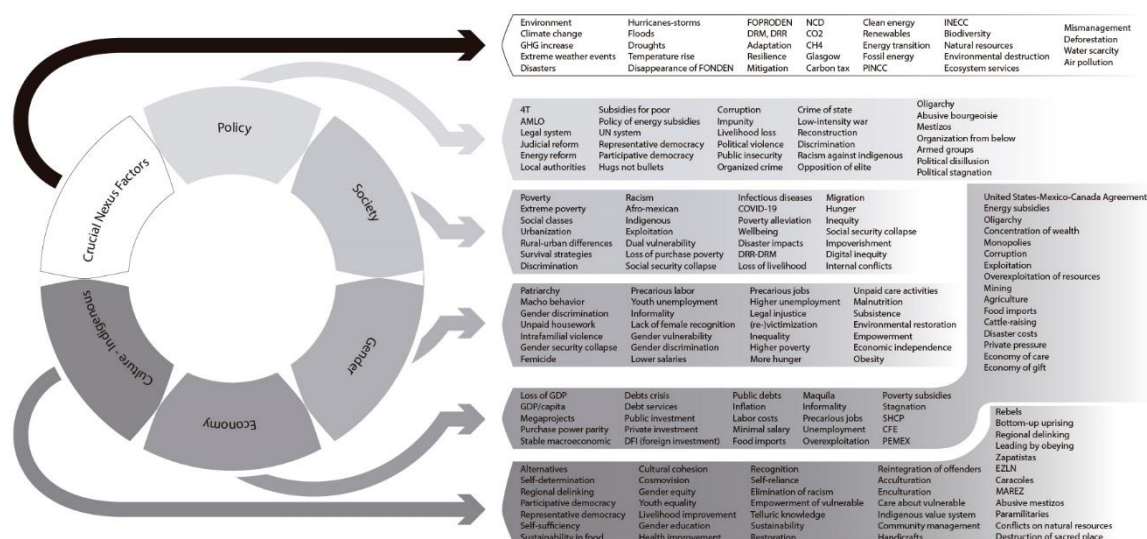


Figure 1. CIM systemic interrelations.

Source: The Author.

Aven and Renn (2020) have developed an integrated risk analysis across multiple scientific disciplines, including biology (Varela et al. 1974), ecology (Holling 2001), psychology (Piaget 1972), and sociology (Luhmann 1995) among multiple other careers, where mathematics has played an increasing role in analyzing big data (Kepner and Hayden 2018). Recently, gender approaches (Imaz et al. 2014) have deepened in the way how the present capitalist system has consolidated its occidental model of appropriation (Moore 2016) based on war, exploitation, discrimination, and violence (Reardon 1996). The system approach includes also the differentiation of scales from local (Fuentes et al. 2022), regional (Mesoamerica; Central America Regional Climate Change Project 2018) to global (Hellema 2019), the relationships between subsystems, where feedbacks, interlinkages, interconnection, and loops (Hochrainer et al 2020) are creating a self-organizing dynamic to maintain the fragile equilibria (Oswald 2020). The system understanding implies unknown and underestimated uncertainties with potential tipping points (Steffen et al. 2018), where the boundary conditions are producing cascading effects such as COVID-19 (CEPAL 2020a) or the migration policy of the US (Ruiz 2020). The catastrophic outcomes may be able to disrupt the existing fragile system and its unstable subsystems (Alden 2010), affecting especially vulnerable women and girls (Carrasco 2013).

A systemic risk analysis interrelates the nexus (Niva 2018) between policy, economy, society, cultural-indigenous factors, and gender with climate disasters and CIM (Srigiri and Dombrowsky 2022). The dynamic interaction among these nexus factors (CEPAL 2019) allows understanding of the root causes of CIM. The boundary conditions imposed by the US legislation on migrants (Guerette and Clarke 2005), the militarized borders (Sassen 2021), and the Mesoamerican policy are producing precarious socioeconomic conditions for the affected families that are aggravated by catastrophic climate impacts (Climate Risk Profile Mexico 2017). It includes the biophysical environment of the region exposed seriously to destroyed ecosystems by cattle raising, commercial agriculture, deforestation, and chaotic urbanization, where water pollution, soil scarcity, and pollution related to corporate mining and commercial agriculture are aggravated by climate disasters (CBD 2009). These extreme events have increased in number and force, due that both oceans are strongly warming up (IPCC 2021). The concentration of this enormous amount of energy in the sea is discharged in the form of dangerous hurricanes (OCHA 2020) or on the Pacific side by a long-lasting drought (Miranda 2021). Socioeconomic conditions were imposed by corporate exploitation, low salaries without social security, internal colonialism by the local elite (González 2003), discrimination of ethnic groups (UNEP 2020), governmental corruption (Transparencia Internacional 2020, 2021), organized crime (De la Rosa 2021), gender violence (Castañeda et al 2020), and unpaid intrafamilial homework for women (GFDRR 2018). All these conditions have generated growing poverty for more than half of the population, where the COVID-19 pandemic has produced cascading impacts that have increased the existing marginality, diseases, and deaths (CEPAL 2021c).

All these interrelated systemic risks have evolved during decades of inefficient and corrupt governments, gender violence (Esquivel 2020), exploitation, discrimination, and unpaid female work inside households. They are further aggravated by climate disasters and COVID-19 outcomes with a lack of an active participation of women in the governance process (CEPAL 2021d). This integrated and interrelated systemic approach may also open opportunities for addressing integrated changes, where precisely the democratic election of President Xiomara Castro in Honduras may promote alternative policies for reducing the CIM and offering dignified livelihood to marginal people in their

home country. This systemic analysis also addresses policies from the bottom-up that may be able to consolidate mitigation and adaptation strategies in a region highly exposed to climate disasters (UNDRR 2019), where women are crucial increasing resilience-building in highly complex conditions (Hochrainer et al. 2020).

3. Mesoamerica is a region with catastrophic climate change impacts

The year 2020 was a very intensive hurricane season from the 1st of June to the 30th of November (Muñoz 2020). Mesoamerica was hit on the Atlantic side by 23 named tropical storms and hurricanes. On September 14, five hurricanes were presented simultaneously at the Atlantic (Paulette, René, Sally, Teddy, and Vicky). Later, two catastrophic hurricanes -Eta (30 of October) and Iota (13 of November)- within a difference of two weeks flooded the whole region and produced multiple landslides (OCHA 2021). The two hurricanes left Honduras with at least 94 dead and the livelihood of almost 4 million people was affected, which could increase the poverty level by 10%, exceeding 70% of the national average. Iota alone caused 26 deaths in Central America and regional governmental dependencies reported in Nicaragua 43,000 damaged houses, where 3.85 million people remained cut off from access to water and food. In Guatemala 1.5 million people were isolated and 32,800 at risk due to the high level of rivers and multiple landslides. Heavy rains and winds in the southern part of Mexico (Tabasco, Chiapas, and Veracruz) have also destroyed 20,000 homes, and the total death toll in Mesoamerican has been estimated over 200 persons (UN Spider 2020). Simultaneously, Mexico and part of Nicaragua on the Pacific side are suffering from a severe drought in 80% of this territory with losses of their basic subsistence food (Gaupp 2020) and an increase in poverty and CIM.

Table 1 compares the crucial economic factors that are obliging people to leave their homes, risking a dangerous trajectory through several countries. When apprehended in the US, they are mostly expelled to the Mexican northern border or repatriated to their home country. In economic terms, whenever Mexico is a bigger country with a greater extension, more people, higher income in GDP, GDP/capita, a more diversified economy, lower inequity (Gini Index), better HDI, and a lower informality, compared with the other three Central American countries. All four countries have high levels of informal labor conditions and during the pandemic, these jobs were almost inexistent, therefore poverty levels have increased in the whole region. Inflation is growing also in the whole region due to the increase in oil and food prices related to the war between Russia and Ukraine. The high poverty index is also the result of the pandemic COVID-19 and the loss of formal and informal jobs.

Within the socioeconomic factors, poverty rate is extremely high in Guatemala and Honduras, including extreme marginality and lack of food for the poorest people. Both countries have also the lowest Human Development Index (HDI, UNDP 2022). Mexico and El Salvador are highly urbanized, while Guatemala and Honduras have still an important rural population working in the fields or as daily laborers. The recent crises and climate disasters have increased the number of female

households in Mesoamerica, related to male migration to cities or to the US, including the intrafamilial violence. The socioeconomic differences also indicate the vulnerability of the four countries to economic shocks, health problems (pandemics), food scarcity, and loss of livelihood and income due to this high informality. Mesoamerica is also the most violent region in the world without a formal war. Poverty, climate disasters, insecurity, lack of human development, and violence are common factors in the region. These interrelated nexuses are forcing people to leave their homes, trying to find better economic and living conditions in the US.

Table 1. Socio-economic and Demographic Indicators

Indicators	Mexico	Guatemala	El Salvador	Honduras
Population million (1)	128.9	17.5812	6.454	9.746
Extension km ² (1)	1,964,375	108,889	21,041	112,492
PIB, million dollars (2)	1,087,117	77,604.60	24,638.00	23,827.90
PIB/capita dollars (2)	8,431	4,331.70	8,359.00	2,405.70
Annual Growth Rate % (2)	5.8	5.4	10	9
Inflation % (2)	7.28	2.89	3.47	4.5
Poverty Rate % (2)	37.4	50.5	30.7	52.2
Extreme Poverty Rate % (2)	9.2	15.4	8.3	20
Urbanization % (2)	79	51.1	72	57.1
HDI (3)	0.779	0.663	0.673	0.634
GINI Index (3)	45.4	48.3	48.3	48.2
Gender Inequality (3)	0.322	0.479	0.383	0.423
Education Year (2)	10.1	6.1	6.9	6.6
Female Household % (2)	28.7	25.1	15	28.1
Informality % (2)	55.8	79	72.2	81
Life Expectancy, Years (3)	75.1	74.3	73.3	75.3

¹ World Bank Statistics 2021

² CEPAL, Statistical Yearbook 2021

³ UNDP, Human Development Index 2021

These climate disaster impacts have produced in Honduras in February 2021 a massive caravan of more than 8,000 forced migrants, tricked partially by criminals who falsely have offered humanitarian visas in the US. These dishonest promises, together with destroyed livelihoods, violence by organized crime, lack of governmental support, and increased poverty, motivated families with children to leave collectively their country (Isacson 2021). Most of these migrants were violently repatriated by the Guatemalan and Mexican guards back to Honduras or are waiting for a US refugee acceptance on the northern border of Mexico. This type of complex emergency explains the survival dilemma that has affected people confronted by natural disasters and political conflicts and violence. “Complex emergencies combine internal conflict with large-scale displacements of people, mass famine or food shortage, and fragile or failing economic, political, and social institutions. Often, complex emergencies are also exacerbated by natural disasters” (WHO 2002). Burkle (2000) insisted that factors such as high levels of violence, internal colonialism, organized crime, catastrophic public health, food emergencies (FAO 2016), extraction of natural resources in

indigenous regions (CEPAL 2020b), and more frequent and severe climate disasters such as floods (UN-Spider 2020) and droughts have obliged the affected people to find internally and outside the country survival alternatives. During migration processes, women and girls are at greater risk, due to sexual violence and human trafficking (UNODC 2020).

4. Climate-induced migration with gender perspective: some conceptual reflections

The conceptualization of CIM has been contradictory and includes different approaches. It deals with complex and interrelated processes that are involving national, social, climate, cultural, family, and economic factors. “Environmental migrants are persons or groups of persons who, for compelling reasons of sudden or progressive changes in the environment that adversely affect their lives or living conditions, are obliged to leave their habitual homes or choose to do so, either temporarily or permanently, and who move either within their country or abroad” (IOM/MC/INF/288 2007: 2). In climate-affected regions, compelling reasons of sudden (hurricanes, landslides, floods) or long-term and progressive changes in natural conditions (drought, loss of soil fertility, bushfire, intrusion of saltwater) have forced people to leave (OECD 2008; IOM 2009; Isacson 2021). This traditional definition of the International Migration Office does not include gender and cultural aspects. Laczko and Agharzam (2009) insisted that climate disasters produce emergency conditions, and Sánchez et al. (2012) introduced the term climate-forced migration. Llain and Hawkins (2020) argued that climate impacts and water scarcity are often destroying precarious livelihoods, obliging people to leave the rural area or their traditional way of life in cities.

Adverse environmental conditions for subsistence peasants and climate impacts have produced hunger, destroyed land fertility, reduced local employment (Oswald et al. 2014), and increased often violence and conflicts. UNHCR (2021) estimated that in 2020, 82.4 million people globally were forcibly displaced by persecution, conflict, violence, human rights violations (HRW 2020), disasters, or disturbing public order events (Arach 2018). Syria, Venezuela, Afghanistan, South Sudan, and Myanmar amounted to 68% of the refugees. Eighty-six percent of these migrants were hosted in developing countries, mostly neighboring states. These official UN data on refugees do not reflect the full amount of migrants and do not include the internal migration or the CIM in Mesoamerica, the Caribbean, Africa, and some Asian countries.

Hunter and Nawrotzki (2016) systematized the complex interaction of CIM with other drivers, such as a lack of disaster support, poverty, inequality, conflicts about water, land grabbing, insecurity, and organized crime (Homer-Dixon 2019). Guerette and Clark (2005) added weak governance. All these factors undermined well-being and livelihood, exacerbating poverty and gender inequality. They increased the environmental and social vulnerability among poor people (Oswald 2020), and have affected particularly biodiverse indigenous regions in Mesoamerica (CEPAL 2020b). Longer droughts may produce social uprisings and increase conflicts, which are transcending often national borders (Bächler 1999). In addition, Kuusipalo (2017) defined a trapped

population as unable to migrate either internally or externally, due to a lack of financial means, political control, transnational organized crime, and abusive local smugglers.

The complexity of CIM covers also different territorial and political arenas, whenever the vast majority occurs within national borders (Schyler et al. 2016). CIM may be rural-rural when people migrate from disaster-prone regions to other rural areas with better environmental conditions. The most common migration within a country is rural-urban, where people hope to improve their precarious livelihood conditions or public insecurity in marginal suburbs of cities. In international migration people across national borders, mostly without documents, hope for better remuneration in foreign countries (Llain and Hawkins 2020). Additional risk factors in CIM are bad governance (Schweizer and Renn 2019), corruption, coercion by smugglers, human traffickers, and transnational organized crime (Abdelhafit 2019). Women and girls are particularly vulnerable to exploitation, sexual violence, human trafficking, coerced survival sex for shelter, food, protection, or for passing the migration control (Leutert 2018). On the transit, internal colonialism (González 2003) and ethnic discrimination increase discrimination and violence against migrants.

To understand the complexity of CIM, Pigué (2010) used multiple methodological tools. He compared the ecological inference of CIM in different geographical areas. He established sample surveys, time series, multilevel analysis, agent-based modeling, and ethnographic studies. The combination of quantitative and qualitative data allowed him to understand the complex reasons for CIM. The UK Governmental Office of Science (2011) has established another conceptual framework that studied not only the dichotomist approach beyond push and pull factors but searched interactions of personal, social, and regional factors, including environmental, political, socio-economic, and demographic factors. Werz and Conley (2012) distinguished between gradual or sudden appearance and territorial or temporal differences in complex crisis scenarios.

In most of these analyses, cultural and gender factors were missing (Arizpe 2015), due that women with small children are often left behind. They have to care in precarious conditions for their children and elderlies (Oswald et al. 2014), which increases their economic burden, especially when they must also pay the fees to smugglers. Sometimes, their partners die during the migration process and these female heads of household are missing the long-awaited remittances. At the micro-level, therefore complex personal, family, and community decisions influence the migration process.

The diaspora families in arriving countries often play a crucial role during CIM. They pay in the US for the illegal transportation, which improves the security for their relatives during the transit, enabling them to cross the militarized borders in Central America, Mexico, and the US. Once the migrants reached the US, they provide different support to newcomers, such as shelter, social security cards, jobs, and personal support in an unknown country with a foreign language. Private charity may also reduce the vulnerability of migrants, especially those coming from disaster-prone locations with environmental and settlement destructions (USAID 2017). Some counties in the US have also local institutions reinforcing human rights and offering resources that allow a peaceful arrival of newcomers. Finally, in the US there are also official programs for the reunification of families offering humanitarian visas and legal stay for CIM.

Light and Miller (2018) argued that right-wing legislators insisted that undocumented migration has increased violent crime in the US. The authors concluded that the migrants are not responsible for the existing insecurity, but that smugglers, human traffickers, drug dealers, gangs (Mara Salvatrucha), organized crime, and the local police, involved in illegal activities, are

responsible for the upcoming violence. Generally, the migrants are victims of these violent criminal activities. The most frequent places where crimes occur such as human trafficking, kidnapping, extortion, robbery, assault, sexual abuse, assassination, and abandonment are railway tracks, trucks, cars, bus stations, roads, off-road ways, highways, private residences, and vacant lots or fields. The inability of the local and national police to control local criminal organizations, gangs, and transnational organized crime indicates corruption and weak governance in all Mesoamerican countries. Often public functionaries are directly involved in illegal activities or protect criminal gangs. Sometimes, local actors collaborate also with international groups involved in human smuggling, extortion, road control, border crossing, and multiple other illegal local activities related to CIM (Leuter 2018).

In synthesis, most authors of the conceptualization of CIM have focused on push factors (disasters, extreme poverty, insecurity, landlessness, loss of harvest, hunger, and unemployment) or pull factors (better environmental conditions, higher salaries, social security, access to education, and health care in the foreign country). They did not take into account the differences between genders and existing vulnerability. Growing complexity in the analyses (Schyler and Herzer 2016; USAID 2017) has linked CIM also to factors of physical and human security, disasters, historical poverty, violence, gender discrimination, human trafficking, and lack of governance in the Mesoamerican region (Schweizer and Renn 2019). The interactions of all these factors have changed the traditional way of migration, the traveling routes, the border controls, the threats related to violence, and the public and personal insecurity. On behalf of these obstacles, increasingly more people are forced to leave their homes due to climate impacts in Mesoamerica (Díaz and Doering 2021). In the US, migration has become one of the most important political issues in Congress, where a legalization proposal for undocumented and long-term workers was blocked by the Republican party.

Additional pull factors of CIM are the abysmal socio-economic differences in salaries between the US and Mesoamerica. The federally mandated minimum wage in the US has increased in 2021 from \$7.25 to \$15 per hour. Along the Northern Free Zone border of Mexico, in 2022 the minimum wage raised to 260.34 pesos (\$12.70 USD) for 8 hours of work and 172.87 pesos (8.43USD) in the rest of the country. Whenever the purchase power parity in December 2021 in Mexico is 9.5 LCU compared with the international dollar, the increase of the minimal salary in the US has become a powerful pull factor. The remittances in 2021, which have increased in Mexico to 52.743 billion dollars, only behind China and India (Bank of Mexico 2021) are reaching the poorest regions of Mexico, often indigenous mountains. Similar conditions exist in Central America, and remittances have become a decisive factor for undocumented migration, despite the dangers and increasing costs of CIM (Guerette and Clark 2005).

Besides the economic benefits, the increase in climate disasters, loss of water and fertile soils, and the lack of governmental disaster management or disaster risk reduction activities in Mesoamerica are additional reasons for leaving highly impacted regions (Toscano 2017). Other motives are the lack of environmental restoration processes, where several smaller climate impacts, stronger hurricanes, and more frequent droughts are pushing people out of their homes. Most of these migration processes became dangerous in Central America and Mexico and transnational

organized crime is increasingly responsible for smuggling people to the US. Migrants are kidnapped, abandoned in dangerous regions, and suffer during the transportation. However, this illegal transportation means one of the most frequent options for crossing the whole Mesoamerican region. Hundreds of people and children are packed in very limited spaces in trailers or containers, where they lack air conditioning, aeration, and sanitary facilities. In 2021, 821 Mesoamerican migrants have died in these illegal facilities (Government of Mexico 2021). Climate conditions are also harsh during the trajectory: in the Southeast of Mexico the weather is hot and wet and along the Northern border it is often cold and windy, but can be also extremely hot. The costs charged by these illegal networks have dramatically increased and amounted in 2022 between 8,000 to 12,000 dollars for each migrant. The Mexican Foreign Minister Ebrard estimated on TV in December 2021 that the illegal transportation of migrants has become a lucrative business of 14 billion dollars per year, primarily managed by transnational organized cartels.

5. An organized caravan walking through Mesoamerica to the US

Given the increasingly more difficult conditions to reach the US and the rising costs for poor people, in November 2021, a caravan with more than 4,000 refugees left Honduras. They increased their number in El Salvador and Guatemala, trying collectively to avoid governmental repression and organized crime (Prieto 2021). This specific caravan included numerous women, children traveling alone, handicapped, and families with small children. The migrants fought first in Guatemala to cross the border, and later they were confronted by the National Guard at the Mexican southern border (WOLA 2021). After several clashes with migration authorities, the members of the caravan decided to walk collectively the remaining 954 km to Mexico City, calling publicly for human rights for asylum-seekers and care about vulnerable CIM. During their walk, most migrants have suffered from the existing extreme weather conditions. Children got sick, men and women were dehydrated, and all had blisters on their feet, thus their advance was slow. Truck drivers were threatened by the National Guards and were unable to give a lift to the migrants in the caravan (Santibañez 2021).

Participants who required medical attention also faced clashes with the Mexican authorities, since they lacked official documents for crossing the country. After a month, especially women with sick family members left the caravan and accepted the legalization offer of the National Migration authorities to stay in Mexico (personal information). The remaining group continued the march and on 12 December 2021, about 400 migrants arrived in Mexico City –one-tenth of the original caravan. After a clash with the local police, they went directly to the sanctuary of the Virgin Guadalupe to thank her for the support obtained from Mexicans during their march. In the pilgrim facilities, they received also shelter, medical treatment, water, and food (Srigiri and Dombrowsky 2022). Most of them continued later their march to the US border. This caravan has received national and international press for their heroic walk despite their difficult migration conditions, the hard climate conditions, and the repression of the migrant authorities.

6. Gender perspective, caravans, and CIM

In this Honduran caravan, women played a crucial role and were powerful agents of change and emotional support for everybody. They have motivated their children and often also their partners to continue the march (personal information). They participated actively in the collective fights against the blockades of the National Guard. In TV and radio, they also indicate how climate impacts have differently affected the assets of women and men. Goh (2021) explained that climate disasters and loss of agricultural subsistence were pushing factors to leave their homes. Women were basically in charge of the basic food production in small orchards or raising domestic animals in the barnyard (IPCC 2019). Extreme weather events, but also frequent small disasters and longer droughts have destroyed systematically their family subsistence (FAO 2018), and hunger with food scarcity has often increased intrafamilial violence (Esquivel 2020), but also damaged the health of family members, especially of small children (Clemens and Cough 2018).

Climate-related disasters and financial and educational gender gaps represent additional burdens for women (Bennet 2006). During extreme events, their lack of training has killed more women and girls than men and boys, both directly during a disaster and indirectly due to a lack of support in post-catastrophe conditions (Neumayer and Plümper 2007). The Red Cross, military, and governmental agencies still manage most climate disasters with technical fixes, lacking knowledge of cultural, social, and economic factors that are increasingly specific vulnerability along gender lines. Often, the allocation of relief support has discriminated against women, especially when they are heads of households (Yonder et al. 2015). Androgenic top-down adaptation, resilience, and mitigation policies have further limited gender mainstreaming, their recognition, and women's empowerment (Alston 2014). There is also a serious lack of research into the many interrelated gender dimensions during climate disasters (MacGregor 2010). The available research on gender-sensitive analyses was carried out generally by female scientists (Neumayer and Plümper 2007), environmentally committed scientists (Imaz et al. 2014), and development researchers working for the UN and non-governmental organizations (GFDRR 2018). An additional factor affecting more women and their livelihood in rural areas is the lack of diversification in subsistence crops (Yu et al. 2012), creating climate-sensitive resource dependency and lack of food (WPF (2020). Trung (2013) explained how the dependency on climate migration and gender impacts due to loss of harvests and food scarcity in Vietnam, has pushed entire villages to leave.

In the Mesoamerican region, additional gender problems exist. It is the most violent region in the world without war. El Salvador is highly insecure with 62 homicides per 100,000 inhabitants (first), followed by Honduras with 42 homicides (fifth), Mexico with 29 homicides (fourteenth), and Guatemala with 26 homicides per 100,000 inhabitants (sixteenth place worldwide; WB 2021). This violence has multiple causes: poverty, intrafamilial conflicts, gender violence, femicide, cultivation of narcotic plants, exploitation of the labor force, and extortion. Trafficking of migrants, drugs, women, girls, human organs, archaeological artifacts, and exotic plants or animals (Yup 2021) are additional threats of insecurity. The national bourgeoisie has further increased this structural and physical violence. These rich people have discriminated against lower classes, reinforcing their cultural contempt against indigenous and poor conational, called by González (2003) internal colonialism.

This bourgeoisie has consolidated its economic status and political power with the exploitation of indigenous people, corruption, money laundering³, capital flight, and speculation in tax havens (UNODC 2021:1). Their macho behavior also includes the exploitation of women and girls, land grabbing, and corruption often in alliance with national authorities (Transparencia Internacional 2021), maintaining the inequality and exploitation at all levels, but also reinforcing their power position (Prieto 2021). Recognition of exploitation or unpaid labor of women is denied and taken as normal due to their androgenic behavior. Finally, COVID-19 has further enlarged the people at risk (CEPAL 2020a), and during the lockdown femicide and intrafamilial violence have increased four times in the region (INEGI 2021).

In Mesoamerica, a serious problem related to CIM is human trafficking. After economic recession and disasters, victims are targeted locally (UNODC 2020). In Central America, 79% of the detained were girls and women. Children alone account for about one-third of the detected victims of trafficking. Ninety-one percent of these trafficked women were sent to the US, and 81% for sexual exploitation. During the last five years, the share of kidnapped girls has increased by 40% among the detected victims, related to climate disasters, pandemics, and economic recession (CEPAL 2021c). The militarization of the southern border of Mexico with guards coming from different regions has also increased prostitution. Facing the increasing controls of the National Guard at the border, the migratory vortex is changing from the American dream to a safe job in Mexico, especially in the regions, where new megaprojects are requiring labor (Camargo and Prieto 2021). Thus, an increasing number of undocumented migrants are applying for humanitarian visas and working permits in Mexico.

Consequently, the Mesoamerican migrant history reflects complex factors: people are fleeing extreme climate disasters, poverty, land grabbing, lack of governmental support, violence, extortion, threats of death, and forced recruitment of their children by gangs or transnational criminal organizations. Push factors for migration are interconnecting all these adverse factors, where social, economic, family, and cultural aspects interrelate and reinforce negatively the life of women and girls (Isacson 2021; Belot and Ederveen 2012). As the composition of the Honduran caravan indicates, women and children, exposed to extremely adverse conditions in their homeland, were able to support hundreds of kilometers of the walk, for achieving better living conditions and a future for their impoverished and threatened families or children. However, the increasing militarization along both Mexican borders (REDODEM 2020), inhuman policies against migrants, gender discrimination with lack of autonomy (CEPAL 2021b), and political pressure from local citizens, have induced the governments of the US, Mexico, and Guatemala to increase the repression against these migrants (Prieto 2021). On the other side, climate disasters and loss of survival conditions are forcing increasing numbers of refugees to leave, and sometimes they are joining migrant caravans. These CIM hope to find a better life outside their countries. Accompanied by other members of the caravan, women, and girls are less at risk from governmental authorities, the military, criminal organizations, and human traffickers (personal information of female participants in the caravan).

The dominant literature on vulnerability and adaptation does not focus on the complexity of CIM. Kavya et al. (2019) criticized the dominant literature on gender and climate change. Generally,

³ "The estimated amount of money laundered globally in one year is 2 to 5% of the global GDP, or \$800 billion - \$2 trillion in current US dollars. Due to the clandestine nature of money-laundering, it is however difficult to estimate the total amount of money that goes through the laundering cycle", <https://www.unodc.org/unodc/en/money-laundering/overview.html>.

they missed in their public policies of adaptation gender equity, climate justice, and training for women in complex adverse climate conditions. Integrated disaster management with a gender perspective may also enable women and girls to participate in their hometown in multiple activities, such as renewable energy, organic agriculture, and reforestation to increase climate resilience (Ciccotti et al. 2020). Fraser (1998) proposed a second type of social justice, claiming recognition of women, where the assimilation of dominant cultural norms goes beyond the respect for equity. While the inequity and redistribution paradigm may produce conflicts (Fraser 2008) and envy, the recognition addresses the complex relationships between genders, class, status, economy, and culture in the existing diverse social contexts. “When these androcentric norms are institutionalized, women suffer gender-specific status injuries, including sexual assault and domestic violence; objectifying and demeaning stereotypical depictions in the media; harassment and disparagement in everyday life; and exclusion or marginalization in public spheres and deliberative bodies. These harms are injustices of misrecognition” (Fraser 1998: 2), nearly independent of the dominant political economy and the existing development programs.

Therefore, alternative gender recognition requires additional policies for every woman and girl. This postulation does not mean that economic inequity among women is underestimated by Gini Index (WB 2016). Besides a policy for equal salaries and working conditions, recognition implies parity in political and social participation, and empowerment by overcoming the historical dominant devaluation of the feminine culture, enabling simultaneously the economic, social, cultural, and political equity with parity governance (CEPAL 2021d).

7. Changes in migration patterns and militarized borders

For four decades, mostly single men have migrated without documents from Mesoamerica to the US. Since the year 2000, more women are leaving and found jobs in the service sector in North America. Since the terrorist attacks of September 11, 2001, national security policies have justified the enforcement measures against illegal immigrants and the militarization of the Mexican-US border. Alden (2010) claimed that the outcomes of these policy measures have rather undermined US national security than enhanced it. Additional legal changes and the construction of the wall during the Trump Administration have reinforced border controls that were justified as national security issues by the US executive. During the Trump government, the US Border Patrol had also increased deportations, separating even family members, and expelling children alone to the dangerous Mexican side, thousands of kilometers away from the deportation of their parents. The Biden administration tried to revert this inhuman behavior, but in November 2021, a US federal judge requested to return again non-Mexican asylum-seekers to their Southern border, in line with Trumps’ policies and Title 42 March 2020 public health order or the Migrant Protection Protocol (MPP). Gramlich (2021) insisted that the number of ‘encounters’ in July 2021 represents the major wave of migration at the US-Mexico border.

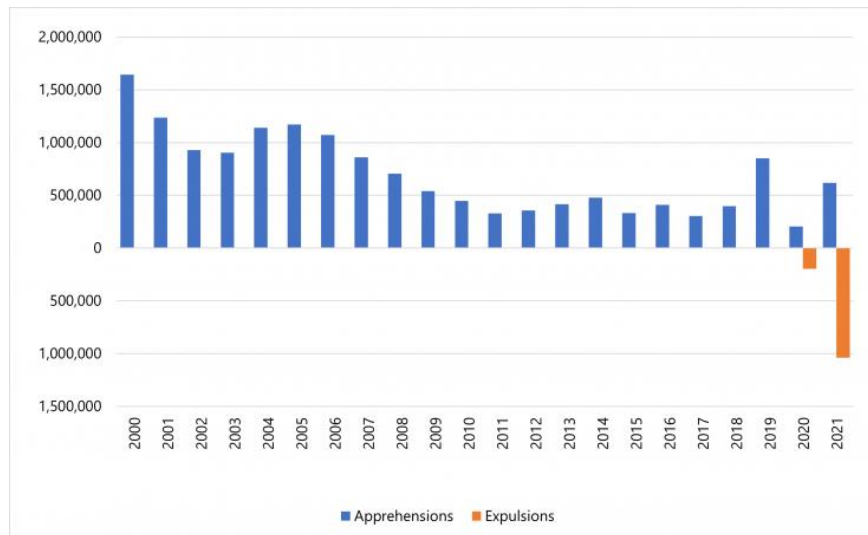


Figure 2. South West Border Apprehensions and Expulsion.

Source: Border Patrol 2022⁴

Most of the undocumented migrants were expelled to Mexico (Figure 2) increasing the insecurity on its northern border. Border Patrol estimated that during 2020, due to the pandemic, poverty, and climate disasters in Mesoamerica, 2.1 million people have tried to reach the US, representing about 42% of the apprehensions. In 2021, 1.66 million tried to cross the border and when including ports, there are 1.73 million people, mostly single male persons, who tried to cross the US border without documents. The increasing level of expulsions in 2022 is affecting seriously Mexico and the support from the US is very limited, thus increasing the existing conflicts and the living costs at the border. Most of these migrants wait for months an acceptance as refugees, but the high number of migrants makes this process very slow.

The United Nations High Commissioner for Refugees (UNHCR) called on Mexico from March 2020 to support children, adolescents, and women crossing alone the country. Mexico has accepted 2020, 41,329 asylum petitions, and in November 2021 additional 108,195 Central Americans applied for this legal status. The World Bank Report (Clement et al. 2021) estimated that in 2050 17 million climate refugees may come only from Latin America searching for better living conditions in the US. As indicated above, the US returned in December 2021 Non-Mexicans over their southern border. The legal obligation to wait for several months for asylum permission in Mexico as a ‘third safe country’ in highly precarious conditions, together with the violence in the refugee camps along this border region had also changed the composition of the migrants.

This border region has the highest crime rate and violence due to the presence of transnational organized crime. The highest rate of femicide is in Ciudad Juarez, where 132 women were assassinated in 2021 (data from Red Mesa de Mujeres, a local NGO). Therefore, living alone on the northern border of Mexico is especially threatening for women and girls, while the Mexican government is unable to grant security and decent living conditions to all these migrants. In the context of greater control of organized crime, massacres of migrants have occurred in several other states of Mexico. On April 6, 2011, 193 people were found in clandestine graves in the municipality

⁴ <https://www.cbp.gov/newsroom/stats/southwest-land-border-encounters>

of San Fernando, in the state of Tamaulipas (Hernández 2021). Not all is insecurity on this northern border. The region also offers opportunities for jobs in the assembly industry. Expelled migrants can cross several times to the US at the risk of being immediately returned to Mexico.

At the US border, in numeric terms 45% of the detained migrants in 2021 came from El Salvador, Honduras, and Guatemala; 29% from Mexico, and 26% from other countries (Gramlich 2021). These changes within two years of the demographic composition of undocumented migrants are the result of new complexities in the migration process, where the increase in poverty due to COVID-19 and climate disasters have economically destroyed multiple livelihoods in Mesoamerica. CEPAL (2022) estimated that two decades of development were lost during 2020-2022 in this region of Mesoamerica because of climate impacts and pandemics.

Looking at recent data in 2021-2022, the US Border Patrol reported nearly 200,000 deported undocumented migrants along the US-Mexico border only in July 2021, the highest monthly total in more than two decades (Bolter 2021). Title 42 of US migrant law allows the judges to immediately expel 43% of these migrants to Mexico. During the final months of the Trump administration, about 80% of these asylum-seekers were returned as non-Mexicans across the border (Gramlich 2021). The detained migrants in the US were confined in inhuman metal cages on the US border without access to vaccines, producing a high death toll. Only during the Biden administration, these migrants were vaccinated, protecting also the officials of the Border Patrol from a potential infection. "While from May 2019 to July 2021 families traveling together were reduced from 64% to 38%, single minor children continue to represent 9% of the migrants" (US Customs and Border Protection, July 2021, cited by Gramlich 2021: 4). This statistically relevant reduction of family migrants can be partially explained by the awareness of the dangers of illegal crossing, pandemics, and criminal cartels.

In the case of poor CIM without relatives in the US and lack of money, the cartels oblige them to work for them (drug trafficking, prostitution, etc.) or to give a kidney instead of the payment. Without any doubt, CIM got converted into highly dangerous because of migrant authorities, transnational organized crime, inhuman conditions in illegal trailers, and a lack of approval of the proposed migration law in the US, which could resolve the lack of labor force in that country and organize a legal migration process from Mesoamerica.

8. Conclusion of CIM with gender equity and economy of care

Analyzing systemic risks in CIM with an interdisciplinary nexus approach and the integration of climate, economic, social, cultural, gender, environmental, and political factors at the local, regional, national, and international levels, migration is a highly complex phenomenon. The opportunity of leaving connects at the international level with diaspora, legal framework, and the pressure on transit countries to the US. It involves a regional policy of the National Guard and the Institute of Migration in Mexico, and at the local level socio-economic, gender violence, family or community decisions, where destroyed livelihood by extreme climate events, and insecurity in Mesoamerica push people to leave. Organized transnational crimes got involved migrant trafficking, extortion, and kidnapping. Caravans, the diaspora, the economic possibility of a migrant family, internet connections for safer migration tools, and migrant policies in Mesoamerica and the US have changed

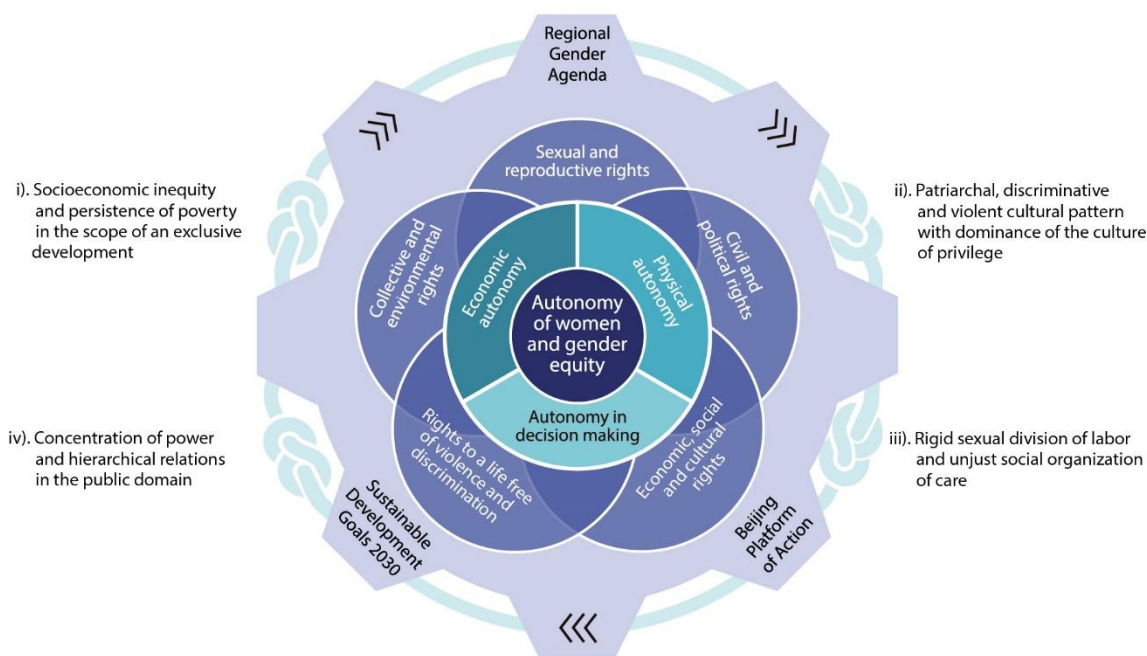
the traditional way toward the 'American Dream', where the organized transnational crime is creating an additional threat.

Whenever these interrelated factors may pressure for CIM, these complexities are also producing systemic risks. Confronted with extreme economic crisis situations and often a survival dilemma due to the destruction of climate impacts, individuals, families, and children alone have pushed people to undertake the dangerous migration path to the US, crossing several militarized borders. The rising costs for illegal transportation through controlled borders have promoted caravans, where also the most vulnerable -women, girls, small children, elderly, and handicapped- found a way to pass through Central America and Mexico. Extreme poverty and lack of job opportunities are additional push factors for leaving. Confronted with losses of houses, assets, wellbeing, money, and overpopulated or inexistent official refugee camps in Mesoamerica, for multiple families in dramatic economic conditions, CIM represents the sole survival alternative, especially when criminal gangs are threatening their life or want forcibly to recruit their children. As indicated in the article, CIM has different impacts on women and men, where especially girls are higher exposed to trafficking and sexual violence (UNODC, 2021). Collective walks have also revealed the women's ability to withstand adverse weather conditions and confrontations with the military at the borders. They were able to integrate the members of the caravan and reduce the rejection from the local Mexican population.

The recent catastrophic climate and economic disasters in Mesoamerica have affected more seriously vulnerable people who were unemployed or informally working. With the loss of jobs and income during the COVID-19 confinement and later several severe climate impacts, their capacity of survival was destroyed. In these systemic adverse environmental, social, and economic conditions emerged questions about how to reduce migration from Mesoamerica, increase the safety at home for everybody and avoid the dangers of a CIM? The first alternative proposed is to review and reframe complex, interrelated and unpredictable risks. As top-down policies have failed in Mesoamerica, there exists the possibility of bottom-up approach. Resilience-building with a gender perspective and reinforcement of climate mitigation at home is the best alternative policy to reduce the existing dual vulnerability (Oswald 2014). Different recognition of women in disaster organizations and governments includes also greater female participation, training in preventive actions, resilience-building during an extreme event, governmental financial support during the crisis, an economy of care (CEPAL 2022) in refugee camps, and in marginal living conditions. Economic support alone is unable to overcome the precarious financial conditions and only an active involvement during the reconstruction process of all social and ethnic groups may overcome the critical conditions. An integrated approach to prevention, disaster and reconstruction management may reduce corruption and the higher death tolls of women and girls during a disaster (Ariyabandu and Fonseka 2009). Recognition of women empowers them to become constructive and creative participants in preventive disaster risk management. Integrating men and women, youth, and old people may also reduce internal colonialism (González 2003), economic precarity, and gender-based violence.

CEPAL (2021a) proposed an economy of care able to reduce the adverse interrelations of lack of income, poverty, CIM, and gender violence. A key element is autonomy and equity of women, which are reinforcing the physical, economic, and political participation of women and girls, thus increasing the output of the local economy. Cultural patterns of patriarchal, violent, and discriminative behaviors have not only covert the environmental destruction of corporate enterprises (mining) and

the local bourgeoisie (cattle raising), but have also limited legal changes in civil and political participation, social and economic rights for minorities with a life free of violence. This integrated approach includes sexual and reproductive rights for all gender groups and environmental preventive protection for the affected regions. All these changes are proposed by the Platform of Action of Beijing, the Agenda 2030 of the Sustainable Development Goals, and the Convention of *Belém do Pará*, fighting all forms of discrimination against women, men, and indigenous people. Only an integrated approach, taking into account the systemic nexus among sectors and levels of actions may reinforce the economic empowerment of vulnerable people, and contains patriarchal cultural discrimination and physical violence. When in the most remote region, the whole society is committed and promotes a culture and economy of care with peace, the ingrained discrimination, low payment of salaries and discrimination is changing for an alternative development for everybody (Collin 2021). The challenges of poverty and CIM are complex and often contradictory. CEPAL (2021d: 2) insisted that simultaneously governments and society must dismantle the concentration of power, governmental corruption, insecurity, organized crime, socioeconomic inequality, exploitation of vulnerable, favoritism of local bourgeoisie, and rigid sexual division of work, where unpaid care activities are basically performed by women.



Graph 1. Care Economy.
 Source: CEPAL 2021a:

A care economy is an alternative approach to the traditional male Build trust through coherent decision-making and reliable information, economic analysis, focusing on gender empowerment, equity, and self-reliant subsistence agriculture. Since three years ago, CEPAL (2021a) has insisted that GDP could rise 6.93% in 2030 with a full involvement and equity of women in labor

and social protection. With an annual increase of 1% in female labor and salaries, the increase in GDP in 2030 could increase by 2.14%. Nevertheless, multiple economic approaches do not take into account this crucial understanding of autonomy and gender equity, where physical, decision making, and economic autonomy could increase the rights for collective, environmental, civil, political, sexual, reproductive, and a life without violence and discrimination. Without any doubt, the outcome of gender empowerment during the marches in caravans has indicated that once women are repatriated to their home countries, they start to undertake economic activities to overcome poverty, discrimination, and violence, improving the economic wellbeing of their families with microbusiness and subsistence crops.

To mitigate CIM, economic marginality, and climate disasters, an integrated framework in Mesoamerica implies legal, political, cultural, and economic transformations. This integrated economic management offers CIM and vulnerable people new possibilities to explore coherent programmatic agenda without leaving nobody behind (UNEP-ODS 2015). This approach integrates gender recognition and socioeconomic equity both through processes of empowerment from the bottom-up and a top-down policy of equity in salaries and working conditions. This policy would also reinforce the cultural recognition of the female part in women and men (Reardon and Snauwaert 2015; Reardon and Jenkins 2007) within a multicultural approach (Arizpe 2015), and a sustainable care of ecosystems (IPBES 2018). In synthesis, economic improvement and climate adaptation with gender empowerment may gradually consolidate a culture and economy of recognition with an economy of care for everybody (CEPAL 2021a). It includes also mitigation activities to limit climate change impacts as an additional adaptation strategy (IPCC 2021). The recovery of damaged ecosystems is part of the mitigation (Lovelock 2003) in a region highly exposed to extreme weather events (Moreno et al. 2020) and an economy rooted in collective wellbeing may reduce the risks of CIM.

The second reflection is related to the conditions of violence during the migration process, the control of the transnational organized crime, and the threats of militarized borders. America has lost during the COVID-19 pandemic hundreds of thousands of workers, before general vaccinations were available. Further, the investment in infrastructure from the Biden administration requires additional labor force, so a transparent system of temporal visas could order the undocumented migratory flow. On the Mesoamerican side, there are plenty of trained and untrained workers and climate disaster migrants without survival conditions at home could find a new livelihood in the US. The increase of the minimum salaries offers an additional input to save money and send remittances to the needed and affected families in Mesoamerica. However, the present blockage in the US Congress by the Republican representatives to vote for a regulated migration process is affecting the economy in both regions. Lack of labor force in the US and missing job opportunities in Mesoamerica, stronger climate impacts, destruction of the local environment (landslides, sea-level rise), and migrants who have lost all their assets during disasters could prevent conflicts and create opportunities for both regions. Limiting the humiliation and dangers of CIM, promoting regional development in Mesoamerica, and training everybody in disaster risk management and care economy with gender recognition could reinforce both mitigation and adaptation to climate change.

IPCC (2021) indicates that in the future, even more, serious disasters will challenge Mesoamerican people and the migrant policy in the US. Precisely North America is the country that has the highest economic losses from disaster (SwissRe 2021). Reducing the existing dangers in the

CIM process may also limit potential upraises and regional conflicts, where land reforms and different economic management may challenge the dominant bourgeoisie and economic policy. The political change in Honduras with a female president and their concerns of the structural problems in her country may open the way for an economy of care. It may facilitate an integrated development process in a region extremely exposed to climate change impacts (IPCC 2022).

Non-action will increase the systemic risks of overcoming economic misery, preventive anticipatory disaster management, local and national conflict governance, livelihood for vulnerable people, and the related complex and unpredictable outcomes of climate change (Simpson et al. 2021). The International Risk Governance Center (IRGC) explored a co-development of management (Trump et al. 2018). The IRGC proposed seven integrated steps to reinforce systemic economic and governance processes by defining boundaries and scenarios of potential transitions, the determination of tolerable risks, and the involvement of all stakeholders in proposing co-development strategies, where critical shifts in the complex interaction should promote a participative way of sustainable economic improvement and adaption strategies that enable everybody to deal with complex risks management and maintain the threats at an acceptable level of livelihood for all involved people (Sillman et al. 2022). Climate change impacts with CIM in Mesoamerica and the US policy of migration are complex and its negative impacts are growing. Nevertheless, they are affecting above all the most vulnerable people, including migrant women and girls. Only a collaborative systemic approach including all nexus relations within a risk analysis and trust-building at the local level may limit CIM and maintain the often precarious livelihood of poor people, where gender and cultural recognition complements the systemic approach of risk governance.

References

- [1] Abeldaño Zúñiga, R., González Villoria, R. (2018). Desastres en México de 1900 a 2016: Patrones de ocurrencia, población afectada y daños económicos. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 42(e55), 1-8. doi:10.26633/RPSP.2018.55.
- [2] Abdelhafit, Dib (2019). *The links between illegal migration and organized crime*, Berlin: Dialogue of Civilizations Research Institute.
- [3] ACNUR (2021). *Las solicitudes de asilo en México baten su récord en marzo*, ACNUR: Mexico City.
- [4] Albiac Murillo, M. D. (2019). El éxodo centroamericano. *Boletín del Instituto Español de Estudios Estratégicos*, 10, pp. 1-18.
- [5] Alden, E. (2010). National Security and US Immigration Policy. *J of International and Comprehensive Law*, 1(1), pp. 19-30.
- [6] Alston, Margaret (2014). Gender mainstreaming and climate change. *Women's Studies International Forum*, 47(part B), pp. 287-294, <https://doi.org/10.1016/j.wsif.2013.01.016>.
- [7] Andrade Valdivia, Aarón (2021). ¿Cómo se construye el terror socialnarco-estatal en México? (2010-2014). *Revista Latinoamericana, Estudios de la Paz y el Conflicto*, 2(3), pp. 114-130, <https://doi.org/10.5377/rlpc.v2i3.10443>.
- [8] Annan, Kofi (2005). *In larger Freedom: Towards Security, Development and Human Rights for All*. Report of the Secretary General for Decision by Head of States and Governments, New York: UNGA.

- [9] Arach, O. (2018). Like an 'Army in Enemy Territory. Epistemic Violence in Megaextractivist Expansion. In Ú. Oswald Spring & S. E. Serrano Oswald (eds.). *Risks, Violence, Security and Peace in Latin America*, Cham: Springer International, pp. 101-112, https://doi.org/10.1007/978-3-319-73808-6_7.
- [10] Argueta, Lorena (2017). *Reconceptualización de la violencia en el triángulo norte. Abordaje de la seguridad en los países del norte de Centroamérica desde una visión democrática*, San Salvador: Böll Foundation, <https://doi.org/10.18359/ries.3595>.
- [11] Ariyabandu, Madhavi M., Dilrukshi Fonseka (2009). Do Disasters Discriminate? A Human Security Analysis of the Tsunami Impacts in India, Sri Lanka and Kashmir Earthquake, in Brauch et al. (eds.), *Facing Global Environmental Change*, Berlin: Springer, pp. 1223-1236.
- [12] Arizpe, Lourdes (2015). *Vivir para crear historia. Antología de estudios sobre desarrollo, migración, género e indígenas. Mexico City: CRIM-UNAM/M.A. Porrúa*.
- [13] Aven, T. and Renn, O. (2020). Some foundational issues related to risk governance and different types of risks, *Journal of Risk Research*, 23, doi:10.1080/13669877.2019.1569099.
- [14] Bächler, Günter (1999). Environmental Degradation and Violent Conflict: Hypotheses, Research Agenda and Theory Building, in Mohamed Suliman (ed.), *Ecology, Policy and Violent Conflict*, Zed, London, pp. 76-112.
- [15] Bank of Mexico (2021). Remittances, <https://www.banico.org.mx>.
- [16] BCIE (2020). *Central America in Figures*. Tegucigalpa: BCIE, https://www.bcie.org/fileadmin/bcie/espanol/archivos/novedades/publicaciones/informe_de_coyuntura/Report_Central_America_in_Figures.pdf.
- [17] Belot, Michèle and Sjef Ederveen (2012). Cultural barriers in migration between OECD countries. *Journal of Population Economics*, 25(3), pp. 1077-110, <https://doi.org/10.1007/s00148-011-0356-x>.
- [18] Bennett, Judith M. (2006). *History Matters: Patriarchy and the Challenge of Feminism*. Philadelphia: University of Pennsylvania Press, <https://doi.org/10.1086/520373>.
- [19] Bolter, Jessica (2021). It Is Too Simple to Call 2021 a Record Year for Migration at the U.S.-Mexico Border, *migrationpolicy.org*, <https://www.migrationpolicy.org>.
- [20] Border Patrol (2022). CBP Releases Operational Fiscal Year 2021 Statistics. <https://www.cbp.gov/newsroom/national-media-release/cbp-releases-operational-fiscal-year-2021-statistics>.
- [21] Border Patrol (2022). U.S. Border Patrol Southwest Border Encounters between Ports of Entry Resulting in Apprehensions or Expulsions, FYs 2000-21, <https://www.cbp.gov/newsroom/stats/southwest-land-border-encounters>
- [22] Bolter, Jessica (2022). It is too Simple to Call 2021 a Record Year for Migration at the U.S.-Mexico Border, Jessica Bolter, <https://www.migrationpolicy.org/print/17228>.
- [23] Bradshaw, S. and B. Linneker (2009). Gender perspectives on disaster reconstruction in Nicaragua: reconstructing roles and relations? in E. Enarson, P. G. Dhar Chakrabarti (Eds.). *Women, gender and disaster: global issues and initiatives*. Sage: New York, pp. 75-88, <https://doi.org/10.4135/9788132108078.n6>.
- [24] Burbano Muñoz, Nathaly, Malely Linares Sánchez and Fabiola Nava León (2018). Socio-environmental Risks and Conflicts in Colombia and Mexico, in Oswald and Serrano (eds.), *Risks, Violence, Security and Peace in Latin America*, Cham: Springer, pp. 113-127, https://doi.org/10.1007/978-3-319-73808-6_8.
- [25] Burkle Frederik (2000). Lessons learned from and future expectations of complex emergencies. *West J. Med.*, 172 (1), p. 34, <https://doi.org/10.1136/ewjm.172.1.33>.
- [26] Camargo Martínez, Abbdel and Sergio Prieto Díaz (2021). *Borders of the Southern Border. Between territorial (re) organization and human (re) distribution*. Mexico City: Universidad Nacional Autónoma de México
- [27] Carrasco González, G. (2013). La migración centroamericana en su tránsito por México hacia los Estados Unidos. *Alegatos*, 83 (January-April), pp. 170-194, <https://doi.org/10.35533/od.1028.vlr>.
- [28] Castañeda-Camey, I., Sabater, L., Owren, C., Boyer, A.E. (2020). *Gender-based violence and environment linkages: The violence of inequality*. Gland: IUCN, <https://doi.org/10.2305/iucn.ch.2020.03.en>.

-
- [29] CBD (2009). *Connecting Biodiversity and Climate Change Mitigation and Adaptation: Report of the Second Ad Hoc Technical Expert Group on Biodiversity and Climate Change*. Montreal: Secretariat of the Convention on Biological Diversity.
- [30] Central America Regional Climate Change Project (2018). *USAID Fact Sheet*, https://www.usaid.gov/sites/default/files/documents/1862/Fact_Sheet_Central_America_Regional_Climate_Change_Project.pdf
- [31] CEPAL (2019). *Nudos críticos del desarrollo social inclusivo en América Latina y el Caribe: antecedentes para una agenda regional*. CEPAL: Santiago, <https://doi.org/10.18356/9e6da306-es>.
- [32] CEPAL (2020a). *América Latina: Más de 28 millones de personas entrarían en situación de pobreza este año por el COVID-19*. CEPAL, Santiago, <https://doi.org/10.18356/9789210054201>.
- [33] CEPAL (2020b). *Los pueblos indígenas de América Latina–Abya Yala y la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. CEPAL: Santiago, <https://doi.org/10.18356/fd19fa3d-es>.
- [34] CEPAL (2021a). *Economía del Cuidado*. CEPAL: Santiago.
- [35] CEPAL (2021b). *La autonomía económica de las mujeres en la recuperación sostenible y con igualdad*. CEPAL, Santiago, <https://doi.org/10.18356/9789214030737>.
- [36] CEPAL (2021c). *El impacto social de la pandemia en América Latina*. Santiago: CEPAL.
- [37] CEPAL (2021d). *Implicaciones de los roles de género en la gobernanza de los recursos naturales en América Latina y el Caribe*. Santiago: CEPAL, <https://doi.org/10.18356/bda3bcbb-es>.
- [38] CEPAL (2022). Database. Santiago: CEPAL, CEPAL-ECLAT. Database, <https://estadisticas.cepal.org/cepalstat/Portada.html>, 2021.
- [39] Ciccotti, Larissa et al (2020). Building indicators of community resilience to
- [40] disasters in Brazil: a participatory approach, *Ambiente & Sociedade*, São Paulo, 23, e01231, <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc20180123r1vu202011ao>.
- [41] Clement, Michael and Kate Gough (2018). *Child Migration from Central America*. Center for Global Development.
- [42] Clement, Viviane, Kanta Kumari Rigaud, Alex de Sherbinin, Bryan Jones, Susana Adamo, Jacob Schewe, Nian Sadiq and Elham Shabahat (2021). *Groundswell Part 2: Acting on Internal Climate Migration*. Washington: The World Bank, <https://doi.org/10.1596/36248>.
- [43] Climate Risk Profile Mexico (2017). *USAID Fact Sheet*, https://www.climatelinks.org/sites/default/files/asset/document/2017_USAID_Climate%20Change%20Risk%20Profile_Mexico.pdf.
- [44] CNDH (2018). *Los desafíos de la migración y los albergues como oasis. Encuesta nacional de personas migrantes en tránsito por México*. Mexico City: CNDH/IIJ-UNAM, <https://doi.org/10.29092/uacm.v16i41.730>.
- [45] Collin, Laura (2020) “Economía local y diversa, una opción resiliente, sustentable de trabajo digno, en: Oswald et al. (Coords.). *Transformando al mundo y a México*. Cuernavaca: CRIM-UNAM, 117-140.
- [46] De la Rosa Rodríguez, P.I. (2021). Violencia contra migrantes: escenario común tras la guerra contra el crimen organizado en México, *Revista del Instituto de Ciencias Jurídicas de Puebla*, 15(47), <https://revistaius.com/index.php/ius/article/view/656/747>.
- [47] Díaz Arias, David y Ronny Viales Hurtado (2020). Centroamérica: neoliberalismo y COVID-19. *Geopolítica(s) Revista de estudios sobre espacio y poder*. ISSN: 2172-3958.
- [48] Díaz de León, A. y J. Doering-White (2021). Crisis climática y migración centroamericana, *Nexos* 22 (September), <https://doi.org/10.5209/geop.69017>.
- [49] Dowd, Rebecca (2008). Trapped in transit: the plight and human rights of stranded migrants. *Research Paper*. 156, Geneva: UNHCR/ILO.
- [50] Escudero, J.C. (2016). Estrategias de supervivencia y adaptación. *Red Sociales, Revista del Departamento de Ciencias Sociales*. 4(1): 04-06.

- [51] Esquivel, Arcadio (2020). Femicide crisis in Latin America. March 6, <https://theglobalamericans.org/2020/03/femicide-crisis-in-latin-america/>.
- [52] FAO (2018). *The State of Food Security and Nutrition in the World 2018. Building climate resilience for food security and nutrition*. Rome: FAO, IFAD, UNICEF, WFP & WHO, <https://doi.org/10.1111/padr.12418>.
- [53] Fraser, Nancy (1998). Social Justice in the Age of Identity Politics: Redistribution, Recognition, Participation, *Discussion Paper FS I 98 -108*. Berlin: Wissenschaftszentrum für Sozialforschung.
- [54] Fraser, Nancy (2005). Reframing Justice in a Globalizing World. *New Left Review*, 36, 1- 19.
- [55] Fraser, Nancy (2008). Social Justice in the Age of Identity Politics: Redistribution, recognition and participation. In Henderson, George L. and Waterstone, M. (Eds.), *Geographic Thought: A Praxis Perspective*. Melbourne: Taylor & Francis, pp. 72-89.
- [56] Fuentes Alcalá, Mario Luis, Cristina Hernández Engrandes y Sara Getzemani Alcay Méndez (2022). Situaciones de vulnerabilidad en personas en movilidad y personas locales frente a la trata de personas en el municipio de Tapachula en el contexto las caravanas migrantes 2018-2019, *Frontera Norte*, 34 (4), E-ISSN 2594-0260, <https://doi.org/10.33679/rfn.v1i1.2191>.
- [57] Garay J, Garay BM, Varga Z, Csiszár V, Móri TF (2019). To save or not to save your family member's life? Evolutionary stability of self-sacrificing life history strategy in monogamous sexual populations. *BMC Evol Biol*. 19(1):147. doi: 10.1186/s12862-019-1478-0.
- [58] Gaupp, F. 2020. Extreme events in a globalized food system. *One Earth*, Vol. 2, pp. 518–521. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.06.001>.
- [59] GFDRR [Global Facility for Disaster Reduction and Recovery] (2018). *Gender Equality and Women's Empowerment in Disaster Recovery*. Washington: GFDRR/World Bank, <https://doi.org/10.1596/33684>.
- [60] Goh, A.H.X. (2012). A literature review of the gender-differentiated impacts of climate change on women's and men's assets and well-being in developing countries. *CAPRI Working Paper No. 106*. Washington: International Food Policy Research Institute, <https://doi.org/10.2499/capriwp106>.
- [61] González Casanova, Pablo (2003). *Colonialismo interno. Una redefinición*. Mexico City: IIS-UNAM.
- [62] Government of Mexico (2019). Declaración conjunta. Washington: Government of Mexico, 7th of June, 2019, https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/467956/Declaracio_n_Conjunta_Me_xico_Estados_Unidos.pdf
- [63] Government of Mexico (2021). Unidad política de migración, SEGOB, http://www.gobernacion.gob.mx/es_mx/SEGOB/Politica_Migratoria
- [64] Gramlich, John (2021). Migrant encounters at U.S.-Mexico border are at a 21-year high. Washington: Pew Research Center.
- [65] Guerette, Rob T., Ronald V. Clarke (2005). Border Enforcement, Organized Crime, and Deaths of Smuggled Migrants on the United States – Mexico Border. *European Journal on Criminal Policy and Research*, 11, 159–174, <https://doi.org/10.1007/s10609-005-6716-z>.
- [66] Hellema, Duco (2019). *The Global 1970s. Radicalism, Reform, and Crisis*. London: Routledge,
- [67] Henao, Kelly, García, Hincapié (2019). Migrantes centroamericanos en tránsito por México ¿Primacía de los Derechos Humanos o de los capitales?, *Agora U.S.B.*, 19(1), 231-243.
- [68] Hernández Hernández, Oscar (2021). Memorias sensoriales de la violencia en San Fernando, México, *Espacio Abierto*, vol. 30, núm. 4, pp. 107-128, Universidad del Zulia.
- [69] Hochrainer-Stigler, S., Colon, C., Boza, G., Poledna, S., Rovenskaya, E. and Dieckmann, U. (2020). Enhancing resilience of systems to individual and systemic risk: Steps toward an integrative framework. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, Vol. 51. doi:10.1016/j.ijdr.2020.101868.
- [70] Holling, C.S. 2001. Understanding the complexity of economic, ecological, and social systems. *Ecosystems*, Vol. 4, pp. 390–405. doi:10.1007/s10021-001-0101-5.
- [71] HRW [Human Rights Watch] (2020). *World Report 2020*. Washington: HRW.

-
- [72] Hunter, Lori and Raphael Nawrotzki (2016). Migration and the Environment. In M.J. White (ed). *Handbook of Migration and Population Distribution*. Dordrecht: Springer, pp. 465-484, https://doi.org/10.1007/978-94-017-7282-2_21.
- [73] Imaz, M. et al. (2014, Eds.). *Cambio climático, miradas de género*. Mexico City: PUMA-UNAM.
- [74] INEGI (2021). *Estadísticas a propósito del día internacional de la eliminación de la violencia contra la mujer (25 de noviembre)*. Aguascalientes: INEGI, <https://doi.org/10.18356/793a89d0-es>.
- [75] INM [Instituto Nacional de Migración] (2021). Tema Migratorio 130421, <https://www.inm.gob.mx/gobmx/word/index.php/tema-migratorio-130421/>.
- [76] IOM (2009). Migration, climate change and the environment. IOM's thinking, Policy Memo. Geneva: IOM.
- [77] IOM/MC/INF/288 (2007). *Migration and the Environment*, https://environmentalmigration.iom.int/sites/g/files/tmzbd1411/files/MC_INF_288.pdf
- [78] IPBES (2018). *Summary for Policymakers of the Regional Assessment Reports on Biodiversity and Ecosystem Services for Africa, for the Americas, for Europe and Central Asia, for Asia and Pacific*, <https://www.ipbes.net/assessment-reports>
- [79] IPCC (2019). *Special Report on Climate Change and Land* (in press).
- [80] IPCC (2021). Summary for Policy Makers. V. Masson-Delmotte, P. Zhai, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, J. B. R. Matthews, et al. (eds.), *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (in press).
- [81] IPCC (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, M. Tignor, E. S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lösschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.), *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (in Press).
- [82] Isacson, Adam (2021). Weekly U.S.-Mexico Border Update: 2021 migration numbers, caravan in Chiapas, Remain in Mexico, <https://www.wola.org/2021/10/weekly-u-s-mexico-border-update-2021-migrant-encounters-reports-on-border-agencies-inhumane-culture-remain-in-mexico-prottested-senate-appropriation/>.
- [83] Islas Colín, Alfredo (2019). Caravanas de migrantes y refugiados en México, BARATARIA. Revista Castellano-Manchega de Ciencias Sociales, 25, 131-146, <https://doi.org/10.20932/barataria.v0i25.492>.
- [84] Jelin, Elizabeth (2021). Género, etnicidad/raza y ciudadanía en las sociedades de clases. *Realidades históricas, aproximaciones analíticas, Nueva Sociedad*, 293, 39-62.
- [85] Kavya Michael, Manish Kumar Shrivastava, Arunima Hakhu and Kavya Bajaj (2019). A two-step approach to integrating gender justice into mitigation policy: examples from India, *Climate Policy*, DOI: 10.1080/14693062.2019.1676688.
- [86] Kepner, Jeremy and Hayden Jananthan (2018). *Mathematics of Big Data*. Boston: MIT, <https://doi.org/10.1080/14693062.2019.1676688>.
- [87] Kirchhoff, Paul (1943). Mesoamérica, clasificaciones geográficas, composición étnica, Ciudad de México: *Instituto Nacional de Antropología e Historia*, republished in 2000 in *Dimensión Antropológica* 19 (May-August), 15-32.
- [88] Kuusipalo, R. (2017). Exiled by Emissions – Climate Change Related Displacement and Migration in International Law: Gaps in Global Governance and the Role of the UN Climate Convention. *Vermont Journal of Environmental Law*, 18: 614-647.
- [89] Laczko, F., C. Agharzam (2009). *Migration, environment and climate change: assessing the evidence*. Geneva: IOM.
- [90] Leutert, Stephanie (2018). *Organized Crime and Central American Migration in Mexico Project*. Austin: The LBJ School of Public Affairs/University of Texas.

- [91] Light, Michael, Miller, T.Y. (2018). Does undocumented migration increase violent crime? *Criminology*, 56(2), 370-401, <https://doi.org/10.1111/1745-9125.12175>.
- [92] Llain Arenilla, Shirley, Hawkins Rada, Cindy (2020). Climate Change and Forced Migration. *Migr. Inter*, 11, <https://doi.org/10.33679/rmi.v1i1.1846>.
- [93] Lorber, Judith (1994). *Gender Paradoxes*. Yale: Yale University Press.
- [94] Lovelock, J. (2003). The living Earth, *Nature* 426(6968): 769-770, <https://doi.org/10.1038/426769a>.
- [95] Luhmann, N. 1995. *Social Systems*. Stanford, Stanford University Press.
- [96] MacGregor, Sherilyn (2010). 'Gender and climate change': from impacts to discourses. *Journal of the Indian Ocean Region*, 6(2): 223-238, <https://doi.org/10.1080/19480881.2010.536669>.
- [97] Mies, Maria (1985). *Patriarchy & Accumulation on a World Scale. Women in the International Division of Labour*. London: Zed Books.
- [98] Miranda, Boris (2021). El corredor seco de Centroamérica, donde millones de personas están al borde del hambre y la pobreza extrema por el coronavirus y los desastres naturales, *BBC News Mundo*. www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-56407243, <https://doi.org/10.4324/9781849774451-12>.
- [99] Moore, Jason W. (2016) (Ed.). *Anthropocene or Capitalocene? Nature, History, and the Crisis of Capitalism*. Oakland: PM Press.
- [100] Moreno, José Manuel, Laguna, C., et al. (2000) (Eds.). *Adaptation to Climate Change Risks in Ibero-American Countries — RIOCCADAPT Report*. Madrid: McGraw-Hill.
- [101] Muñoz Lima, Rosa (2020). Los más devastadores huracanes de este siglo en Centroamérica y el Caribe, <https://www.dw.com/es/los-m%C3%A1s-devastadores-huracanes-de-este-siglo-en-centroam%C3%A9rica-y-el-caribe/a-55548254>, <https://doi.org/10.15648/hc.37.2020.7>.
- [102] Neumayer, E., T. Plümpner (2007). The Gendered Nature of Natural Disasters: The Impact of Catastrophic Events on the Gender Gap in Life Expectancy, *Annals of the Association of American Geographers* 97(3), 551-566, <https://doi.org/10.1111/j.1467-8306.2007.00563.x>.
- [103] Niva, Venla (2018). Global migration and the complex interplay between environmental and social factors, IIASA, <http://www.pelicanweb.org/solisustv18n01page10.html>.
- [104] OCHA (2020). *Desastres naturales en América Latina y el Caribe 2000-2019*. Panamá: OCHA.
- [105] OCHA (2021). "Central America and Mexico, Hurricane season - Situation Report No. 5, <https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/20201126%20CA%20Eta%20SitRep%20%20%28ENG%29.pdf>.
- [106] OECD (2008). *Trends in International Migration 2008*. Paris: SOPEMI-OECD.
- [107] Ortega Ramírez, Adriana, Morales Gámez, Luis M. (2021). "(In)seguridad, derechos y migración. La Guardia Nacional en operativos migratorios en México, *Rev. IUS*, 15(47), 157-192, <https://doi.org/10.35487/rius.v15i47.2021.699>.
- [108] Oswald-Spring, Úrsula (2020). *Earth at Risk in the 21st Century. Rethinking Peace, Environment, Gender, and Human Water, Health, Food, Energy Security, and Migration*. Cham: Springer International, https://doi.org/10.1007/978-3-030-38569-9_1.
- [109] Oswald-Spring, Úrsula (2014). Dual vulnerability among female household heads, *Acta Colombiana de Psicología* 16(2): 19-30, <https://doi.org/10.14718/acp.2013.16.2.2>.
- [110] Oswald-Spring, Úrsula, Serrano-Oswald, S. Eréndira, Álvarez, Ariana et al. (2014). *Vulnerabilidad Social y Género entre Migrantes Ambientales*. Cuernavaca: CRIM-DGAPA-UNAM.
- [111] Piaget, Jean (1972). *Psychology and Epistemology: Towards a Theory of Knowledge*, Harmondsworth, Penguin Press.
- [112] Piguet, Etienne (2010). Linking climate change, environmental degradation, and migration: a methodological overview, *Wires Climate Change* 1(4), <https://doi.org/10.1002/wcc.54>.
- [113] Prieto Díaz, S. (2021). Southern Border (of México?): disputed territories, megaprojects and (im)mobilities, *Academia Letters*, 933, <https://doi.org/10.20935/al933>.
- [114] Reardon, Betty (1996). *Sexism and the War System*, New York: Syracuse University Press.

-
- [115] Reardon, Betty A., Dale Snauwaert (2015), *Betty A. Reardon: A Pioneer in Education for Peace and Human Rights*, Cham: Springer, <https://doi.org/10.1007/978-3-319-08967-6>.
- [116] Reardon, Betty A., Tony Jenkins (2007). "Gender and Peace: Toward a Gender Inclusive, Holistic Perspective", in Charles Webel, Johan Galtung (Eds.), *Handbook of Peace and Conflict Studies*, New York: Routledge, pp. 209-231, <https://doi.org/10.4324/9780203089163.pt3>.
- [117] REDODEM (2020). *Migraciones en México: fronteras, omisiones y transgresiones. Informe 2019*. Mexico City: Red de Documentación de la Organizaciones de Defensa del Migrante.
- [118] Ruiz Soto, Ariel (2020). Un año después del Acuerdo Estados Unidos-México. La transformación de las políticas migratorias mexicanas, *MPI Migration Policy Institute*, June.
- [119] Salazar Araya, Sergio (2019). Las caravas migratorias como estrategia de movilidad. *Revista de Ciencias Sociales de la Universidad Iberoamericana*, 14(27): 111-144, <https://doi.org/10.22380/20274688.866>.
- [120] Sánchez Cohen, Ignacio et al. (2012). Forced Migration, Climate Change, Mitigation and Adaptive Policies in Mexico. Some Functional Relationships, *International Migration*, 743: 1468-2435, <https://doi.org/10.1111/j.1468-2435.2012.00743.x>.
- [121] Santibañez, Jorge (2021). ¿Guardia nacional mexicana o patrulla fronteriza estadounidense?, *Los Angeles Times*, <https://www.latimes.com/espanol/eeuu/articulo/2021-07-14/guardia-nacional-mexico-frontera-inmigracion>.
- [122] Sassen, Saskia (2021). Border regions, migrations and the proliferation of violent expulsions. In Riban-Mateos, N. y T.J. Dunn (Eds). *Handbook on Human Security, Borders and Migration*. Cheltenham: Edward Elgar Publishing Lim, 285-299, <https://doi.org/10.4337/9781839108907.00027>.
- [123] Schweizer, P.-J. and Renn, O. (2019). Governance of systemic risks for disaster prevention and mitigation. *Disaster Prevention and Management*, Vol. 28, doi:10.1108/DPM-09-2019-0282.
- [124] Schyler, Null and Herzer Risi, Lauren (2016). *Complexity: Climate, Migration, and Conflict in a Changing World*. Washington: Woodrow Wilson International Center for Scholars.
- [125] Secretary of Interior 2021 (Tamaulipas massacre)
- [126] Serrano Oswald, S. Eréndira (2021) (Ed.). *Diseño de una metodología triangulada de indicadores cualitativos y cuantitativos, que evalúe la prevalencia de la violencia política por razón de género en México y su impacto en el ejercicio de los derechos políticos de las candidatas a puestos de elección popular en el proceso electoral federal 2020-2021*. Cuernavaca: CRIM-UNAM-INE, <https://doi.org/10.22201/crim.unam000001c.2017.c26>.
- [127] Sillmann, J., Christensen et al. (2022). *ISC-UNDRR-RISK KAN Briefing note on systemic risk*, Paris: International Science Council, doi: 10.24948/2022.01.
- [128] Simpson, N. P., Mach, K. J., Constable, A., Hess, J., Hogarth, R., Howden, M., et al. (2021). A framework for complex climate change risk assessment. *One Earth* 4: 489–501. doi:10.1016/j.oneear.2021.03.005.
- [129] Srigiri S.R. & Dombrowsky, I. (2022). Analysing the Water-Energy-Food Nexus from a Polycentric Governance Perspective: Conceptual and Methodological Framework, *Front. Environ. Sci.* 10(725116), doi: 10.3389/fenvs.2022.725116.
- [130] Steffen, Will et al. (2018). Trajectories of the Earth System in the Anthropocene. *PNAS*, 115(33): 8252-8259.
- [131] SwissRe (2021). *Sustainability Report. Partnering for progress*, Zurich: SwissRe.
- [132] The Economist (2022). The new interventionism, *Special Report Business and the State*, 15th of January: 3-12.
- [133] Toscano, J. (2017). Climate Change Displacement and Forced Migration: An International Crisis. *Arizona Journal of Environmental Law and Policy*, 6(1): 457-490.
- [134] Transparencia Internacional (2021). *Corruption of Latin America and the Caribbean. Perception of Corruption*, <https://www.transparency.org/>.
- [135] Transparencia Internacional. (2020). *Corruption Perception Index*, <https://www.transparency.org/>.

- [136] Trung, P.T. (2013). "Climate change and its gendered impacts on agriculture in Vietnam", *International Journal of Development and Sustainability*. 2(1): 52-62.
- [137] Trump, B. D., Florin, M.-V., & Linkov, I. (Eds.). (2018). *IRGC resource guide on resilience (vol. 2): Domains of resilience for complex interconnected systems*. Lausanne: EPFL International Risk Governance Center (IRGC).
- [138] UK Governmental Office of Science (2011). *Conceptual Framework for Environmentally-Induced Migration*. London: UK Governmental Office of Science.
- [139] UNDRR (United Nations Office for Disasters Risk Reduction) (2019). *Pérdidas económicas, pobreza y desastres 1998-2017*, <https://eird.org/americas/docs/perdidas>.
- [140] UNEP (2020). *Building an Inclusive, Sustainable and Resilient Future with Indigenous People: A call for Action*. Nairobi: UNEP.
- [141] UNHCR (2021). Figures at a Glance, <https://www.unhcr.org/figures-at-a-glance.html>
- [142] UNODC (2020). *Global Report on Human Trafficking 2020*. New York: UN, <https://www.unodc.org/unodc/en/money-laundering/overview.html>.
- [143] UN-Spider, Flood in Mexico (2020). <https://un-spider.org/advisory-support/emergency-support/12550/flood-mexico>.
- [144] USAID (2017). Helping Salvadorans Build a Better Life at Home, <https://blog.usaid.gov/2017/08/helping-salvadorans-build-a-better-life-at-home/.ison>
- [145] Varela et al. (1974). Autopoiesis: the organization of living systems, its characterization and a model. *Curr Mod Biol*. May 5(4):187-96.
- [146] WB [World Bank] (2021a). *Groundswell Report*. Washington: WB.
- [147] WB [World Bank] (2021). *Intentional homicides*. Washington: World Bank, <https://datos.bancomundial.org/indicador/>.
- [148] WB [World Bank] (2016). Gini Index, <http://data.worldbank.org/indicador/SI.POV.GINI>
- [149] WB (2021). Homicidios intencionales, <https://datos.bancomundial.org/indicador/>.
- [150] Werz, Michael and Laura Conley (2012). *Climate Change, Migration, and Conflict. Addressing Complex Crisis Scenarios in the 21st Century*. Bonn: H. Böll Foundation.
- [151] WHO, "Complex emergencies" (2002). https://www.who.int/environmental_health_emergencies/complex_emergencies/en/#:~:text=Complex%20emergencies%20combine%20internal%20conflict,also%20exacerbated%20by%20natural%20disasters.
- [152] WOLA (2021). Despliegue militarizado en frontera sur de México pone en peligro a personas solicitantes de asilo y migrantes, <https://www.wola.org/es/2021/03/despliegue-militarizado-frontera-sur-migrantes/>, <https://doi.org/10.29043/cesmeca.rep.876>.
- [153] WFP (2020). *Global Report on Food Crisis 2020*. https://docs.wfp.org/api/documents/WFP-0000114546/download/?_ga=2.98748702.1047430994.1613853186-818164683.1613853186.
- [154] Yonder, Ayse, Sengül Akçar and P. Gopalan (2005). Women's Participation in Disaster Relief and Recovery, The Population Council, Inc., New York: <https://doi.org/10.29043/cesmeca.rep.876>.
- [155] Yu, Q., Wu, W., Yang, P., Li, Z., Xiong, W., and Tang, H. (2012). Proposing an interdisciplinary and cross-scale framework for global change and food security researches, *Agr. Ecosyst. Environ.*, 156: 57-71, <https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.04.026>.
- [156] Yup, P. (2021). Análisis espacial de violencia homicida en la región norte de Centroamérica, 2019-2020. *Estudios de la Paz y el Conflicto, Revista Latinoamericana*, 2(4), pp. 99-114, <https://doi.org/10.5377/rlpc.v2i4.11820>.
- [157] Zani, Beatrice (2018). Trapped Migration: Migratory careers and Entrepreneurial Creativity of Chinese Migrant Women in Taiwan. *Chinese Perspective* 1-2: 75-85, <https://doi.org/10.4000/chinaperspectives.7776>.

Family CEOs and CSR performance in Ibero-American family firms

Guadalupe del Carmen Briano Turrent¹ - Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México

Lázaro Rodríguez Ariza - Universidad de Granada, España

Karen Watkins Fassler - Universidad Internacional de La Rioja & Instituto Tecnológico Superior de Misantla, España

Abstract

Based on the behavioral agency theory, this paper aims to analyze the relationship between family CEOs and the social and environmental adopted practices by family listed firms in Ibero-America, and how board structure (size, independence and female on the board) moderate this relationship. An unbalanced panel data integrated by 836 yearly-observations during 2011-2016 period and GMM method are adopted to carry out several econometric analyses. The results show that family CEOs increase social performance, particularly in the aspects related to labor practices, work condition and human rights. The main limitation of the study is the sample of study, focused on those companies with the highest stock market prices in four Ibero-American countries. This research contributes to advance both the family firms and CSR literature at a comparative level, and emphasizes that socio-emotional wealth preservation constitutes a strategic mechanism for family CEOs, which, in turn, enhances the non-financial performance of Ibero-American firms.

JEL Classification: G34, G41, M14.

Keywords: Family CEOs, CSR performance, behavioral agency theory, Ibero-America.

CEOs familiares y el desempeño de la RSC en las empresas familiares iberoamericanas

Resumen

Basado en la teoría de agencia conductual, este trabajo tiene como objetivo analizar la relación entre los CEOs familiares y las prácticas sociales y ambientales adoptadas por empresas familiares cotizadas en Iberoamérica, y cómo la composición del consejo de administración (tamaño, independencia y participación de mujeres consejeras) modera esta relación. Un panel de datos no balanceado integrado por 836 observaciones-año durante el periodo 2011-2016 es adoptado para realizar diversos análisis econométricos. Los resultados muestran que los CEOs familiares incrementan el desempeño social, particularmente en los aspectos relacionados a prácticas laborales, condiciones de trabajo y derechos humanos. La principal limitación del trabajo es la muestra de estudio, centrada en aquellas empresas con mayor capitalización en los mercados de valores de cuatro países en Iberoamérica. Esta investigación contribuye en extender la literatura comparativa internacional en empresas familiares y pone de manifiesto que la preservación de la riqueza socio-emocional constituye un mecanismo estratégico para los CEOs familiares, lo cual a su vez, favorece el desempeño no financiero de empresas iberoamericanas.

Clasificación JEL: G34, G41, M14.

Palabras clave: CEOs familiares, desempeño de la RSC, teoría de agencia conductual, Iberoamérica, sustentabilidad ambiental, responsabilidad social.

¹ Corresponding author. Email: guadalupe.briano@uaslp.mx

* No source of funding for research development

1. Introduction

Since the establishment of the Sustainable Development Goals (SDG) in the United Nations (2030 Agenda), Corporate Social Responsibility (CSR) has become more relevant in business management. Furthermore, the growing pressure from stakeholders for companies to disclose more information on sustainability has motivated companies to adopt actions towards environmental and social impact (Van der Zahn & Cong, 2019). Policy changes between governments and regulators place a greater emphasis on sustainable development, which has intensified the pressure on companies to improve their non-financial performance (Gavana et al., 2017).

Prior literature affirms that family and nonfamily companies are led differently (Miller, Minichilli, & Corbetta, 2013; Naldi et al., 2007). For instance, the family commitment in tactical and strategic policies in family business is a common practical (Dudaroglu, Öner, & Önday, 2018). Other strand of studies shows that family businesses adopt a culture focused on a strategic direction such as sustainable practices in the domain of environmental and social concerns (Zahra, Hayton, & Salvato, 2004). In the same line, the Chief Executive Officer (CEO)'s role has been reconfigured to prioritize social and environmental issues (Walls & Berrone, 2015). According to some studies, family firms are more interested in the promotion of social and environmental actions when top leaders support is high (Dobele et al. 2014); some results denote that the existence of a family CEO increases environmental and social engagement (Marques, Presas, & Simon, 2014).

This study aims to analyze if family CEOs enhances the environmental and social performance in family listed companies from Ibero-America compared to those companies with no-family CEOs. In addition, the potential moderating effect of the structure of the board (size, independence and women as board members) in this relationship has not been examined in prior research.

This work extends the comparative literature in Ibero America, a region scarcely addressed in prior research and makes several theoretical and practical contributions. In the first place, this investigation is motivated by the behavioral agency theory, which states that if the preservation of the SEW of the family is not aligned with the interest of the manager (agent), family businesses may not invest in enhancing their CSR achievement (Meier & Schier, 2021). In the second place, it is shown that CSR in family businesses should not be studied as a homogeneous event; the type of leadership shapes the motivations and interests of the company in regard to CSR practices. First, CSR could constitute an advantage by which family CEOs can insurance a family schedule or a personal agenda, so an alignment of interests is important. From this perspective, the CSR family agenda constitutes a lever of legitimation and supports the instrumental vision of CSR in family businesses (Windsor, 2006).

The research is organized as follows. Section 2 shows a review of prior literature focused on CSR performance in family firms. Section 3 describes research methods. Section 4 details the key empirical results. The last section discusses the conclusions and implications of the research.

2. Theoretical development

CSR refers to the behavior of a company towards different groups of interest, such as the community, investors, government, employees, customers and suppliers, and is represented by those multifaceted activities that include social, ethical, environmental and political actions (Yoon et al., 2018). CSR is a multidimensional construct that incorporates policies and/or activities refined by companies to enhance their social, economic, and environmental impact behind legal concerns. The company's environmental behaviour argues the company's effort to diminish resource expending and wasting disease. Social dimension emphasizes human rights, job quality, product responsibility, and community relationships (Meier & Schier, 2021). The commitment to CSR can be attributed to its perceived contribution to the competitiveness and legitimacy of companies and for normative, moral or ethical reasons (Aguilera et al., 2007). According to Hsu and Cheng (2012), the actions aimed at strengthening CSR are the result of the decisions and the management carried out by the companies' leaders.

Companies try to encourage consistency between their value system and the value scheme followed by the society, and tend to exhibit an appearance that harmonize with the assumptions of their groups of interest (Deegan, 2007). In the context of family businesses, empirical research shows that this type of companies prioritize social interests, in terms of detriment to interest groups, than their non-family analogues. This implies that these companies are very distrubed with corporate prestige and social legitimation (Dyer & Whetten, 2006; Gavana, Gottardo, & Moisello, 2017).

Family businesses are defined by the strategic responsibility played by family representatives in organizational processes, and the degree to which family dynamics influence decision-making (Chua et al., 1999). In the family business, the CEOs' decision-making options can be approached from the profit and loss perspective with regards to the SEW of the majority family members (Gómez-Mejía et al., 2007). That is, CSR is expected to be seen as a probable benefit by a family CEO, due to the importance of preserving the SEW of the founding family (Naldi et al., 2013), and it is possible that for a non-family CEO, it is seen as a potential loss, due to its cost and its negative influence on the prompt financial corporate performance (Wang et al., 2008).

As family businesses seek to establish their legitimacy with stakeholders, they need to adopt governance mechanisms through which they can increase their CSR compliance. For instance, nominating CEOs whose values are aligned with preserving the SEW of the family business or compensating them to enhance such arrangement. It is evidenced in this work that family CEOs favor non-financial performance, which affects a greater legitimacy of companies in international markets. CSR practices can help companies gain legitimacy because it helps build business reputation (Panwar et al., 2014), and aligned with the sociocultural patterns of its institutional framework (Du & Vieira, 2012).

Family CEOs are more risk averse, and are more motivated in preserving family wealth, which could motivate them to undertake environmentally responsible actions (Lumpkin & Brigham, 2011). A recent study published by Meier and Schier (2021), concludes that family CEOs favor social performance, while non-family CEOs decrease it. Behavioral agency theory [BAT] integrates agency and socio-emotional wealth [SEW] perspectives as a point of reference for addressing possible conflicts between the agent and stakeholders (Chua et al., 2011). This theory states that family and non-family CEOs differ in their desire for the conservation of the SEW (Gómez Mejía et al., 2019).

Although family CEOs have an intrinsic incentive to maintain the family SEW, such intentions are not naturally adopted by non-family CEOs (Gómez-Mejía et al., 2007). Therefore, they present differences in their preference for CSR strategies, which leads to the legitimacy of the family business in the society, a fundamental value for the preservation of the SEW.

Family businesses managed by family CEOs tend to show more concern for the local community in order for the business to succeed (Waddock & Graves, 1997). Anderson and Reeb (2003) conclude that companies run by family CEOs showed a greater commitment to the collective interests of stakeholders, including employees and community members (Deniz & Suarez, 2005). According to Choi and Wang (2009), family CEOs are more receptive to the image, corporate reputation and social legitimacy of the family, which translates into greater CSR activities and actions aimed at strengthening human capital and human rights. According to Nason et al. (2018), family businesses guided by family CEOs prioritize those aspects associated with social ties and intragroup norms. The CEO is one of the most important pillars for the implementation of a successful strategy against climate change, monitoring the participation of the company in strategic initiatives and supervising the environmental responses of companies (Peters and Romi, 2014; Walls and Berrone, 2015). Under the above discussion, we establish this hypothesis:

H1: *Family CEOs favor to a greater extent the environmental and social performance of family listed companies from Ibero-America, compared to non-family CEOs.*

In the same line, the agency theory affirms that governance bodies such as corporate boards should control and monitor the agents' decisions, and enhance legitimacy through CSR practices (Uyar et al., 2021). The board of directors constitutes the main mechanism for corporate governance, being responsible for preserving the adequate interests of groups of interest of a firm through conducting its operation and by managing the decision-making process (Kaplan, 2001). The board is an important organ that induces strategies for top management and relevant decisions on corporate concerns (Kovská & Procházková, 2014). Robust good governance practices have been shown to mitigate agency problems and to strengthen managers to conduct accurately (Terjesen et al., 2015). In this context, recent literature have focused on the board of directors as the main managerial structure in a company (García-Sánchez & Martínez-Ferrero, 2018) and is frequently associated as a group of groups of interest within a firm that have comparable angles in corporate practices (Naciti, 2018). Therefore, the board composition plays a significant piece in resolving the firm's CSR performance due to its authority in the process of the firm's managerial decisions (Zhuang et al., 2018).

Prior research has found that more independent directors the voluntary disclosure of sustainability, while Hussain et al. (2018) argue that independent members in the board might be decisive in supervising and governing sustainable results. In the context of board diversity, Zhang et al. (2012) and Reyes-Bastidas and Briano-Turrent (2018) demonstrated that a high CSR performance is related with a significant representation of women on the board. By contrast, the separation of the Chair of the Board (COB) and the Chief Executive Officer (CEO) responsibilities increases the independence of the board from management, and therefore the CSR performance is increased (Michelon & Parbonetti, 2012). Therefore, we hypothesize:

H2: *There is a significant moderator effect between family CEOs and the board composition that increases the environmental and social performance of family listed companies in Ibero-America.*

3. Data and research methods

Our sample consists of those family companies with the highest stock market listing that belong to the Stock Exchanges of Colombia (total companies listed on the Stock Exchange: 50 companies), Chile (IPSA: 33 companies), Spain (IBEX 35: 28 companies) and Mexico (IPyC: 31 companies) from 2011-2016. Table 1 shows the total observations per industry and per country during the period of analysis. Those companies listened in the banking and insurance sector were excluded because they are subject to greater regulatory supervision compared to other companies and their corporate information structure differs from that of other companies.

Table 1. Study sample by country and industrial sector

Industrial sector/Country	Colombia	Chile	Spain	Mexico	Total
Oil and gas	24	6	30	4	64
Industrial	54	43	18	84	199
Consumer goods	78	36	12	66	192
Health care	12	0	6	6	24
Consumer goods	29	17	30	6	82
Telecommunications	6	6	8	6	26
Utilities	48	36	6	0	90
Financial (excluding banking and insurance)	24	36	15	0	75
Technology	0	0	12	0	12
Basic Materials	18	18	24	12	72
Total companies	50	33	28	31	142
Total Observations	293	198	161	184	836

This table describes the study sample, analyzing by industry type and country. The sample is composed by 836 firm-year observations for family listed companies in Colombia, Chile, Spain and Mexico over the period 2011-2016. We have adopted the Industry Classification Benchmark (ICB).

To measure CSR performance, an index based on two of the three dimensions of the Global Reporting Initiative (GRI) version G-4 is proposed: 1) Environmental dimension, which is related to the use of materials, water, energy, biodiversity, emissions, effluents and waste, products and services, transportation, environmental evaluation of suppliers, claim mechanisms in environmental matters, and 2) social dimension, referring to labor practices and decent work, human rights, society and product liability (Global Reporting Initiative, 2015).

The information on the study variables was compiled manually from each of the annual documents (financial and sustainability) of the companies that make up the study sample. Through the content analysis technique, keywords were searched to integrate the study variables (Samaha &

Dahawy, 2011). To validate the reliability of the proposed CSR index, we have performed a correlation analysis between the elements that make up the qualitative dimensions of the index (social and environmental), through the standardized Cronbach's alpha, yielding an average greater than 0.80 in each dimension, which guarantees the reliability of the scale (Cronbach, 1951). Outliers or extreme values were also treated in the case of financial variables, truncating the extreme values to percentile 2.

The Generalized Method of Moments (GMM) is used as the main methodology to address possible problems of endogeneity and serial correlation of the study variables. The system-GMM proposed by Arellano and Bover (1995) and by Blundell and Bond (1998) control for simultaneity concerns, omitted variable bias and the dynamic relationship of family CEOs and CSR elements (Wintoki et al, 2012). Other firm specific characteristics that are unobservable or unmeasured in our model (e.g. the appointment of a new CEO) could result in an estimation bias. The GMM method is adjusted for data panels that have fewer time observations than individuals (firms). This methodology allows the lag of the dependent variable, which becomes an independent variable and serves as an instrument in the regression analysis (Poletti-Hughes & Briano-Turrent, 2019).

To analyze the relationship between the influence of family CEOs on the environmental and social dimensions of the CSR, the study variables have been grouped into two groups; the first group refers to the CSR performance, which is made up of 20 elements, of which 4 belong to the environmental dimension (20%) and 16 items for the social dimension (80%). The proposed index is based on the GRI-G4, so it is made up of a greater number of elements for the social dimension [labor legislation and decent work, human rights, health and safety problems, society and product responsibility] (Reyes-Bastidas et al., 2020). The elements of each index are dichotomous, that is, they take the value of 1 if the company adopts this practice and 0 if otherwise (see table 2). The control variables are related to the board composition (size, independence and female on the board); the structure of the board decreases the uncertainty of the company when CEOs associate the company with its external environment (Hillman et al., 2000). Another group of control variables are those related to profitability (RoA), level of indebtedness, size and age of the company (Bhagat & Bolton, 2008). According to the above, the following econometric models are established:

$$CSR(Env_{i,t}) = \alpha_i + \Sigma\beta_1(CSREnv_{i,t-1}) + \Sigma\beta_2FamCEO + \Sigma\beta_3BoardComp + \Sigma\beta_4(Control_{i,t}) + \mu_{i,t} \quad (1)$$

$$CSR(Social_{i,t}) = \alpha_0 + \Sigma\beta_1(CSRSocial_{i,t-1}) + \Sigma\beta_2FamCEO*BoardComp + \Sigma\beta_3(Control_{i,t}) + \mu_{i,t} \quad (2)$$

Where i represents i - nth cross-sectional unit (company); t for the nth period of time (year), The dependent variable CSR is measured by the social and environmental dimensions. The primary independent variable is FamCEO, a dummy variable that takes a value of 1 if a firm is defined as a family-CEO firm and 0 otherwise (Briano-Turrent et al., 2020). The moderating variables (BoardComp) are focused on the board composition (size, independence and female on the board). Control is a vector for the control variables related to profitability, indebtedness, company size and board structure; $\mu_{i,t}$ is the error term.

Table 2. Environmental and social dimensions of the CSR index

A. Environmental performance			
1. Adopted strategies related to materials, energy and water			
2. Strategies adopted to reduce emissions, effluents and waste			
3. Strategies to ensure regulatory compliance			
4. Mechanisms to face the environmental claims			
B. Social performance			
Labor practices and decent work (S1)	Human Rights (S2)	Society (S3)	Product Liability (S4)
1. Occupational health and safety	1. Nondiscrimination	1. Local community	1. Customer health and safety
2. Training and education	2. Freedom of association and collective negotiation	2. Fight against corruption	2. Labeling of products and services
3. Equal Opportunity Diversity	3. Child labor	3. Unfair competition practices	3. Marketing communication
4. Equal pay for women and men	4. Forced labor	4. Regulatory compliance	4. Customer privacy

Source: Own elaboration based on the GRI-G4 elements (2015) and Reyes Bastidas & Briano Turrent (2018).

4. Results and discussion

4.1. Descriptive results

Table 3 shows the descriptive analysis of the selected variables and compares means for independent samples between family and non-family CEOs. A better performance of family CEOs is observed in the environmental dimension with respect to non-family CEOs (0.62 vs. 0.58), although the difference is not significant. Regarding the social dimension, which in turn is made up of 4 sub-indices, significant differences are observed in favor of non-family CEOs in the global index (0.56 vs 0.50) and sub-indices 2, 3 and 4.

Companies with family CEOs show smaller boards (9 members), greater board independence (43%), and greater female participation on the board (0.12). Respect to firm characteristics; companies with family CEOs accounts lower RoA (0.04), same level of indebtedness (0.28), larger company size (13.53), and younger age of the company (55 years) than those companies managed by non-family CEOs. There are significant differences between the two groups of businesses (family CEOs vs non-family CEOs).

Tabla 3. Descriptive analysis and means comparative between family CEOs and non-family CEOs

	<i>Family CEOs</i> (N=293)		<i>Non-Family CEOs</i> (N=184)		t-Value
	Mean/Count	Std. Desv.	Mean/Count	Std. Desv.	
<i>Dependent Variables</i>					
Environmental performance	0.62	0.37	0.58	0.38	0.85
Social performance	0.53	0.33	0.56	0.35	3.15*
S1	0.65	0.38	0.59	0.36	1.74
S2	0.50	0.41	0.56	0.45	22.10***
S3	0.53	0.36	0.57	0.38	2.87*
S4	0.44	0.34	0.54	0.39	15.97***
<i>Control Variables</i>					
Size of the board	9	3	10	4	11.86***
Board independence	0.43	0.28	0.42	0.24	15.38***
Female on the board	0.12	0.12	0.08	0.11	4.94**
RoA	0.04	0.13	0.07	0.07	0.02
Indebtedness	0.28	0.18	0.28	0.18	0.17
Size of the firm	13.53	3.56	10.56	5.51	91.85***
Age of the firm	55	34	56	40	3.02*

Source: Own elaboration. ***, **, * indicate the significance level at the 1%, 5%, and 10% levels, respectively.

Table 4 describes the statistics by country. It is observed that in environmental matters, Spain reaches an index of 0.72, followed by Colombia (0.64), Chile (0.54) and Mexico (0.41). In the social field, Spain leads the region with 0.78, followed by Colombia (0.53), Chile (0.49) and Mexico (0.46). The largest board of directors is found in Spain and Mexico (13) and the smallest in Colombia (7). Board independence is higher in Colombian companies (0.54), Spain (0.49), Mexico (0.47) and Chile (0.17). The presence of women on boards is higher in Spain (16%) and Colombia (10%), while Chile and Mexico only reached 4%. The most profitable companies are in Chile and Spain, the most indebted in Spain, and the largest in Spain (16.57), followed by Chile (14.87), Colombia (10.29) and Mexico (3.23). The oldest companies are Chilean (71 years old) while the Mexican ones are the youngest (33 years old).

Table 4. Descriptive analysis by country

Country/Variable	Colombia	Chile	Spain	Mexico
Environmental	0.64	0.54	0.72	0.41
Social	0.53	0.49	0.78	0.46
S1	0.61	0.58	0.82	0.40
S2	0.5	0.39	0.81	0.57
S3	0.56	0.48	0.77	0.45
S4	0.47	0.5	0.73	0.43
Size of the board	7	8	13	13
Board independence	0.54	0.17	0.49	0.47
Female on the board	0.10	0.04	0.16	0.04
RoA	0.05	0.07	0.07	0.06
Indebtedness	0.21	0.28	0.39	0.28
Size of the firm	10.29	14.87	16.57	3.23
Age of the firm	66	71	46	33

Source: Own elaboration.

4.2. Correlation Analysis

Table 5 evinces the correlations between the study variables. There is a positive and significant correlation ($\rho > 0.8$) between the global social index and their dimensions (p value = 0.01); a weak positive positive correlation ($\rho < 0.10$) between the environmental index and the size of the board (p value = 0.05), board independence (p value = 0.01), female on the board (p value = 0.01), the level of indebtedness (p value = 0.01), the firm size (p value = 0.01) and the age of the firm (p value = 0.01). Likewise, significant and positive correlations are reached between the social index and the size of the board (p value = 0.01), board independence (p value = 0.05), female on the board (p value = 0.01), profitability (p=0.05), level of indebtedness (p value = 0.01), size of the firm (p value = 0.01) and age of the firm (p value = 0.01), although the correlation parameter values are weak with a $\rho < 0.20$.

Table 5. Correlation Analysis

Variables	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1.Environmental performance	1.000												
2. Social performance	.800**	1.000											
3. S1	.780**	.857**	1.000										
4. S2	.644**	.902**	.675**	1.000									
5. S3	.782**	.918**	.729**	.777**	1.000								
6. S4	.669**	.894**	.684**	.737**	.777**	1.000							
7. Family CEO	0.043	-0.037	0.062	-0.054	-0.040	-.093**	1.000						
8. Board Size	0.074	.292**	.149**	.371**	.219**	.273**	-.102**	1.000					
9. Board Independence	.100**	.086*	0.039	.147**	.112**	-0.005	0.027	-0.051	1.000				
10. Female on the Board	.134**	.174**	.203**	.123**	.147**	.151**	.113**	0.014	.176**	1.000			
11. Profitability	0.012	.069*	0.042	0.067	0.067	0.068	-.099**	-0.007	-0.014	-.027	1.000		
12. Indebtedness	.098**	.160**	.154**	.130**	.142**	.148**	.157**	.114**	-0.013	0.069	-.214**	1.000	
13. Size of the firm	.156**	.156**	.237**	0.042	.145**	.152**	.200**	-.106**	-.199**	.191**	.083*	.320**	1.000
14. Age of the firm	.231**	.185**	.202**	.099**	.157**	.214**	-0.012	-.0137**	-0.059	-0.043	0.001	-0.038	.166**

**The correlation is significant at 0.01 level (two-sided).

*The correlation is significant at 0.05 level (two-sided).

4.3. Econometric Analysis

Table 6 shows the econometric analysis to respond to hypothesis H1. Through the GMM method with robust standard errors, a lag of the dependent variable is used as an instrument, which shows an important level of significance in the regression analyses. Column 1 analyzes the association between the environmental dimension, family CEO, and control variables, while columns 2, 3, 4, 5, and 6 focus on the social dimension of CSR.

The results demonstrate that family CEOs does not have a significant impact on the CSR (environmental and social dimensions). By contrast, the board composition variables such as board independence and female on the board motivates to a higher CSR indexes. It is observed that the age of the company significantly favors the environmental and social performance of listed family businesses.

The results found lead us **not to accept H1**, which maintains that family businesses run by family CEOs obtain greater performance in the environmental and social dimensions compared to those businesses run by non-family CEOs.

Table 7 shows the econometric analysis to respond to hypotheses H2, which affirms that board composition moderates positively the relation between Family CEOs and environmental and social performance in family firms. Column 1 refers to the environmental dimension, while columns 2, 3, 4, 5 and 6 focus on the social dimension.

The results show that there is an important moderator effect between family CEOs and board independence enhancing the environmental and social performance of family listed firms ($p=0.01$). The moderator effect between board size and family CEO has a significant influence on the social sub-index 4 ($p=0.10$). These results lead to partially accept H2. Meier and Schier (2020) found that family CEOs and family businesses with strong corporate governance practices are positively related with corporate social performance. Similarly, the findings of Block and Wagner (2014) argue that family CEOs increase corporate social performance, especially the human rights dimension. According to the agency theory, the board members should monitor the agent’s actions and may motive to an increase on sustainability practices (Naciti, 2019).

Table 6. Family CEOs and CSR performance

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Variables	<i>Environmental</i>	<i>Social</i>	<i>Social S1</i>	<i>Social S2</i>	<i>Social S3</i>	<i>Social S4</i>
L1 (first lag of the dependent variable)	0.413*** (4.15)	0.532*** (4.87)	0.455*** (4.11)	0.571*** (4.80)	0.536*** (5.18)	0.363*** (3.45)
Family CEO	0.010 (0.05)	0.097 (0.57)	0.029 (0.14)	0.464 (1.43)	0.000 (0.00)	0.063 (0.31)
Size of the board	0.011 (0.89)	0.000 (0.03)	0.009 (0.66)	-0.004 (-0.23)	0.009 (0.65)	-0.009 (-0.74)
Board independence	0.158 (1.06)	0.150 (1.14)	0.260* (1.67)	0.127 (0.56)	0.073 (0.43)	0.102 (0.68)
Female on the board	0.374** (1.94)	0.365** (2.17)	0.626*** (3.12)	0.055 (0.19)	0.194 (0.89)	0.686*** (3.58)
Profitability (RoA)	0.082 (0.48)	-0.013 (-0.09)	0.004 (0.03)	-0.113 (-0.44)	-0.064 (-0.33)	0.029 (0.17)
Indebtedness	-0.132 (-1.21)	-0.073 (-0.77)	-0.133 (-1.18)	-0.002 (-0.01)	0.016 (0.13)	-0.156 (-1.43)
Size of the firm	-0.006 (-0.61)	0.012 (1.35)	0.005 (0.49)	0.019 (1.26)	0.004 (0.33)	0.012 (1.20)
Age of the firm	0.011** (1.89)	0.009* (1.76)	0.014** (2.22)	0.013* (1.69)	0.011* (1.76)	0.002 (0.40)
Constant	-0.405 (-1.05)	-0.457 (-1.44)	-0.762** (-1.95)	-0.828 (-1.53)	-0.539 (-1.29)	0.106 (0.30)
Wald Chi ²	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000
Number of instruments	19	19	19	19	19	19
Observations	476	476	476	476	476	476

Unbalanced panel data and the GMM with robust errors. ***, **, * indicate the significance level at the 1%, 5%, and 10% levels, respectively.

Table 7. Moderating effect of board composition and CSR performance.

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Variables	<i>Environmental</i>	<i>Social</i>	<i>Social S1</i>	<i>Social S2</i>	<i>Social S3</i>	<i>Social S4</i>
L1 (first lag of the dependent variable)	0.533*** (4.85)	0.603*** (5.51)	0.522*** (4.54)	0.556*** (5.11)	0.591*** (5.79)	0.456*** (4.19)
Family CEO*Board Size	-0.026 (-1.09)	-0.003 (-0.16)	-0.009 (-0.36)	-0.040 (-1.30)	-0.003 (-0.13)	0.041* (1.73)
Family CEO*Board Independence	0.875*** (2.77)	0.722*** (2.74)	0.450 (1.44)	1.401*** (3.44)	0.787*** (2.41)	0.267 (0.87)
FamilyCEO*Female on Board	-0.017 (-0.03)	-0.413 (-0.97)	0.190 (0.38)	-0.228 (-0.34)	-0.794 (-1.50)	-0.688 (-1.39)
Profitability (RoA)	0.088 (0.71)	0.022 (0.21)	0.045 (0.37)	-0.033 (-0.20)	-0.007 (-0.06)	0.070 (0.58)
Indebtedness	-0.102 (-0.93)	-0.050 (-0.55)	-0.099 (-0.92)	0.020 (0.14)	0.028 (0.24)	-0.116 (-1.08)
Size of the firm	-0.003 (-0.29)	0.015* (1.72)	0.011 (1.05)	0.019 (1.37)	0.006 (0.51)	0.019** (1.84)
Age of the firm	0.013** (2.00)	0.012*** (2.47)	0.019*** (3.02)	0.012** (1.88)	0.013*** (2.32)	0.008 (1.60)
Constant	-0.374 (-1.07)	-0.603** (-2.30)	-0.856*** (-2.64)	-0.686* (-1.70)	-0.590* (-1.79)	-0.409 (-1.35)
Wald Chi ²	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Number of instruments	18	18	18	18	18	18
Observations	527	527	527	527	527	527

Unbalanced panel data and the GMM with robust errors. Numbers in parentheses refer to z statistics. ***, **, * indicate the significance level at the 1%, 5%, and 10% levels, respectively.

5. Conclusions

This research contributes to advance both the family firms and CSR literature. First, based on the BAT, the objective was to analyze the relationship between the participation of family CEOs and the environmental and social performance of listed family companies in four countries from Ibero-America (Colombia, Chile, Spain and Mexico), integrating the moderator effect of the board composition on this relationship. Second, our findings suggest that family CEOs adopt a higher CSR behavior to fulfill their objectives in terms of new legitimation needs and to prioritize the SEW of the family business. The role of the CEO has been transformed towards a sustainable vision, emphasizing more and more the implementation of strategies that respond to the social and environmental demands of the stakeholders. Hence, the nature of the CEO (family vs. non-family) and their interaction with corporate governance practices influence non-financial decision-making.

From a practical viewpoint, this research could be potentially interesting for policymakers and practitioners. First, given the high proportion of family firms in Latin America and the increasing trend of family firms engaging with CSR, this paper support that family CEOs in companies with

strong corporate governance practices (for instance, independence on the board) are positively related with corporate social performance. The BAT affirms that a family CEO enhances the influence of family ownership on the firm's CSR performance (Mariani et al., 2021).

This work has some limitations that could be addressed in future studies. First, the sample is limited to those companies with the highest stock market prices in four Ibero-American countries, so the results could not be generalized to other types of family businesses such as small or medium-sized (SMEs) ones. Second, the study variables are limited to the board composition, the nature of CEOs (family vs non-family) and social and environmental dimensions of CSR, excluding other corporate governance variables such as board support committees, ownership patterns, or CEOs or board members attributes. These limitations motivate more research on the change of non-economic family priorities. Additional research is required to understand how other institutional factors (number of generations, participation of new generations, ownership patterns, etc.) can motivate the formulation of non-economic objectives in family businesses. One of the great challenges would be to design CSR indices for these companies, given that the current CSR ratings proposed by several agencies tend to prioritize large public companies.

References

- [1] Aguilera, R.V., Rupp, D.E., Williams, C.A., & Ganapathi, J. (2007). Putting the S back in corporate social responsibility: A multilevel theory of social change in organizations. *Academy of Management Review*, 32, 836–863. <https://doi.org/10.5465/amr.2007.25275678>.
- [2] Anderson, R.C. & Reeb, D.M. (2003). Founding-family ownership and firm performance: evidence from the S&P 500. *The Journal of Finance*, 58(3), 1201-1328. <https://doi.org/10.1111/1540-6261.00567>.
- [3] Arellano, M. & Bover, O. (1995). Another look at the instrumental variable estimation of error components models. *Journal of Econometrics*, 68(1), 29-51. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(94\)01642-D](https://doi.org/10.1016/0304-4076(94)01642-D).
- [4] Bhagat, S. & Bolton, B. (2008). Corporate governance and firm performance. *Journal of Corporate Finance*, 14(3), 257-273. <https://doi.org/10.1016/j.jcorpfin.2008.03.006>.
- [5] Bhagat, S., Bolton, B. J., & Subramanian, A. (2010). CEO education, CEO turnover, and firm performance. Available at SSRN 1670219.
- [6] Bingham, J.B., Dyer, W.G., Smith, I., & Adams, G.L. (2011). A stakeholder identity orientation approach to corporate social performance in family firms. *Journal of Business Ethics*, 99, 565–585. <https://doi.org/10.1007/s10551-010-0669-9>.
- [7] Block, J., & Wagner, M. (2014). Ownership versus management effects on corporate social responsibility concerns in large family and founder firms. *Journal of Family Business Strategy*, 5(4), 339–346. <https://doi.org/10.1016/j.jfbs.2014.08.005>.
- [8] Blundell, R. & Bond, S. (1998). Initial conditions and momento restrictions in dynamic panel models. *Journal of Econometrics*, 87(1), 115-143. [https://doi.org/10.1016/S0304-4076\(98\)00009-8](https://doi.org/10.1016/S0304-4076(98)00009-8).
- [9] Briano-Turrent, G.C., Li, M., & Peng, H. (2020). The impact of family-CEOs and their demographic characteristics on dividend payouts: Evidence from Latin America. *Research in International Business and Finance*, 51, 101086. <https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2019.101086>.
- [10] Choi, J., & Wang, H. (2009). Stakeholder relations and the persistence of corporate financial performance. *Strategic Management Journal*, 30(8), 895–907. <https://doi.org/10.1002/smj.759>.
- [11] Chua, J.H., Chrisman, J.J., & Sharma, P. (1999). Defining the family business by behavior. *Entrepreneurship Theory and Practice*, 23(4), 19-39. <https://doi.org/10.1177/104225879902300402>.

- [12] Chua, J.H., Chrisman, J.J., Kellermanns, F.W., & Wu, Z. (2011). Family involvement and new venture debt financing. *Journal of Business Venturing*, 26(4), 472–488. <https://doi.org/10.1016/j.jbusvent.2009.11.002>.
- [13] Craig, J., & Dibrell, C. (2006). The natural environment, innovation and firm performance: A comparative study. *Family Business Review*, 19(4), 275–288. <https://doi.org/10.1111/j.1741-6248.2006.00075.x>.
- [14] Cronbach, J.L. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, 16 (3), 297–334. <https://doi.org/10.1007/BF02310555>.
- [15] Deegan, C. (2007). Organisational legitimacy as a motive for sustainability reporting. In *Sustainability Accounting and Accountability*; Unerman, J., Bebbington, J., O'Dwyer, B., Eds.; Routledge: London, UK, 127–149.
- [16] De las Heras-Rosas, C. & Herrera, J. (2020). Family firms and sustainability. A longitudinal analysis. *Sustainability*, 12(13), 5477. <https://doi.org/10.3390/su12135477>.
- [17] Deniz, D. & Suarez, M.K.C. (2005). Corporate social responsibility and family business in Spain. *Journal of Business Ethics*, 56(1), 59–71. <https://doi.org/10.1007/s10551-004-3237-3>.
- [18] Dobebe, A.R.; Westberg, K.; Steel, M.; & Flowers, K. (2014). An examination of corporate social responsibility implementation and stakeholder engagement: A case study in the Australian mining industry. *Business Strategy and the Environment*, 23(3), 145–159. <https://doi.org/10.1002/bse.1775>.
- [19] Du, S., & Vieira, E. T., Jr. (2012). Striving for legitimacy through corporate social responsibility: Insights from oil companies. *Journal of Business Ethics*, 110(4), 413–427. <https://doi.org/10.1007/s10551-012-1490-4>.
- [20] Dudaroğlu, M., Öner, M. A., & Önday, Ö. (2018). Impact of family influence on top management team in family businesses: A pathanalytic study on automotive parts industry in Turkey. *International Journal of Contemporary Applied Researches*, 5(3), 123–161.
- [21] Dyer, W.G.; Whetten, D.A. (2006). Family firms and social responsibility: Preliminary evidence from the S&P 500. *Entrepreneurship Theory and Practice*, 30(6), 785–802. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6520.2006.00151.x>.
- [22] Family Firm Institute (2016). Global Data Points. FFI Global Education Network.
- [23] García-Sánchez, I.M., Martínez-Ferrero, J. (2018). How do independent directors behave with respect to sustainability disclosure? *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 25(4), 609–627. <https://doi.org/10.1002/csr.1481>.
- [24] Gavana, G., Gottardo, P., & Moisello, A.M. (2017). Earnings management and CSR disclosure: Family vs. Non-family firms. *Sustainability*, 9(12), 2327. <https://doi.org/10.3390/su9122327>.
- [25] Global Reporting Initiative (2015). Guía para la elaboración de memorias de sostenibilidad G4. Recuperado el 28 de junio de 2017. Obtained from: www.globalreporting.org.
- [26] Gómez-Mejía, L.R., Neacsu, I., & Martin, G. (2019). CEO risk-taking and socioemotional wealth: The behavioral agency model, family control and CEO option wealth. *Journal of Management*, 45(4), 1713–1738. <https://doi.org/10.1177/0149206317723711>.
- [27] Gómez-Mejía, L.R., Haynes, K.T., Núñez-Nickel, M.K., Jacobson, J.L., & Moyano-Fuentes, J. (2007). Socioemotional wealth and business risks in family-controlled firms: Evidence from Spanish olive oil mills. *Administrative Science Quarterly*, 52(1), 106–137. <https://doi.org/10.2189/asqu.52.1.106>.
- [28] Haniffa, R. M., & Cooke, T. E. (2005). The impact of culture and governance on corporate social reporting. *Journal of Accounting and Public Policy*, 24(5), 391–430. <https://doi.org/10.1016/j.jaccpubpol.2005.06.001>.
- [29] Hillman, A.J., Cannella, A.A., & Paetzold, R.L. (2000). The resource dependence role of corporate directors: strategic adaptation of board composition in response to environmental change. *Journal of Management Studies*, 37(2), 235–256. <https://doi.org/10.1111/1467-6486.00179>.

- [30] Hoffmann, V.H. & Busch, T. (2008). Corporate carbon indicators carbon intensity, dependency, exposure and risk. *Journal of Industrial Ecology*, 12(4), 505-520. <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2008.00066.x>.
- [31] Hsu, J.L., & Cheng, M.C. (2012). What prompts small and medium enterprises to engage in corporate social responsibility? A study from Taiwan. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 19(5), 288-305. <https://doi.org/10.1002/csr.276>.
- [32] Hussain, N., Rigoni, U., & Orij, R.P. (2018). Corporate governance and sustainability performance: Analysis of triple bottom line performance. *Journal of Business Ethics*, 2, 411-432. <https://doi.org/10.1007/s10551-016-3099-5>.
- [33] Kaplan, R.S. (2001). Strategic performance measurement and management in nonprofit organizations. *Nonprofit Management and Leadership*, 11(3), 353-370. <https://doi.org/10.1002/nml.11308>.
- [34] Krechovská, M., & Procházková, P.T. (2014). Sustainability and its integration into corporate governance focusing on corporate performance management and reporting. *Procedia Engineering*, 69, 1144-1151. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.03.103>.
- [35] Labelle, R., Hafsi, T., Francoeur, C., & Ben Amar, W. (2018). Family firms' corporate social performance: A calculated quest for socioemotional wealth. *Journal of Business Ethics*, 148, 511-525. <https://doi.org/10.1007/s10551-015-2982-9>.
- [36] Larcker, D.F., Rusticus, T.O. (2010). On the use of instrumental variables in accounting research. *Journal of Accounting Economics*, 49(3), 186-205. <https://doi.org/10.1016/j.jacceco.2009.11.004>.
- [37] Marques, P.; Presas, P.; Simon, A. (2014). The heterogeneity of family firms in CSR engagement: The role of values. *Family Business Review*, 27(3), 206-227. <https://doi.org/10.1177/0894486514539004>.
- [38] Meier, O. & Schier, G. (2021). CSR and family CEO: The moderating role of CEO's age. *Journal of Business Ethics*, 174, 595-612. <https://doi.org/10.1007/s10551-020-04624-z>.
- [39] Michelon, G. & Parbonetti, A. (2012). The effect of corporate governance on sustainability disclosure. *Journal of Management & Governance*, 16, 477-509. <https://doi.org/10.1007/s10551-020-04624-z>.
- [40] Miller, D., Minichilli, A., & Corbetta, G. (2013). Is family leadership always beneficial? *Strategic Management Journal*, 34(5), 553-571. <https://doi.org/10.1002/smj.2024>.
- [41] Naciti, V. (2019). Corporate governance and board of directors: The effect of a board composition on firm sustainability performance. *Journal of Cleaner Production*, 237, 117127. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117727>.
- [42] Naldi, L., Nordqvist, M., Sjöberg, K., & Wiklund, J. (2007). Entrepreneurial orientation, risk taking, and performance in family firms. *Family Business Review*, 20(1), 33-47. <https://doi.org/10.1111/j.1741-6248.2007.00082.x>.
- [43] Naldi, L., Cennamo, C., Corbetta, G., & Gomez-Mejia, L. (2013). Preserving socioemotional wealth in family firms: Asset or liability? The moderating role of business context. *Entrepreneurship Theory and Practice*, 37(6), 1341-1360. <https://doi.org/10.1111/etap.12069>.
- [44] Panwar, R., Paul, K., Nybakk, E., Hansen, E., & Thompson, D. (2014). The legitimacy of CSR actions of publicly traded companies versus family-owned companies. *Journal of Business Ethics*, 125(3), 481-496. <https://doi.org/10.1007/s10551-013-1933-6>.
- [45] Peters, G.F. & Romi, A.M. (2014). The association between sustainability governance characteristics and the assurance of corporate sustainability reports. *Auditing: A Journal of Practice & Theory*, 34(1), 163-198. <https://doi.org/10.2308/ajpt-50849>.
- [46] Poletti-Hughes, J. & Briano-Turrent, G.C. (2019). Gender diversity on the board of directors and corporate risk: A behavioural agency theory perspective. *International Review of Financial Analysis*, 62, 80-90. <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2019.02.004>.
- [47] Rees, W., & Rodionova, T. (2015). The influence of family ownership on corporate social responsibility: An international analysis of publicly listed companies. *Corporate Governance: an International Review*, 23(3), 184-202. <https://doi.org/10.1111/corg.12086>.

-
- [48] Reyes-Bastidas, C., Briano-Turrent, G., & Saavedra-García, M.L. (2020). Gender diversity on the board and its impact on corporate social responsibility on listed companies from Colombia and Mexico. *Contaduría y Administración*, 65(3), 1-27. <https://doi.org/10.22201/fca.24488410e.2020.2241>.
- [49] Reyes-Bastidas, C. & Briano-Turrent, G. (2018). Las mujeres en posiciones de liderazgo y la sustentabilidad empresarial: evidencia en empresas cotizadas de Colombia y Chile. *Estudios Gerenciales*, 34(149), 385-398. <https://doi.org/10.18046/j.estger.2018.149.2877>.
- [50] Samaha, K., & Dahawy, K. (2011). An empirical analysis of corporate governance structures and voluntary corporate disclosure in volatile capital markets: the Egyptian experience. *International Journal of Accounting, Auditing and Performance Evaluation*, 7(1), 61-93.
- [51] Uyar, A., Kuzey, C., Kilic, M., & Karaman, A.S. (2021). Board structure, financial performance, corporate social responsibility performance, CSR committee, and CEO duality: Disentangling the connection in healthcare. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 28(6), 1730-1748. <https://doi.org/10.1002/csr.2141>.
- [52] Van der Zahn, M., & Cong, L.M. (2019). Sustainability reporting and family firms. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3442807> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3442807>.
- [53] Waddock, S.A. & Graves, S. B. (1997). The corporate social performance-financial performance link. *Strategic Management Journal*, 18(4), 303-319. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0266\(199704\)18:4<303::AID-SMJ869>3.0.CO;2-G](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0266(199704)18:4<303::AID-SMJ869>3.0.CO;2-G).
- [54] Walls, J. & Berrone, P. (2015). The power of one to make a difference: how informal and formal CEO power affect environmental sustainability. *Journal of Business Ethics*, 145 (2), 293-308.
- [55] Wang, H., Choi, J., & Li, J. (2008). Too little or too much? Untangling the relationship between corporate philanthropy and firm financial performance. *Organization Science*, 19(1), 143-159.
- [56] Windsor, D. (2006). Corporate social responsibility: Three key approaches. *Journal of Management Studies*, 43, 93-114.^[1]_{SEP}
- [57] Wintoki, M.B., Linck, J.S., & Netter, J.M. (2012). Endogeneity and the dynamics of internal corporate governance. *Journal of Financial Economics*, 105(3), 581-606.^[1]_{SEP}
- [58] Yoon, B., Lee, J.H., & Byun, R. (2018). Does ESG performance enhance firm value? Evidence from Korea. *Sustainability*, 10, 2-18.
- [59] Zahra, S. A., Hayton, J. C., & Salvato, C. (2004). Entrepreneurship in family vs. nonfamily firms: A resource based analysis of the effect of organizational culture. *Entrepreneurship Theory & Practice*, 28(4), 363-381.
- [60] Zhang, J.Q., Zhu, H., & Ding, H.B. (2013). Board composition and corporate social responsibility: An empirical investigation in the post Sarbanes-Oxley era. *Journal of Business Ethics*, 114, 381-392.
- [61] Zhuang, Y., Chang, X., & Lee, Y. (2018). Board composition and corporate social responsibility performance: Evidence from Chinese public firms. *Sustainability*, 10, 2752.

Economía, energía y calidad ambiental en APEC, 1990-2018

René Augusto Marín-Leyva - Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México

América I. Zamora-Torres¹ - Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México

Carlos Francisco Ortiz-Paniagua - Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México

Resumen

La humanidad enfrenta el reto de procurar el bienestar de la población preservando la calidad ambiental. Por lo que el objetivo del presente trabajo es identificar la relación existente entre el crecimiento económico, el consumo de energías renovables, el consumo de energías fósiles y las emisiones de dióxido de carbono en APEC durante 1990-2018. Aplicando las pruebas de: dependencia cruzada, heterogeneidad del intercepto y raíz unitaria, se estimó un modelo de Efectos Comunes Correlacionados. Los resultados muestran una trayectoria en forma de U invertida entre el desarrollo económico y la contaminación ambiental. Se destaca que se encontró una relación negativa entre CO₂ y consumo de energía renovable y, una relación positiva entre CO₂ y consumo de energía fósil. Una limitación del trabajo es la presentación de resultados del total de las economías APEC y no por cada una de ellas. No obstante, destaca la metodología como propuesta novedosa en este tipo de estudios. Se recomienda incrementar la participación de energías renovables, mejorar su eficiencia y promover su implementación como un medio efectivo de reducción de emisiones.

Clasificación JEL: C4, C5, F4, Q3, Q4, Q5.

Palabras clave: Curva Ambiental de Kuznets (EKC); Efectos comunes correlacionados; Región APEC; Consumo de energías y Calidad ambiental.

Economy, energy and environmental quality in APEC, 1990-2018

Abstract

Humanity faces the challenge of assure the well-being of the population while preserving the environmental quality. Therefore, this research aims to identify the relationship between economic growth, renewable energy consumption, fossil energy consumption and carbon dioxide emissions in the APEC economies during 1990-2018. Applying tests of cross dependence, intercept heterogeneity and unit root, were estimated as a model of Common Correlated Effects, as a novel proposal in this type of studies. The results show an inverted U-shaped trajectory between economic development and environmental pollution. It is noteworthy that a negative relationship was found between CO₂ and renewable energy consumption and a positive relationship between CO₂ and fossil energy consumption as well as the expected relationship between GDP, GDP² and CO₂. One of the shortcomings is the fact that the results are displayed as a whole for the economies in APEC and not for each individual economy. However, the methodology is a novelty for these type of research. It is recommended to increase the participation of renewable energies, to improve their efficiency and to promote their implementation as an effective means of reducing emissions.

JEL Classification: C4, C5, F4, Q3, Q4, Q5.

Keywords: Environmental Kuznets Curve (EKC); Common Correlated Effects; APEC Region; Energy consumption and Environmental quality.

¹ Autor de correspondencia. Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales, <https://orcid.org/0000-0003-1811-4711>. Email: america.zamora@umich.mx

*Sin fuente de financiamiento para el desarrollo de la investigación



1. Introducción

Temperaturas árticas y ventiscas en Texas, nubes ondulantes de polvo anaranjado sobre Beijing, sofocante calor tropical en Moscú, inundaciones extremas en Nueva Gales del Sur, monzón masivo, lluvias sobre Singapur, sequía en Santiago. Huracanes, tifones y ciclones; olas de calor e incendios forestales de gran magnitud, fueron algunos eventos climáticos ocurridos en 2021 (APEC, 2021). Además de crecientes deshielos, inundaciones, sequías e incendios que han aumentado en intensidad y frecuencia en los últimos años (IPCC, 2021b y IPCC, 2021c). Estos fenómenos, se atribuyen directa e indirectamente al Cambio Climático, situación que conlleva a incrementos en el riesgo, peligros en ecosistemas y, con ello, en el propio crecimiento económico (Kiley, 2021), con afectaciones en salud y en productividad, que llevarán a las economías a contraerse en los próximos años (Stern, 2016; Weitzman, 2014).

El mejoramiento del nivel de vida, vía expansión de la economía, así como la degradación ecológica, son preocupaciones que durante al menos 250 años han sido excluyentes. Esta situación no es sostenible para el planeta en el largo plazo, como lo demuestra la evidencia del cambio climático. La región Asia Pacífico no ha sido la excepción y es una de las regiones que más han contribuido al problema, al ser la región más dinámica en el comercio y producción internacional.

El cambio climático como amenaza global, incide no solo a la región APEC, que ha sido fuertemente afectada (IPCC, 2021a), sino para toda la humanidad, donde la discusión ya no oscila en cómo prevenirlo, sino cómo mitigar sus efectos y gestionar los riesgos inevitables, es decir; sugerir nuevos paradigmas económicos, que implican modificaciones en las formas de producción y consumo, bajo esquemas que permitan que el planeta se mantenga o mejore su situación actual y con ello promover mejor calidad ambiental para el desenvolvimiento de la vida, la sostenibilidad y la sobrevivencia humana (Harari, 2016; Jones & Preston, 2011).

Entre las alternativas para mitigar los efectos del cambio climático y la degradación ambiental, se propone reducir tanto la huella de carbono como la huella ecológica (Murshed, et al., 2021). Entre las soluciones que se exploran actualmente están, la innovación, por ejemplo; mediante el uso de energías renovables y, la gestión ambiental estableciendo leyes que promuevan la reducción de contaminantes y protección de ecosistemas (IPCCa, 2021) para lo cual se debe integrar el conocimiento científico con el fin de generar información que ayude a resolver los problemas derivados del desarrollo (Raymond, et al., 2010).

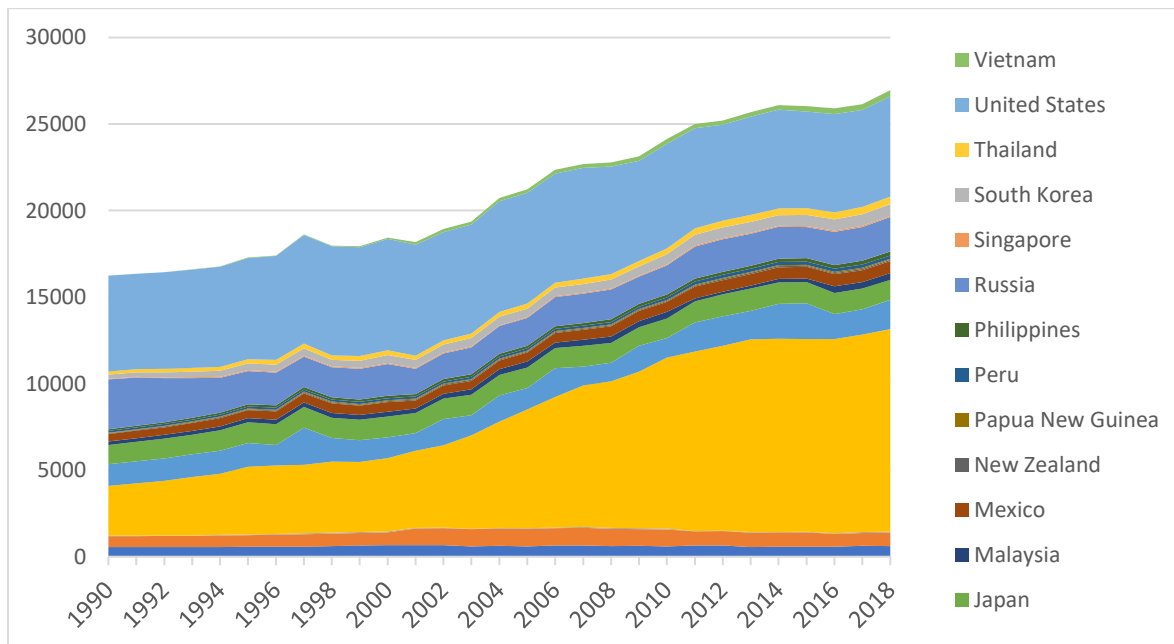
En este sentido, el presente trabajo, se propone realizar un diagnóstico que toma como punto de referencia los postulados establecidos en la Curva Ambiental de Kuznets, (*Environmental Kuznets Curve -EKC-*), para conocer la evolución, interacción y relación de variables que dan cuenta del desarrollo y su impacto ambiental, que son: consumo de energías (fósil y renovable); como indicador de transición energética; contaminación por emisiones de dióxido de carbono (CO₂); como indicador de impacto ambiental y, Producto Interno Bruto; como indicador de actividad económica y disponibilidad de bienes y servicios producidos en un año.

El principal aporte de este trabajo, además de los resultados obtenidos en las diversas pruebas para modelos de panel de datos de heterogeneidad paramétrica; es que se ha realizado un análisis econométrico con el estimador de Efectos Comunes Correlacionados propuesto por Pesaran (2006) y ampliado por Chudik (2015).

Luego de esta introducción el documento se integra por otros cuatro apartados continuando con aspectos relativos al cambio climático en la región APEC y las respuestas que ha tenido el Foro de Cooperación Económica Asia –Pacífico (APEC). En la tercera parte se hace una revisión de literatura del tema y las aproximaciones metodológicas planteadas. En el cuarto apartado se expone el modelo econométrico propuesto en el quinto apartado se muestran los resultados obtenidos y una discusión de los mismos y finalmente se plantean conclusiones.

2. Cambio climático en APEC: problema y respuestas.

La región APEC, debido a su localización, puesto que colinda con el océano Pacífico y se extiende a ambos lados de los océanos Atlántico e Índico, es una región altamente expuesta a determinados impactos del cambio climático, como muestra el índice de riesgo climático global, destacando los valores obtenidos en dicho índice de las siguientes economías: Chile con la posición 25, Australia con la posición 19, China con el lugar 32, Indonesia con un valor de 14, Japón la posición 4, Filipinas con el lugar 17, Rusia con el lugar 39, Tailandia la posición 34 y Vietnam el lugar 38 (Ecktein, et al., 2021). No obstante, la región APEC es también lamentablemente un gran contribuyente al cambio climático la gráfica 1 muestra cómo de 1991 a 2018 (siendo el 2018 el último dato disponible para todas las economías) la región APEC ha aumentado considerablemente sus emisiones de GEI puesto que pasaron de 16.5 a 27 gigatoneladas de dióxido de carbono (Gt CO₂), lo cual equivale a un crecimiento anual promedio de 1.9 por ciento. Al contrastar esta cifra con las emisiones de GEI para el mismo periodo del resto del mundo se observa en promedio un crecimiento de 1.1 % anual.

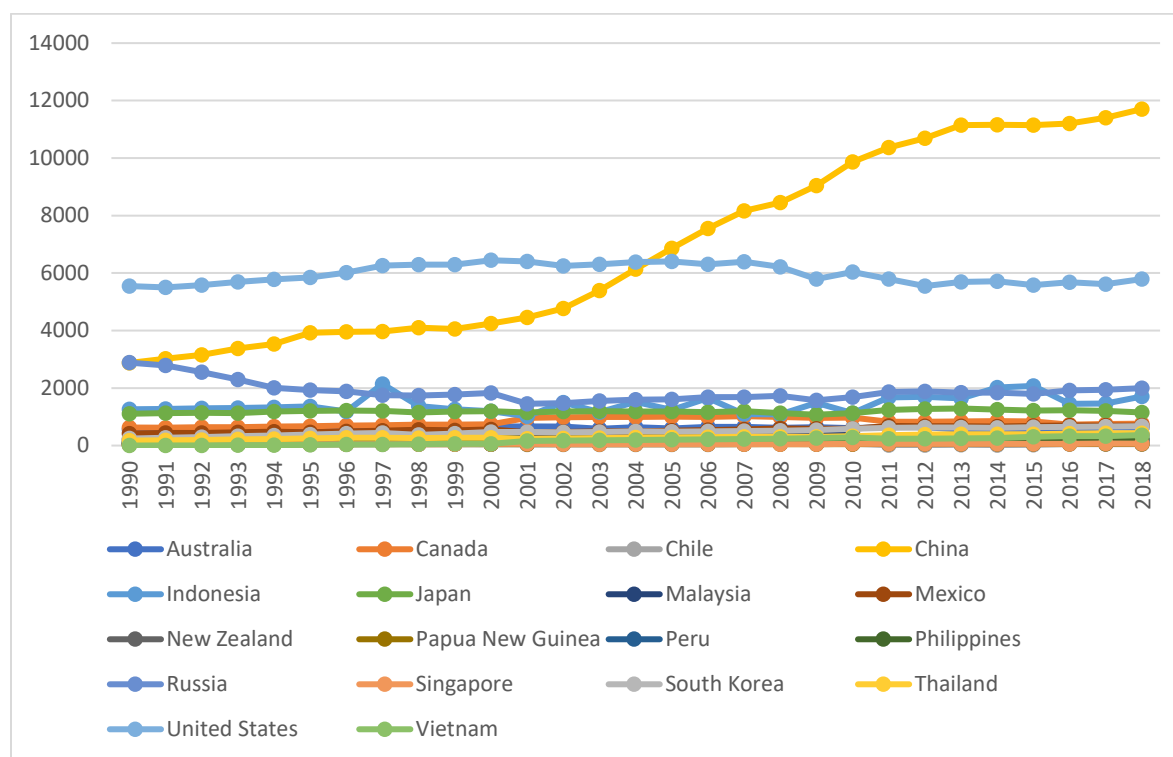


Gráfica 1. GEI Emisiones históricas de APEC

Nota: Economías consideradas: Australia, Canada, Chile, China, Indonesia, Japan, Malaysia, Mexico, New Zealand, Papua New Guinea, Peru, Philippines, Russia, Singapore, South Korea, Thailand, United States, Vietnam.

Fuente: CAIT, 2022.

Al desagregar la emisión de GEI por economías de la región se puede observar, como era de esperarse, que el grado de emisiones es dispar entre los miembros de la región, donde China a partir del 2005 lidera el grado de emisiones de GEI hasta llegar a un valor de 11.70 millones de toneladas de dióxido de carbono (Mt CO₂e) para el 2018, seguido de Estados Unidos 5.79 millones de toneladas de dióxido de carbono (Mt CO₂e), Rusia 1.99 millones de toneladas de dióxido de carbono (Mt CO₂e), Indonesia 1.70 millones de toneladas de dióxido de carbono (Mt CO₂e) y Japón 1.15 millones de toneladas de dióxido de carbono (Mt CO₂e) como principales contaminantes de la región APEC (véase gráfica 2).

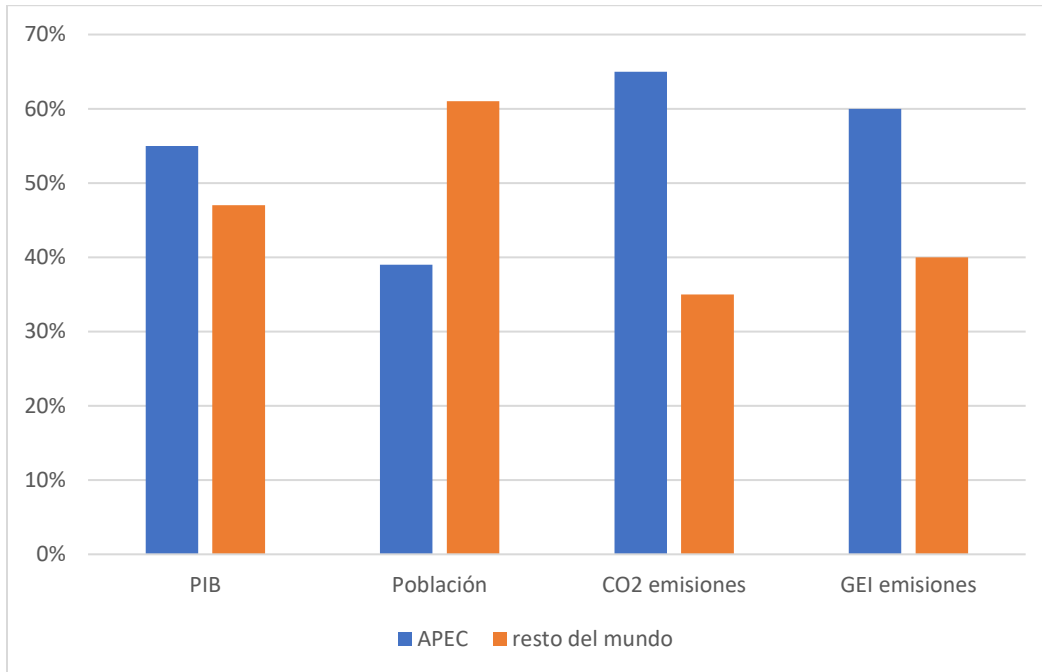


Gráfica 2. GEI Emisiones históricas de APEC por economías.

Nota: Economías consideradas: Australia, Canada, Chile, China, Indonesia, Japan, Malaysia, Mexico, New Zealand, Papua New Guinea, Peru, Philippines, Russia, Singapore, South Korea, Thailand, United States, Vietnam.

Fuente: CAIT, 2022.

Como se observa en la gráfica 3, la región APEC para el 2018 conformó el 38 por ciento de la población mundial y el 55 por ciento de la producción económica mundial durante el mismo año; emitiendo a su vez el 65 por ciento de las emisiones globales de CO₂ y el 60 por ciento de las emisiones globales de GEI (APEC, 2021). Esto denota como las emisiones de GEI en la región APEC han tenido un comportamiento a la alza, mostrando incluso un crecimiento superior al resto del mundo. Acorde con el Centro de Análisis de Información (CAIT, 2022), en 2018, seis economías de APEC se encontraban entre los 10 principales emisores de GEI del mundo y siete estaban entre los 10 principales emisores de CO₂ a nivel mundial.



Gráfica 3. Emisiones en APEC de CO₂ y GEI en el contexto global

Fuente: APEC, 2021.

Las emisiones de CO₂ y GEI en la zona han sido alarmantes, sin embargo, cabría preguntarse qué ha sucedido en los últimos años, donde surgieron cambios drásticos e imprevistos debido a la llegada de la Covid-19. Puesto que con la llegada de la pandemia global se tuvieron diferentes afectaciones en todos los sectores de la economía; donde particularmente destacan las restricciones en torno al comercio exterior y su cadena de suministro.

Las fronteras se cerraron por periodos prolongados en la mayoría de los países restringiendo el movimiento de pasajeros y mercancías lo que en un primer momento trajo consigo, según estimaciones de la Internacional Agencia de Energía (AIE), una disminución del 6 por ciento en las emisiones globales de CO₂ relacionadas con la energía en la mayor parte de 2020, pero para finales de ese mismo año las emisiones de CO₂ fueron un 2 por ciento más altas que los niveles previos a la pandemia hace un año.

3. Revisión de literatura

El impacto de la economía en el medio ambiente, se ha considerado como un desafío apenas recientemente a finales del siglo pasado. El Club de Roma y la cumbre de Estocolmo (1972) fueron elementos clave para exponer que los mayores retos para la humanidad en el último cuarto de siglo serían: 1) deterioro de los recursos naturales (calidad y cantidad); 2) incremento de los requerimientos de energía, insumos y alimentos; y, 3) un aumento de desigualdad distributiva del ingreso, (Meadows, et al., 1972; Mesarovic & Pestel, 1975). Desde entonces, estos retos siguen un ritmo de creciente preocupación, más aún si se considera que la aspiración al desarrollo se manifiesta por fases. De manera que los impactos negativos en los ecosistemas a causa del crecimiento

económico reducirían, relativamente, en fases superiores del desarrollo, mediante la implementación de instrumentos de política ambiental (Panayatou, 2007).

La hipótesis EKC sugiere que una economía en las primeras etapas de desarrollo mantiene ingresos bajos, con un sector agropecuario e incipiente industrialización, lo que impacta negativamente en la calidad ambiental. Para una segunda etapa la industria participa en mayor medida y las actividades primarias son intensivas y más extractivas, generando con ello más riqueza a la vez que más deterioro de la calidad ambiental. En una siguiente etapa participa cada vez más el sector de los servicios, esto transforma la estructura productiva reduciendo en términos relativos el impacto ecológico con mayor generación de riqueza, aumenta el ingreso por habitante y se implementan políticas ambientales, (Selden, 1994; Dasgupta, et al., 2002; Deacon & Norman, 2004; Catalán, 2014).

Así, la elasticidad-ingreso de las emisiones de CO₂, cambia en las preferencias de consumo tal que el aumento del ingreso por habitante, ocasiona que una mayor disponibilidad a gastar en bienes ambientales o mejorar la calidad ambiental, tal como ocurre con un bien de lujo (Baldwin, 1995; Selden & Song, 1994). Algunos enfoques advierten que la innovación continua se acompaña de nuevas fuentes y formas de contaminación, con ello inicia nuevamente otra EKC, puede mostrar una tendencia en forma de “N” invertida entre el ingreso y la contaminación por habitante. Esto estaría ocurriendo debido a que el cambio en las preferencias sociales por mayores niveles de ingreso se acompaña de cambios en la regulación de la contaminación, de la producción energética, mejoran los niveles de educación y suele retardar la obsolescencia tecnológica. No obstante, hay evidencia de las tendencias en la contaminación atmosférica y los niveles de producción, en términos relativos (por habitante), también se destaca que en términos absolutos sigue creciendo la generación de contaminantes de manera global (Selden, 1994; Dasgupta, et al., 2002; Balsalobre-Llorente, et al. 2017).

Las conclusiones de algunos estudios no son optimistas sobre las repercusiones empíricas que indican el tránsito a una reducción de contaminación generada por unidad de riqueza en términos relativos, como: Stern (2004), Selden y Song (1994) y Wagner (2008). Para ellos el comportamiento de la EKC no garantiza un tránsito hacia la sostenibilidad, dado que en la premisa inicial sobre la reducción de la contaminación no es generalizable cuando se traslada a términos absolutos, el problema sigue presente y las estimaciones señalan que seguirán creciendo las emisiones de contaminantes (Selden & Song, 1994).

Este escepticismo, que se presenta tanto en trabajos teóricos como empíricos, que plantean una relación simple y predecible entre contaminación e ingreso por habitante. No obstante, en algunos contaminantes se puede presentar la EKC en forma de U invertida, esto tendría que demostrarse con mayor rigor en series de tiempo o métodos de datos de panel, para una mayor muestra de contaminantes urbanos (Stern, 2004). Por otra parte, la EKC en diferentes economías del mundo, podrían no ser adecuadas o bien llegar conclusiones contradictorias (Wagner, 2008). Para ello, surge la propuesta del uso de técnicas estadísticas no paramétricas (*splines* polinomiales), como una forma alterna al descomponer las series de tiempo y examinar la EKC con intervalos de confianza y con simulación (Wang, 2011).

La revisión de la EKC para 182 países, aplicando el análisis de datos panel y sección cruzada, encontraron que la hipótesis EKC es aceptable en ambos enfoques, aunque los puntos de inflexión

estimados en las secciones transversales no son fiables del todo. Se señala la importancia de abordar adecuadamente problemas como la heterogeneidad, cambios estructurales e interacción espacial, se destaca también que no se revisó el tema de causalidad (Atwi, et al., 2018).

En particular para algunos países de la cuenca del Pacífico, se pueden apreciar estudios que demuestran la EKC con distintas metodologías y aproximaciones metodológicas, que se muestran de manera sintetizada en la tabla 1. Aunque se trata de una hipótesis muy estudiada para diferentes países y regiones del mundo, las técnicas y las variables empleadas dan una importante diversidad a los análisis.

Tabla 1. Estudios sobre la EKC, en economías de la Cuenca del Pacífico

Autor(es)	País(es)	Variables	Método	Se prueba hipótesis CAK	Consideraciones
Vo, et al., 2021	26 países de Asia Pacífico	Emissiones CO ₂ , PIB, Consumo de Energía y Financiamiento para el Desarrollo (FD) y FD ²	Rezago distribuido, autoregresivo de panel con Modelo de grupo medio combinado, grupo medio y grupo medio combinado, estimador dinámico de efectos fijos, prueba de causalidad de Granger	SI	Relación bidireccional entre: PIB y energía; energía y FD; CO ₂ y FD.
Murshed, Haseeb y Alam, 2021	Bangladesh, India, Pakistán, Sri Lanka y Nepal	Huella de carbono; Huella ecológica; PIB y PIB ² Consumo de energía renovable; Energía renovable para electricidad; Financiamiento para el desarrollo; Tasa de urbanización; Grado de apertura comercial	Dependencia de sección cruzada; Panel de raíces unitarias; Panel de cointegración; DOLS y FMOLS.	SI	La Tasa de urbanización y la apertura comercial inciden fuertemente en la huella ecológica y en la huella de carbono. El uso de energía renovable reduce significativamente las huellas de carbono y huella ecológica para los países de estudio.
Fong, Salvo y Taylor, 2020	Sudeste Asiático	Nox, SO ₂ , PM _{2.5} , Urbanización, Consumo de Energía Renovable, Intensidad energética por Unidad de PIB, Inversión Extranjera Directa como % del PIB y participación del Sector Servicios	Econometría espacial	SI	Se confirma la EKC para los tres contaminantes. Hay diferencia significativa en el punto de inflexión para los países de bajo ingreso con los de alto ingreso.
Aruga, 2019	19 países de Asia Pacífico	Consumo de energía, PIB y PIB ²	Modelo de regresión y Cointegración, FMOLS y DOLS	Parcialmente	Se aprueba la hipótesis para los países de altos ingresos, no así para los de ingresos medio y bajo.
Zhang, S. 2019	Malasia	Energía renovable, energía no renovable, innovación tecnológica y crecimiento económico con emisión de dióxido de carbono	Prueba Límite de Rezagos Distribuidos Autoregresivos (ARDL)	SI	Se aprueba la hipótesis encontrando que el consumo de energías renovables y la innovación tecnológica impactan inversamente en las emisiones de dióxido de carbono. En tanto que la energía fósil y crecimiento económico impactan directamente en las emisiones de dióxido de carbono.

Dong, Sun, Li y Liao, 2018	14 países de Asia Pacífico	Consumo de gas natural y emisiones CO ₂	Datos panel, Causalidad de Granger, Cointegración, Análisis de Dependencia de Sección Cruzada, Grupos de Medias Aumentadas (AMG) y FMOLS.	SI	Evidencia de la EKC, en 13 de los 14 países de manera independiente del PIB por habitante. Además, la hipótesis EKC se presenta de manera independiente de los niveles de ingreso.
Wen-Cheng Lu, 2017	16 países asiáticos	Consumo de Energía, CO ₂ , PIB y PIB ²	Datos Panel, Cointegración, Raíz Unitaria, Análisis de Sección Cruzada	Parcialmente	Hay heterogeneidad regional en la hipótesis EKC. El uso de energía es un determinante importante de las emisiones GEI**. Los resultados, (a excepción del Sudeste Asiático), indican que el medio ambiente se degrada a medida que aumentan los ingresos, hasta que se alcanza el umbral.
Al-Mulai, Saboori y Ozturk, 2015	Vietnam	Consumo de electricidad (fuentes renovables y fósiles), PIB, CO ₂ , Fuerza de Trabajo, Exportaciones, Importaciones y Capital.	Autorregresivo con rezagos distribuidos, Granger, raíz unitaria.	NO	El consumo de energía renovable no ha sido significativo en la reducción de contaminación. La relación de corto plazo entre contaminación y PIB es positiva.
Brajer, Mead y Xiao, 2011	China	SO ₂ , TSP, NO ₂ , Ingreso, Densidad poblacional, Localización Norte, Localización Costa.	Metodología Nemerrow	SI	Análisis individual de los contaminantes hay un comportamiento EKC de U invertida. No obstante, al analizar en conjunto los índices, parece ocurrir una forma de N. Lo que plantea un panorama preocupante por una elevación de costos en salud derivados de la contaminación.
Jalil y Mahmud, 2009	China	PIB, PIB ² , CO ₂ y Consumo de Energía	Autorregresivo con rezagos distribuidos, Granger, raíz unitaria.	SI	El consumo de energía es significativo para explicar las emisiones de CO ₂ . El PIB al cuadrado obtuvo signo negativo al igual que las CO ₂ .
Navarrete, et. al., 2009	México	CO ₂ , PIB y PIB ²	Raíz unitaria y Causalidad de Granger	SI	Se precisa sobre ampliar los mecanismos de transmisión entre las variables

Fuente: Elaboración propia.

Nota: *FMOLS = Fully-Modified Ordinary Least Square y DOLS = Dynamic Ordinary Least Squares.

** Gases de Efecto Invernadero.

Los estudios que se presentan en la Tabla 1, son solo algunos trabajos para la región en la última década, se puede apreciar que predomina el uso de variables macroeconómicas como la emisión de Gases Efecto Invernadero (GEI), (principalmente el CO₂), el PIB, el PIB² y el Consumo de Energía Renovable. Se destaca que el trabajo de Al-Mulai, et al., (2015) no se demuestra la EKC, en tanto que solo se demuestra parcialmente para 16 países asiáticos (Wen-Cheng, 2017), dado que el consumo de energía no proveniente de fósil fue determinante, aspecto relativo a las políticas de abastecimiento energético.

En este sentido, se presentan argumentos en favor y también en contra del uso y validación de hipótesis EKC y ante ello, es relevante continuar con la generación de estudios que proporcionen información y evidencia, que pueda enriquecer al conocimiento del estado del arte y al mismo tiempo aportar más fundamentos sobre la relación entre economía, desarrollo y calidad ambiental.

Los presupuestos de la EKC proporcionan elementos teóricos a la hipótesis, sin embargo, no tienen una aplicación interpretativa de amplio alcance ante las circunstancias económicas, políticas, sociales e institucionales de los países en desarrollo. Aspectos como la desigualdad socioeconómica y la debilidad institucional en la protección ambiental, son algunas desventajas para que se alcance la EKC, por lo que la espera no es el factor que llevará a mejoras en la calidad ambiental a largo plazo (Zilio, 2012).

Si bien, no se presentan resultados concluyentes, sin embargo, la mayoría de los estudios muestran tendencias semejantes. Vale la pena resaltar que las variaciones de supuestos en los modelos manifiestan diferencias, que inciden en los resultados. En parte debido a ello, la EKC sigue siendo un instrumento y una referencia para la interpretación de la relación entre evolución de la economía y comportamiento de la calidad ambiental.

4. Metodología

El presente trabajo está enfocado a 21 economías de la región APEC, esta muestra se justifica con la importancia que tienen estas economías enumeradas en la tabla 2 en cuanto a su crecimiento económico y consumo de energías tanto renovables como no renovables y la correlación existente con la emisión de elementos contaminantes. En este trabajo se analizan los principales factores que explican la emisión de dióxido de carbono (CO_2) mediante un enfoque econométrico de datos panel. Los datos que se han trabajado fueron obtenidos de los Indicadores de Desarrollo Mundial provenientes de las bases de datos del Banco Mundial (2022). Para este análisis se utiliza un modelo de regresión de panel de datos para comprobar la Curva Ambiental de Kuznets (EKC) (Panayotou, 1993) lo anterior de 1990 al 2018.

Tabla 2. Economías de la muestra

Economías de la región APEC		
Australia	Brunéi Darussalam	Canadá
República Popular de China	Hong Kong (China)	Indonesia
Japón	República de Corea	México
Malasia	Nueva Zelanda	Perú
Filipinas	Papúa Nueva Guinea	Federación de Rusia
Taiwán	Tailandia	Estados Unidos
Vietnam		

Fuente: Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (2020).

La variable dependiente son las emisiones de dióxido de carbono (CO_2), mientras que las variables independientes consideran Producto Interno Bruto per cápita ($PIBpc$), el Consumo de Energía Renovable ($CErnw$) y el Consumo de Energía de Combustibles Fósiles ($lnErnw$).

4.1 Enfoque econométrico

Los activos de energía renovable han ganado consideración entre los investigadores en los últimos años. En ese sentido existe una creciente gama de trabajos que emplean la econometría como método de investigación en las relaciones existentes en las variables ambientales. El creciente interés de la academia por las acciones encaminadas al uso extensivo de la energía limpia puede explicarse por las perspectivas de crecimiento del sector, que a su vez se basan en tres razones. En primer lugar, hay una creciente preocupación por el medio ambiente natural y la descarbonización del sistema energético, que se refleja en el protocolo de Kioto y el acuerdo de París (Grubb et al., 1999; Klein et al., 2017; Schellnhuber et al., 2016). En segundo lugar, se debe decir que con ello las investigaciones derivadas de las regresiones lineales han utilizado durante mucho tiempo el método de mínimos cuadrados ordinarios (MCO), no obstante, la rigurosidad de esta clase de estimadores, se tiene que los mismos presentan algunas críticas (Ugrinowitsch et al., 2004), aun así, los anteriores modelos han constituido una base importante en el análisis medioambiental.

Con respecto a la econometría Wooldridge (2012) afirma que la metodología de datos panel ha constituido una herramienta que permite dar solución a los problemas planteados con anterioridad y debido a esta razón los modelos de esta clase se han popularizado de manera importante.

Dentro de las características de los modelos de datos panel es que permiten observar los efectos fijos de los individuos mismos que llegan ocasionar comportamientos no aleatorios de las variables elegidas, en este sentido se debe comenzar a decir, que al igual que las series de tiempo, los datos de panel tienen dinámicas propias que debe ser estudiadas con sus propios métodos.

Para esta investigación, las emisiones de dióxido de carbono son analizadas mediante la metodología de datos panel, tomando en cuenta los beneficios que presentan estos comparados con un modelo típico de corte transversal o, inclusive, también serían capaces de controlar la heterogeneidad individual e identificar los efectos que habrían sido indetectables en datos de series de tiempo tradicionales.

4.2 Prueba de dependencia para paneles de datos dinámicos

En un mundo globalizado, en donde se esperaría que la integración existente entre las economías conduzca a una fuerte dependencia entre los datos económicos de los países y que los choques no solo afectan las economías de los países en específico, sino que también afectan a las economías de otros países. Por lo anterior, uno de los supuestos importantes en los modelos de panel de datos, es la existencia de independencia en las secciones cruzadas, es decir; el modelo no asume que existan factores comunes en los errores que puedan influenciar la evolución de los países.

Para el caso en donde se tienen paneles heterogéneos con T pequeñas y L grandes Pesaran (2004) propone una prueba que se basa en el promedio de los coeficientes de correlación por pares, lo anterior tomado de los residuales de las regresiones individuales del panel mediante mínimos cuadrados ordinarios, con ello se puede probar la dependencia de la sección cruzada de cualquier orden fijo p , así como el caso en el que se asume el orden de las unidades de sección transversal, estas pruebas se han denominado CD (p) y CD, respectivamente.

$$CD = \sqrt{\frac{2T}{N(N-1)} \left(\sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \hat{\rho}_{ij} \right)} \sim N(0,1) \quad (1)$$

4.3 Prueba de raíz unitaria de Pesaran (2007)

Una vez que se ha probado la “no dependencia de las secciones cruzadas” se propone realizar la prueba de raíz unitaria, para ello Pesaran (2007) propone una alternativa a las pruebas de raíz unitaria que permiten dependencia en las secciones cruzadas pero que utilizan procedimientos que a su vez eliminan asintóticamente la dependencia cruzada. En su caso la alternativa simple es que las regresiones estándar aumentadas Dickey-Fuller (ADF) se incrementan con los promedios de sección transversal de los niveles rezagados y primeras diferencias de las series individuales. Se obtienen nuevos resultados asintóticos tanto para las estadísticas de ADF aumentadas transversalmente (CADF) individuales como para sus promedios simples. La ruta seguida por Pesaran (2007) es diferente ya que permite una fuerte dependencia transversal dependiente de un factor univariante común f_t ,

$$u_{it} = g_i f_t + \varepsilon_{it} = 1, \dots, N, \quad (2)$$

donde el componente idiosincrásico ε_{it} es temporal y transversalmente independiente. Para explicar este factor común, se calculan simplemente medias transversales,

$$\underline{y}_t = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_{it} \quad (3)$$

Y modifica las regresiones de ADF. La denominada regresión de las secciones cruzadas aumentadas de Dickey-Fuller (CADF) se transforma en:

$$\Delta y_{it} = d_{it} + (\rho_i - 1)y_{it-1} + c_i \underline{y}_{t-1} + \sum_{j=1}^{k_i} \theta_{ij} \Delta y_{it-j} + \sum_{j=1}^{k_i} \Psi_{ij} \Delta \underline{y}_{t-j} + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

La inclusión de $\Delta \underline{y}_{t-j}$ en el lado derecho es paralela a la regresión ADF bajo cambios estructurales. Con $t_{\rho_i} = i = 1, \dots, N$, que denota la prueba de estadísticas individuales para $\rho_i = 1$, la evidencia acumulada se basa en el promedio del panel.

Para el caso de la regresión se asume un rezago distributivo autorregresivo (ARDL) (p, q_1, \dots, p_k) con una especificación de panel dinámico de la forma

$$y_{it} = \sum_{j=1}^p \lambda_{ij} y_{i,t-j} + \sum_{j=0}^q \delta_{ij} X_{i,t-j} + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

donde el número de grupos $i = 1, 2, \dots, N$; el número de periodos $t = 1, 2, \dots, T$; X_{it} es un vector $k \times 1$ de variables explicativas; δ_{ij} son los vectores de coeficientes $k \times 1$; λ_{ij} son escalares; y μ_i es el efecto específico del grupo. T debe ser lo suficientemente grande para que el modelo pueda adaptarse a cada grupo por separado. Pueden incluirse tendencias temporales y otros regresores fijos.

4.4 Grupo de medias de efectos comunes correlacionados (CCEMG)

El modelo CCEMG fue propuesto por Pesaran (2006) y ampliado por Chudik et al., (2015). Este estimador calcula el efecto de los regresores medios transversales en las variables de interés. Esta es una característica única que hace que CCEMG sea superior a otros enfoques de panel, como DOLS, FMOLS, MDG y otros. El estimador CCEMG se puede trabajar utilizando la siguiente ecuación:

$$y_{it} = \alpha_i + \sum_{l=0}^p \beta_{il} y_{it-l} + \sum_{l=0}^q \delta_{il} x_{it-l} + \sum_{l=0}^z \mu_{il} z_{it-l} + u_{it} \quad (6)$$

donde $\underline{z}_t = (\underline{y}_t, \underline{x}_t)'$, $\underline{y}_t = n^{-1} \sum_i^N y_t$ y $\underline{x}_t = n^{-1} \sum_i^N x_t$, para (p, q, z) son los rezagos.

A continuación, la especificación empírica del modelo se describe de la siguiente manera:

$$\ln CO_{2it} = \beta_{0i} + \beta_{1i} \ln PIBpc_{it} + \beta_{2i} (\ln PIBpc)_{it}^2 + \beta_{3i} \ln CErnw_{it} + \beta_{4i} \ln CEf_{it} + \epsilon_{it} \quad (7)$$

donde el número de economías de la APEC $i = 1, 2, \dots, N$; el número de periodos $t = 1, 2, \dots, T$; CO_2 es el logaritmo del dióxido de carbono en las economías de la APEC; $PIBpc$ es el logaritmo del Producto Interno Bruto per cápita de las economías de la APEC; $(PIBpc)^2$ es el logaritmo del producto Interno Bruto al cuadrado; $Ernw$ representa el logaritmo del consumo de energía renovable -consumo total de energía final; CEf es el logaritmo del total del consumo de energía de combustibles fósiles; ϵ es el término de error y finalmente β_{0i} , β_{1i} , β_{2i} , β_{3i} , β_{4i} son los parámetros del modelo.

Los coeficientes del PIB per cápita y el PIB per cápita al cuadrado indicarían el comportamiento esperado de la hipótesis EKC. Por lo que se esperaría un coeficiente positivo para el PIB per cápita, seguido de un coeficiente negativo para el PIB per cápita al cuadrado de acuerdo a los postulados de la hipótesis EKC e implica una relación invertida en forma de U entre la degradación ambiental y la evolución. Por el contrario, un coeficiente negativo para el PIB per cápita y un coeficiente positivo para el cuadrado del PIB per cápita apoyan la existencia de una relación en forma de U entre la degradación ambiental y los ingresos. Además de probar los postulados de la hipótesis EKC, también se medirá el efecto del consumo de energía renovable. Si bien se espera que el coeficiente del consumo de energía renovable sea negativo, lo que indica que las emisiones de CO_2 disminuyen con el aumento del consumo de energía renovable.

4.5 Los datos

La muestra de este estudio está formada por las 21 economías del Foro de Cooperación Económica Asia-Pacífico, los países incluidos en la muestra de este trabajo son algunas de las economías más avanzadas y con niveles de ingreso más altos del mundo, además de consumos en energía también importantes. Por lo anterior, las economías de la muestra proporcionan datos geográficamente diversos con los cuales examinar la relación entre el crecimiento económico, el consumo de energía fósil, energía renovable y las emisiones de dióxido de carbono. Los datos se obtienen de la base de datos del Banco Mundial (2022) y abarcan el período comprendido entre 1990 y 2018, el último año para el que se disponía de datos.

5. Análisis y discusión de resultados

Antes de implementar el modelo de datos del panel, se ha examinado la dependencia de las secciones cruzadas y la heterogeneidad de la pendiente de los datos a modelar. La dependencia en las secciones cruzadas implica que un choque que influye en un país puede afectar a otros países en el panel. La heterogeneidad de la pendiente sugiere que los coeficientes de pendiente estimados pueden no ser homogéneos y, por lo tanto, un coeficiente de pendiente que se estima para todo el panel sería inconsistente para los miembros individuales del panel. Granger (2003) y Pesaran (2006) en sus trabajos argumentan la importancia de los exámenes de dependencia transversal y heterogeneidad al realizar el análisis de datos de panel. En particular, Pesaran (2006) sugiere que puede producirse un sesgo considerable en los coeficientes estimados si se descuida la dependencia transversal dentro del panel.

Pesaran (2006) ha desarrollado una prueba para la dependencia de la sección transversal llamada CD. Las cuatro pruebas examinan la hipótesis nula de no dependencia transversal. Para examinar la existencia de heterogeneidad de la pendiente, Pesaran y Yamagata (2008) sugieren las pruebas $\tilde{\Delta}$ y $\tilde{\Delta}_{adj}$ se debe tomar en cuenta que la prueba $\tilde{\Delta}_{adj}$ tiene mejores propiedades. La hipótesis nula de la homogeneidad de la pendiente se prueba contra la hipótesis alternativa de la homogeneidad de la pendiente mediante estos métodos.

Tabla 3. Resultados de la prueba de dependencia de la sección cruzada

	CO_2	$PIBpc$	$(PIBpc)^2$	$Ernw$	CEf
prom ρ	0.65	0.90	0.91	0.11	0.10
prom $\sigma^2\rho^2$	0.78	0.90	0.91	0.53	0.53
CD	37.95	52.63	53.27	6.32	5.61
Valor- p	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Resultados de la prueba de heterogeneidad

	$\tilde{\Delta}$	$\tilde{\Delta}_{adj}$
Estadístico	4.03	4.68
Valor- p	0.00	0.00

Fuente: autores, con base en el período de la muestra y utilizando la versión 17 del software StataSE.

En la parte superior de la tabla 3 se reportan los resultados de las pruebas de dependencia transversal, mientras que la parte inferior presenta los resultados de las pruebas de heterogeneidad. Como se muestra, la hipótesis nula de no dependencia transversal puede rechazarse a un nivel de significación estadística del 1 % con respecto a todas las pruebas de dependencia transversal. En el mismo sentido, la hipótesis nula de homogeneidad de la pendiente también se rechaza a un nivel de significación estadística del 1 %. Estos resultados, sugieren que existen problemas de dependencia transversal y heterogeneidad de la pendiente en el modelo. Por lo tanto, se debe emplear una técnica empírica robusta que asuma la dependencia de la sección transversal y la heterogeneidad de la pendiente para analizar el modelo propuesto. En ese sentido el estimador CCEMG es adecuado ante las anteriores determinantes.

Como se ha dicho con anterioridad, y una vez que se muestra la evidencia de dependencia en las secciones cruzadas, se procede a aplicar la prueba de raíz unitaria diseñada por Pesaran (2007), que permite modelar series con dependencia transversal. La tabla 4 muestra que no se puede rechazar la hipótesis nula de estacionariedad bajo la que opera la prueba, es decir; se rechaza en órdenes de rezago más pequeños para todas las series y no se puede rechazar en órdenes de rezago más altos. No obstante, con un rezago los resultados sugieren que no hay evidencia de raíz unitaria para la primera diferencia de cada una de las series, de manera que se encuentra evidencia de que las series son estacionarias en sus primeras diferencias.

Tabla 4. Resultados de las pruebas de raíz unitaria de Pesaran (2007) (con tendencia)

	CO_2		$PIBpc$		$(PIBpc)^2$		$Ernw$		CEf	
	Zt-bar	Valor-p	Zt-bar	Valor-p	Zt-bar	Valor-p	Zt-bar	Valor-p	Zt-bar	Valor-p
Rezago 0	1.96	0.97	1.74	0.96	3.65	1.00	-1.04	0.15	-2.02	0.021
Rezago 1	1.70	0.95	0.19	0.57	2.30	0.98	0.81	0.79	0.32	0.62
Resultados de las pruebas de raíz unitaria de Pesaran (2007) (sin tendencia)										
	ΔCO_2		$\Delta PIBpc$		$\Delta(PIBpc)^2$		$\Delta Ernw$		ΔCEf	
	Zt-bar	Valor-p	Zt-bar	Valor-p	Zt-bar	Valor-p	Zt-bar	Valor-p	Zt-bar	Valor-p
Rezago 0	-11.7	0.00	-9.36	0.00	-9.25	0.00	-14.9	0.00	-11.9	0.00
Rezago 1	-4.38	0.00	-5.61	0.00	-5.53	0.00	-8.18	0.00	-5.92	0.00

Fuente: autores, con base en el período de la muestra y utilizando la versión 17 del software StataSE.

A continuación, se presentan los resultados del modelo EKC especificado en la Ec. (6). Se ha utilizado el estimador de Efectos Comunes Correlacionados, modelo que permite trabajar con series que tienen dependencia transversal y heterogeneidad en sus parámetros, al tiempo que producen estimaciones de coeficientes asintóticamente imparciales y eficientes para cada economía del panel. Para este trabajo y siguiendo la estructura de rezagos de la prueba de raíz unitaria se estimó el modelo con un rezago. La tabla 5 presenta los resultados del panel de las economías de la APEC examinados en este estudio.

Las columnas 1 y 2 de la tabla ilustran conjuntamente los efectos del crecimiento económico, medido por el PIB per cápita, en las emisiones de CO_2 al exhibir tanto coeficientes como errores

estándar. Más específicamente, este resultado muestra la relación entre el desarrollo económico y la contaminación ambiental al tomar el consumo de energía.

Tabla 5. Resultados de la relación entre crecimiento económico, energía renovable, energía fósil y contaminación ambiental

	$\ln CO_2$	$\ln PIBpc$	$\ln(PIBpc)^2$	$\ln Ernw$	$\ln CEf$
	Curva medioambiental de Kuznets (EKC)		Consumo de energía renovable	Consumo de energía fósil	
	(1)	(2)	(3)	(4)	
	$\ln PIBpc$	$(\ln PIBpc)^2$	$\ln Ernw$	$\ln CEf$	
Coefficiente	0.108**	-1.80e-09*	-0.306***	0.793***	
Error estándar	0.057	1.15e-09	0.099	0.308	
Valor-p	0.059	0.109	0.002	0.010	

Nota: ***, **, * indican significancia estadística al nivel del 1, 5, y 10 % respectivamente.

Fuente: autores, con base en el período de la muestra y utilizando la versión 17 del software StataSE.

La relación entre las variables seleccionadas cubrió la expectativa esperada, no obstante, es importante comentar sobre los hallazgos encontrados. En un primer momento, la EKC entre calidad ambiental (CO_2) y PIB denota que hay una relación inelástica que sugiere que a medida que incrementa el nivel de riqueza por habitante en una unidad, también aumenta la contaminación por CO_2 , de manera inelástica (0.10). No obstante, el PIB elevado al cuadrado muestra una relación inversa, lo que es congruente con la hipótesis de la EKC, se debe destacar que el grado de respuesta de valores cercano a cero; es muy bajo, lo que denota una pendiente negativa, pero suave.

En este sentido, la EKC en promedio tiene el comportamiento esperado, aunque un análisis más detallado, por ejemplo, por economías o grupos de economías podría revelar más información de la etapa de desarrollo correspondiente a cada economía. En el caso de la Ernw se destaca que el grado de respuesta a las emisiones contaminantes es inelástico y negativo, este resultado es consistente con otros estudios que encuentran el mismo tipo de relación entre CO_2 y consumo de energía renovable.

A diferencia del Ernw se aprecia que el uso de CEf presenta una relación positiva, aunque inelástica, tal como se esperaba y a su vez tiene un mayor impacto del coeficiente en términos de la relación, dado que el incremento de una unidad de consumo de energía fósil por habitante, tiene un impacto de 0.70 en la emisión de gases CO_2 . En este sentido, se coincide con otros estudios en términos que el aumento de la eficiencia energética y el papel de las energías renovables del consumo total de energía pueden ayudar a aumentar la seguridad energética al reducir la dependencia de la región de los combustibles fósiles importados, a la vez que reducir las emisiones CO_2 , dado que los combustibles fósiles actualmente son la principal fuente de energía, desde el sector primario al resto de la economía (Al-Mulali, et al., 2016; Dong; 2018;).

La técnica econométrica empleada es novedosa en la demostración de la EKC, mostrando coincidencia con una variante del mismo modelo empleando la variable CO_2 en función de la producción agrícola y la producción ganadera, en este estudio también encontró una relación inelástica con las variables explicativas (Ayyildiz, 2020). Debido al potencial que presentan estos

modelos, se propone su adaptación y aplicación para otros trabajos empíricos, pudiendo usar otras variantes, como por ejemplo, otro tipo de contaminantes.

6. Conclusiones

El presente trabajo se realizó considerando las economías de la región APEC, se analizan los principales factores que explican la emisión de dióxido de carbono (CO_2) mediante un enfoque econométrico de datos panel, para lo cual se utilizó el modelo de Efectos Comunes Correlacionados propuesto por Pesaran y ampliado por Chudik; analizando el ciclo de desarrollo económico y contaminación ambiental conocido como la Curva Ambiental de Kuznets (EKC). Cabe señalar que el modelo permite la dependencia de las secciones cruzadas y la heterogeneidad, al tiempo que produce estimaciones de coeficientes asintóticamente imparciales y eficientes para cada país del panel; por lo que una de las aportaciones de la presente investigación reposa en la originalidad de la metodología empleada.

La aproximación utilizada permite confirmar la relación entre el crecimiento económico bajo el modelo actual, el consumo de energías renovables, el consumo de energías fósiles y las emisiones de dióxido de carbono (CO_2) en las economías de la APEC durante el periodo de análisis, el cual fue de 1990 a 2018. Así mismo, los resultados muestran la trayectoria de la EKC (segunda y tercera columna de la tabla 5) respecto de la emisión de dióxido de carbono (CO_2) por parte de los países que conforman la región APEC, mostrando un indicador de $-1.80e-09^*$ posicionando a la zona en la parte con pendiente negativa o ascendente de la U invertida de la curva. Lo cual pone de manifiesto la imperiosa necesidad de implementar medidas más efectivas con la finalidad de reducir las emisiones de dióxido de carbono (CO_2).

Cabe señalar que APEC ha adquirido en cada una de sus cumbres múltiples compromisos con el objetivo de frenar las emisiones de gases de efecto invernadero, con diversos resultados, aunque cabe agregar aún moderados. No obstante, se sigue monitoreando los efectos de las medidas implementadas y trabajos como el presente podrán coadyuvar al análisis e identificación de los efectos de la relación existente entre el crecimiento económico, el consumo de energías renovables, el consumo de energías fósiles y las emisiones de dióxido de carbono (CO_2) en las economías de la APEC, a partir de los cuales las economías que conforman la región podrán dictar las decisiones a seguir donde países clave como lo son China y Estados Unidos serán decisivos para revertir el cambio climático.

Por su parte, las columnas 4 y 5 de la tabla 5 denotan la dependencia de los modelos de crecimiento económico actuales respecto del consumo de energías fósiles en el periodo analizado con un valor en la quinta columna (energías fósiles) de 0.793^{***} y en la cuarta columna (energías renovables) de -0.306^{***} . A partir de estos resultados se puede concluir la necesidad de incrementar, eficientizar e implementar políticas que aumenten la participación de energías renovables en el combo de energía total como un medio potencialmente efectivo de estrategia de reducción de emisiones. Donde se deberán considerar diversas aristas entre ellas dos puntos focales: poner particular atención a las industrias intensivas en contaminación y, por otra parte, realizar una exhaustiva planificación respecto a la sustitución de energías fósiles, para que la implementación de energías renovables no traiga consigo otros problemas no identificados en primera instancia.

Dentro de las limitaciones del presente trabajo se tiene que los resultados mostrados comprenden el total de las economías APEC utilizadas en el estudio por lo que se recomendaría en futuros trabajos realizar un análisis agrupando las economías que conforman la zona en economías de bajo, medio y altos ingresos, a fin de conocer las fases del desarrollo que presenta cada grupo de economías y su impacto en el medio ambiente.

Es pertinente resaltar que la región APEC al ser económicamente la más dinámica del mundo, adicionando el factor de que las economías que la conforman consumen poco más del 60 por ciento de la energía mundial al contar con aproximadamente el 40 por ciento de la población total, será clave para procurar el bienestar de la población preservando la calidad ambiental, ya que las decisiones que tomen las economías que conforman APEC podrían revertir el cambio climático y, por ende, todos los efectos negativos que conlleva.

Referencias

- [1] Aruga, K. (2019). Investigating the Energy-Environmental Kuznets Curve Hypothesis for the Asia-Pacific Region. *Sustainability*, 11, 2395. <https://doi.org/10.3390/su11082395>.
- [2] Al-Mulali, U., Ozturk, I., & Solarin, S. A. (2016). *Investigating the environmental Kuznets curve hypothesis in seven regions: The role of renewable energy*. *Ecological Indicators*, 67, 267–282. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.02.059>.
- [3] Ayyildiz, M., & Erdal, G. (2020). The relationship between carbon dioxide emission and crop and livestock production indexes: a dynamic common correlated effects approach. *Environmental Science and Pollution Research*. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10409-8>.
- [4] APEC, (2021). “APEC Regional Trends Analysis: Bolstering Supply Chains, Rebuilding Global Trade; Making Recovery Inclusive” (Singapore: APEC, May 2021), <https://www.apec.org/Publications/2021/05/APEC-Regional-Trends-Analysis---May-2021> <https://doi.org/10.1109/apec42165.2021.9487317>
- [5] Atwi S Barberán, R., y Angulo G. (2018). CO₂ Kuznets curve revisited: from cross-sections to panel data models. *Investigaciones Regionales — Journal of Regional Research*, 40. pp. 169-196. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10017/33482>.
- [6] Baldwin, Richard (1995). Does sustainability require growth? En: Goldin, Ian y Winters, L. Alan. (Eds.), *The Economics of Sustainable Development*. Centre For Economic Policy Research. Cambridge University Press, pp. 19–46
- [7] Balsalobre-Lorente, Daniel; Shahbaz, Muhammad; Ponz-Tienda, José Luis y Cantos-Cantos, José María (2017), “Energy Innovation in the Environmental Kuznets Curve (ekc): A Theoretical Approach”, *Carbon Footprint and the Industrial Life Cycle*, Springer, Cham, pp. 243-268. https://doi.org/10.1007/978-3-319-54984-2_11
- [8] Catalán, Horacio (2014), “Curva ambiental de Kuznets: implicaciones para un crecimiento sustentable”, *Economía Informa*, 389, pp. 19-37. [https://doi.org/10.1016/s0185-0849\(14\)72172-3](https://doi.org/10.1016/s0185-0849(14)72172-3)
- [9] Chudik, A., & Pesaran, M. H. (2015). Common correlated effects estimation of heterogeneous dynamic panel data models with weakly exogenous regressors. *Journal of Econometrics*, 188(2), 393–420. <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2015.03.007>
- [10] Dasgupta, Susmita; Laplante, Benoit; Wang, Hua y Wheeler, David (2002), Confronting the environmental Kuznets curve, *Journal of Economic Perspectives*, 16 (1), pp. 147-168. <https://doi.org/10.1257/0895330027157>
- [11] Dong, K., Sun, R., Li, H., & Liao, H. (2018). Does natural gas consumption mitigate CO₂ emissions: Testing the environmental Kuznets curve hypothesis for 14 Asia-Pacific countries. *Renewable and Sustainable*

- Energy Reviews*, 94, 419–429. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.06.026>
- [12] Eckstein, D., Künzel, V., & Schäfer, L. (2021). Global climate risk index 2021. *Who Suffers Most from Extreme Weather Events, 2000-2019*. Disponible en: Global Climate Risk Index | Germanwatch e.V.
- [13] Granger, C. W. J. (2003). Time Series Concepts for Conditional Distributions*. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 65(s1), 689–701. <https://doi.org/https://doi.org/10.1046/j.0305-9049.2003.00094.x>
- [14] Grubb, M., Vrolijk, C., & Brack, D. (1999). *Kyoto protocol: a guide and assessment*. <https://www.routledge.com/Routledge-Revivals-Kyoto-Protocol-1999-A-Guide-and-Assessment/Grubb-Vrolijk-Brack/p/book/9781138506848>
<https://doi.org/10.4324/9781315147024>
- [15] Harari, Y. N. (2016). *Homo Deus: Breve historia del mañana*. Ed. Debate. España. ISBN: 978-84-9992671-1.
- [16] International Energy Agency (IEA), (2020). “Global Energy Review: CO₂ Emissions in 2020,” 2 March 2021, <https://www.iea.org/articles/global-energyreview-co2-emissions-in-2020>
<https://doi.org/10.1787/1d4ad1f2-en>
- [17] IPCCa, (2021). Panel Intergubernamental del Cambio Climático, “Sixth Assessment Report, Working Group I: Regional Fact Sheet – Asia,” 2021,
- [18] https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/factsheets/IPCC_AR6_WGI_Regional_Fact_Sheet_Asia.pdf
- [19] IPCCb, (2021). Panel Intergubernamental del Cambio Climático, “Sixth Assessment Report, Working Group I: Regional Fact Sheet – Australasia,” 2021,
- [20] https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/factsheets/IPCC_AR6_WGI_Regional_Fact_Sheet_Australasia.pdf
- [21] IPCCc, (2021). Panel Intergubernamental del Cambio Climático, “Sixth Assessment Report, Working Group I: Regional Fact Sheet – North and Central America,” 2021,
- [22] https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/factsheets/IPCC_AR6_WGI_Regional_Fact_Sheet_North_and_Central_America.pdf
- [23] Jones, R. N., & Preston, B. L. (2011). Adaptation and risk management. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 2(2), 296–308. <http://doi.org/10.1002/wcc.97>.
- [24] Kiley, Michael T. (2021). *Growth at Risk from Climate Change. FEDS Working Paper No. 2021-54*, Available at SSRN: <http://dx.doi.org/10.17016/FEDS.2021.054>.
- [25] Klein, D., Carazo, M. P., Doelle, M., Bulmer, J., & Higham, A. (2017). *The Paris Agreement on Climate Change: Analysis and Commentary*. OUP Oxford. <https://books.google.com.mx/books?id=I28sDwAAQBAJ>
<https://doi.org/10.2139/ssrn.4124595>
- [26] Meadows, Donella; Meadows, Denni; Randers, Jorge y Behrens, William (1972), *Los límites del crecimiento: informe al Club de Roma sobre el predicamento de la humanidad*, Fondo de Cultura Económica, México. <https://doi.org/10.2307/j.ctvhn09kv.13>
- [27] Mesarovic, Mihajio y Pestel, Eduard (1975), *La humanidad en la encrucijada, segundo informe del Club de Roma*, Fondo de Cultura Económica, México.
- [28] Murshed, M., Haseeb, M., & Alam, M. S. (2021). The Environmental Kuznets Curve hypothesis for carbon and ecological footprints in South Asia: the role of renewable energy. *GeoJournal*. <https://doi.org/10.1007/s10708-020-10370-6>.
- [29] Panayotou T (1993) Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development. ILO Work Pap WP238
- [30] Panayotou, T. (1997). Demystifying the environmental Kuznets curve: Turning a black box into a policy tool. *Environment and Development Economics*, 2(4), 465-484. doi:10.1017/S1355770X97000259
<https://doi.org/10.1017/s1355770x97000259>
- [31] Pesaran, H. M., & Yamagata, T. (2008). Testing slope homogeneity in large panels. *Journal of Econometrics*, 142(1), 50–93. <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2007.05.010>

- [32] Pesaran, M. H. (2004). *General Diagnostic Test for Cross Section Dependence in Panels* (Vol. 3).
- [33] Pesaran, M. H. (2006). Estimation and inference in large heterogeneous panels with a multifactor error structure. *Econometrica*, 74(4). <https://doi.org/10.1111/j.1468-0262.2006.00692.x>
- [34] Pesaran, M. H. (2007). A simple panel unit root test in the presence of cross-section dependence. *Journal of Applied Econometrics*, 22(2), 265–312. <https://doi.org/10.1002/jae.951>
- [35] Raymond, C. M., Fazey, I., Reed, M. S., Stringer, L. C., Robinson, G. M., y Evely, A. C. (2010). Integrating local and scientific knowledge for environmental management. *Journal of Environmental Management*, 91(8), 1766–1777. <https://doi:10.1016/j.jenvman.2010.03.023>.
- [36] Saudi, M. H. M. O. Sinaga, N. H. Jabarullah, (2019). The Role of Renewable, Non-renewable Energy Consumption and Technology Innovation in Testing Environmental Kuznets Curve in Malaysia. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 9(1), 299-307. <https://doi.org/10.32479/ijeep.7327>.
- [37] Selden, Thomas y Song, Daqing (1994), "Environmental quality and development: a Kuznets curve for air pollution emissions?", *Journal of Environmental Economics and Management*, 27 (2), pp. 147-162. <https://doi.org/10.1006/jjem.1994.1031>
- [38] Stern, D, Common, Michael y Barbier, Edward (1996). Economic growth and environmental degradation: the environmental Kuznets curve and sustainable development. *World Development*, 24 (7), pp. 1151-1160. [https://doi.org/10.1016/0305-750x\(96\)00032-0](https://doi.org/10.1016/0305-750x(96)00032-0)
- [39] Stern, D. (2004), The rise and fall of the environmental Kuznets curve. *World Development*, 32 (8), pp. 1419-1439. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2004.03.004>
- [40] Stern, N. (2016). *Economics: Current climate models are grossly misleading*. *Nature* 530, 407–409. <https://doi.org/10.1038/530407a>.
- [41] Schellnhuber, H. J., Rahmstorf, S., & Winkelmann, R. (2016). Why the right climate target was agreed in Paris. *Nature Climate Change*, 6(7), 649–653. <https://doi.org/10.1038/nclimate3013>
- [42] Vo, D. H., Nguyen, N. T., Vo, A. T., Ho, C. M., & Nguyen, T. C. (2021). Does the Kuznets curve apply for financial development and environmental degradation in the Asia-Pacific region? *Heliyon*, 7(4), e06708. <https://doi:10.1016/j.heliyon.2021.e06708>.
- [43] Ugrinowitsch, C., Fellingham, G. W., & Ricard, M. D. (2004). Limitations of ordinary least squares models in analyzing repeated measures data. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(12). <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000147580.40591.75>
- [44] Wagner, Martin (2008), "The carbon Kuznets curve: a cloudy picture emitted by bad econometrics?", *Resource and Energy Economics*, 30 (3), pp. 388-408. <https://doi.org/10.1016/j.reseneeco.2007.11.001>
- [45] Wang, Li (2011), "A nonparametric analysis on the environmental Kuznets curve", *Environmetrics*, 22 (3), pp. 420-430. <https://doi.org/10.1002/env.1080>
- [46] Weitzman, M. L. 2014. "Fat Tails and the Social Cost of Carbon." *American Economic Review*, 104 (5): 544-46. <https://doi:10.1257/aer.104.5.544>.
- [47] Wooldridge, J. M. (2012). Introductory econometrics: a modern approach. In *Introductory econometrics : a modern approach*. Cengage Learning.
- [48] Zhang, S. (2019). Environmental Kuznets curve revisit in Central Asia: the roles of urbanization and renewable energy. *Environmental Science and Pollution Research*. <https://doi:10.1007/s11356-019-05600-5>.

Energías renovables, PIB, mercados financieros e investigación: la experiencia de América latina. 2000-2019

Ricardo Carreón Sosa^{1*} - Universidad Nacional Autónoma de México, México

David Bonilla Vargas* - Universidad Nacional Autónoma de México, México

Resumen

Las energías renovables deben ser parte del esfuerzo por alcanzar la reducción de emisiones de CO₂ frente al calentamiento global. El objetivo general de esta investigación se enfoca en reconocer el impacto de agentes económicos, financieros y de I + D (Investigación y desarrollo) como factores de crecimiento en la generación de energía renovable (GER) en América latina (AL). La metodología se basa en un estudio econométrico que utiliza un análisis de panel con elementos fijos, se utilizan pruebas de especificación, (Ramsey) pruebas de autocorrelación (Durbin-Watson), (Breusch-Godfrey), y correcciones con (Cochrane-Orcutt). Los datos aportan resultados inéditos coherentes con los objetivos planteados, destacan la importancia de los mercados financieros como vía de impulso a los principales países en las seis tecnologías de GER, por lo cual se recomienda para AL acelerar el desarrollo de sus mercados e instituciones financieras y mayores inversiones en I+ D. Dentro de las conclusiones más importantes se reconocen en AL los efectos favorables reflejados en el sector bioenergético y el impacto positivo con el aumento del PIB en el crecimiento de la energía solar y eólica.

Clasificación JEL: C51, Q420, Q43, Q40.

Palabras clave: Energía Renovable, apertura comercial, instituciones y mercados financieros, PIB, I+D.

Renewable energies, GDP, financial markets and research: the experience of Latin America. 2000-2019

Abstract

Renewable energies must be part of the effort to reduce CO₂ emissions in the face of global warming. The general objective of this research focuses on recognizing the impact of economic, financial and R & D (Research and Development) agents as growth factors in the generation of renewable energy (GER) in Latin America (LA). The methodology is based on an econometric study that uses a panel analysis with fixed elements, specification tests, (Ramsey) autocorrelation tests (Durbin-Watson), (Breusch-Godfrey), and corrections with (Cochrane-Orcutt). The data provide unprecedented results consistent with the objectives set, highlight the importance of financial markets as a means of promoting the main countries in the six GER technologies, for which it is recommended for LA to accelerate the development of its markets and financial institutions and greater investments in R&D. Among the most important conclusions, the favorable effects reflected in the bioenergy sector and the positive impact with the increase in GDP on the growth of solar and wind energy are recognized in LA.

JEL Classification: C51, Q420, Q43, Q40.

Keywords: Renewable Energy, commercial openness, financial institutions and markets, GDP, R&D.

¹ Autor de correspondencia. Instituto de Investigaciones Económicas (UNAM). Mario de la Cueva, Ciudad Universitaria, C.P. 04510, CDMX, México

* El autor agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo para la beca doctoral (CONACYT), 2018/2022. Agradecimiento: Los autores agradecen a la UNAM por el apoyo otorgado a través del proyecto IN303421 del Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica.

1. Introducción

El objetivo de este apartado busca exponer de manera actualizada y confiable la problemática relacionada a los agentes económicos y financieros con respecto a la evolución de la generación de energía renovable (GER) en América latina (AL) y en el mundo considerando los antecedentes del comportamiento de cada una de las seis tecnologías estudiadas. La siguiente investigación en primer lugar, reconoce el estado del arte, la problemática energética y económica en AL y el mundo, posteriormente se describe la metodología empleada, por último, se exponen los resultados para cada una de las tecnologías en las regiones de estudio.

La importancia de esta investigación parte de la hipótesis de reconocer los efectos en la inversión de recursos económicos en desarrollar conocimientos y capacidades tecnológicas, así como innovaciones en términos energéticos sostenibles. y finalmente las conclusiones ofrecen recomendaciones a distintas áreas, entre académicos, empresarios, investigadores o actores políticos que influyan de manera directa entre la comunicación científica en virtud del desarrollo tecnológico en la GER en AL y en el mundo. En la Tabla 1 se observa los 31 países que se estudian en un periodo de 20 años.

El alcance de los resultados que se ofrecen, nos permiten reconocer los agentes económicos y financieros a partir de relacionar seis variables que incluyen, a la generación de energía renovable (GER), como variables dependientes y cinco variables explicativas que analizan el comportamiento económico, financiero y de inversión en investigación y desarrollo (I+D) , para los 16 países de Latinoamérica con mayor participación en GER, y los cinco principales países con mayor GER en el mundo para un periodo de 20 años de 2000 a 2019.

Tabla 1. Países en estudio en Américalatina y en el mundo

AL	Mundo
Brazil	China
Mexico	India
Venezuela	USA
Argentina	Russian Fed
Colombia	Japan
Chile	Germany
Paraguay	Spain
Peru	Canada
Ecuador	Indonesia
Uruguay	Philippines
Costa Rica	Turkey
Guatemala	New Zealand
Panama	France
Honduras	Korea Rep
El Salvador	United Kingdom
R. Dominicana	

Fuente: Elaboración propia

La técnica econométrica utilizada se basa en la aplicación de un modelo de panel con efectos fijos en el tiempo, que permite distinguir las correlaciones que existen entre los datos de los indicadores energéticos como variables dependientes y los indicadores económicos, financieros y de I+D como variables explicativas de los 16 principales países con mayor capacidad instalada de energía renovable ER en AL, comparado con los cinco principales países con mayor capacidad instalada alrededor del mundo para cada una de las seis diferentes tecnologías renovables en el periodo correspondiente de 2000 a 2019.

2. Estado del Arte.

En esta sección se describe la literatura y los estudios relacionados al contexto actual de la GER en AL y en el mundo, así como la influencia entre los diferentes autores en la discusión respecto a la influencia de las variables económicas, financieras y de I+D como explicativas en el crecimiento o como obstáculo en el desarrollo de la GER. El impacto de la siguiente investigación se percibe al reconocer los efectos relacionados al despliegue de tecnologías de GER en AL y el mundo a partir de su evolución identificando a las seis principales fuentes renovables, entre ellas la energía hidroeléctrica, fotovoltaica, eólica, geotérmica, bioenergía y marina. De acuerdo con (Khezri et al., 2021), es posible reconocer cinco variables explicativas que han permitido determinar el comportamiento de la energía renovable y los factores que influyen y dictan su comportamiento, lo que permite impulsar o limitar su penetración como alternativa energética.

Para reconocer el aporte científico en el área de estudio, se desarrollo un análisis bibliométrico que permite reconocer las fronteras del conocimiento y las tendencias en investigaciones recientes con mayor impacto al rededor del mundo, referentes a las variables explicativas y la GER. Se efectuaron cinco búsquedas en “Web of Science” (WoS) realizadas el 10 de junio de 2022, con distintos términos de búsqueda; el primero, “Renewable energy” (ER), and, “Openness trade” (OTR), el segundo, “Renewable energy”, and, “Financial institutions” (IFIN), el tercero, “Renewable energy”, and, “Financial markets” (MFIN), el cuarto “Renewable energy”, and, “R&D” (I+D), y el quinto “Renewable energy”, and, “GDP” (PIB). En las notas complementarias *apartado 1*, se describen los resultados del análisis bibliométrico de cada búsqueda, identificando a partir de herramientas de visualización de redes de colaboración, los principales autores, la cantidad de citas, los principales países, y los conceptos emergentes, se logro distinguir los artículos que cuentan con mayor impacto entre la comunidad científica a fin de reconocer los principales actores involucrados en las discusiones actuales entorno a la evolución tecnológica de las GER como resultado del comportamiento de variables económicas y financieras. Se utilizo para la visualización y el agrupamiento de los resultados el software VOSviewer (Van Eck y Waltman, 2010).

2.1 Problemática económica y financiera en AL y en el mundo

El primer análisis bibliométrico realizado, considera como variable económica explicativa el PIB con las ER, se distinguen a los autores y los trabajos con mayor fuerza de enlace, lo cual representa una ponderación entre el numero de documentos y el numero de citas referentes a ER y a PIB.

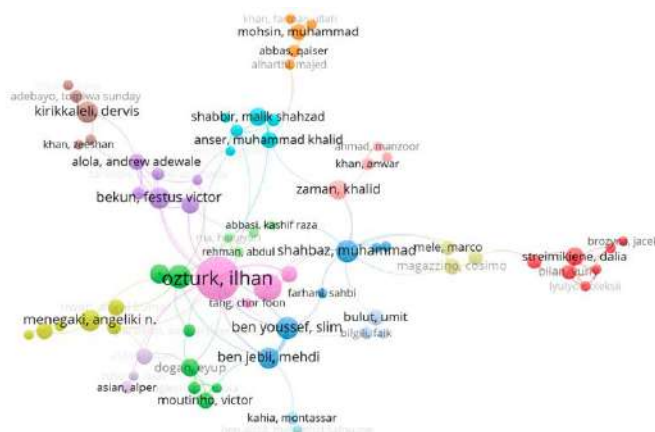


Fig. 1. Red de colaboración de autores PIB-ER.

Fuente: Elaboración propia

En la *Tabla 2*, se observan los principales autores y las redes de colaboración entre ER y PIB. (Ozturk, Ilhan, 2021), obtuvo 28 documentos en estudio.

Tabla 2. Análisis bibliométrico PIB Y ER

Autor	Documents'	Citas	Fuerza de enlace
Ozturk, Ilhan	28	3,404	38
Yuan, Jiahai	7	158	22
Rafiq, Muhammad	6	69	21
Azam, Anam	5	59	21
Shafique, Muhammad	5	59	21
Zhang, Haonan	4	73	15
Al-Mulali, Usama	14	1,296	14
Bekun, Festus Victor	9	349	14
Ateeq, Muhammad	3	6	14
Apergis, Nicholas	11	2,315	13

Fuente: Elaboración propia

En un nuevo estudio (Al-mulali et al., 2013), se investigó a 108 países con diferentes ingresos, donde se reconocen los efectos bidireccionales a largo plazo entre el aumento en el PIB y el consumo de ER; el estudio revela que un 79 % de los países analizados tienen efectos bidireccionales positivos a largo plazo y de retroalimentación, a diferencia del 19 % de los países que no mostraron relaciones entre ambas variables sugiriendo neutralidad entre ellas y solo el 2 % de los países en estudio mostró una relación unidireccional lo que refiere un comportamiento de conservación, *Tabla 3*.

Tabla 3. Estudios sobre la relación crecimiento del PIB - consumo de ER

Autor	Periodo	País	Metodología	Hipótesis
Menyah y Rufael	1960-2007	EE.UU	VAR	conservación
Menegaki	1997-2007	Europa	paneles	neutralidad
Apergis et al.	1984-2007	Países desarrollados y en desarrollo	paneles	retroalimentación
Apergis y Payne	1990-2007	Países emergentes	paneles	retroalimentación
Tugcu et al.	1980-2009	países del G-7	ADRL	retroalimentación
Apergis y Payne	1990-2007	Países desarrollados y en desarrollo	paneles	retroalimentación
Apergis y Payne	1992-2007	Eurasia	paneles	retroalimentación
Apergis y Payne	1985-2005	OCDE	paneles	retroalimentación
Sadorski	1994-2003	Países emergentes	paneles	retroalimentación
Apergis y Payne	1985-2006	Centroamérica	paneles	retroalimentación

Elaboración propia. (Al-mulali et al., 2013),

Por otro lado (Ozturk, Ilhan) trabajo con (Tugcu, Can Tansel), en su análisis de un modelo auto regresivo con retardos distribuidos (ADRL), se reconocieron también los efectos positivos bidireccionales entre el PIB y la ER en países del G7 compuesto por Canadá, Francia, Alemania, Italia, Japón, Reino Unido, Estados Unidos y la Unión Europea (UE), en un periodo que cubre hasta 2009, (Tugcu et al., 2012). El único estudio que mostro un comportamiento unidireccional fue para la región de Estados Unidos en un periodo de 1960 a 2007 (Menyah & Wolde-Rufael, 2010)

Otra de las variables representativas en el crecimiento de la ER se considera a la apertura comercial, la cual es reconocida como el antecedente requerido para la liberalización de la cuenta de capital y sugiere que se debe promover el crecimiento del sistema bancario para obtener resultados positivos en el desarrollo del mercado de valores. En este sentido se comprende que a mayor nivel de apertura financiera se requiere un adecuado desarrollo legal para estimular el desarrollo del mercado de acciones.

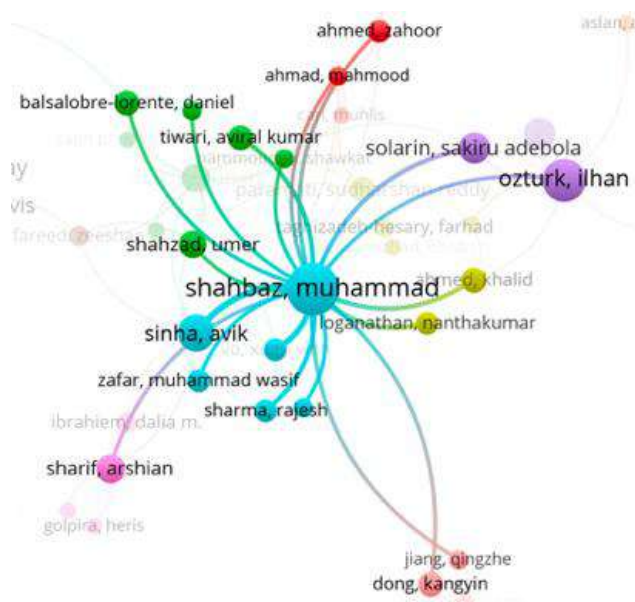


Fig. 2. Red de colaboración de autores OTR-ER.

Fuente: Elaboración propia

La liberación de la cuenta de capital como uno de los tres componentes de la balanza de pagos, se ve beneficiada con la apertura comercial en las naciones, como se menciona en (Chinn & Ito, 2006) *“La liberalización de la cuenta de capital puede conducir al desarrollo de los sistemas financieros a través de varios canales, puede reducir el costo del capital y aumentar su disponibilidad para los prestatarios, eliminación de los controles de capital, permite a los inversores nacionales y extranjeros participar en una mayor diversificación de cartera y eliminar las instituciones financieras ineficientes y aumentar la disponibilidad de crédito”*.

Tabla 4. Análisis Bibliométrico, OTR Y ER

Autor	Documentos	Citas	Fuerza de enlace
Shahbaz, muhammad	24	3372	33
Yaseen, muhammad rizwan	9	291	25
Ozturk, ilhan	16	1575	23
Sinha, avik	12	969	21
Makhdum, muhammad sohail amjad	6	226	19
Usman, muhammad	8	330	17
Dogan, buhari	8	238	15
Kousar, rakhshanda	5	218	15
Al-mulali, usama	10	1397	14
Ali, qamar	7	294	14

Fuente: Elaboración propia

Para el caso de los mercados financieros se obtuvieron 3,113 documentos en WoS, analizando los artículos con mas citas se forman principalmente 2 clúster conectados en los cuales puede distinguirse a (Shahbaz, Muhammad), nuevamente en la lista de los principales en redes de colaboración en temas de MFIN y ER, sin embargo los artículos que tienen mayor fuerza de enlace pertenecen a los cinco autores que se muestran a continuación.

Tabla 5. Análisis bibliométrico, MFIN Y ER

Autor	Documentos	Citas	Fuerza de enlace
Di trapani, anna maria	3	114	12
Fodera, mario	3	114	12
Sgroi, filippo	3	114	12
Testa riccardo	3	114	12
Tudisca, salvatore	3	114	12

Fuente: Elaboración propia

Es reconocido en (Shahbaz et al., 2021), que el desarrollo financiero promueve la demanda de energía renovable, es decir, todo aumento en el nivel de calidad y eficiencia de los intermediarios financieros traerán beneficios en el desarrollo tecnológico de este sector, por otro lado, se considera que el crecimiento económico, es decir el aumento en el valor del PIB en un periodo, disminuye el consumo de energías renovables, su argumento final concluye que el desarrollo financiero desencadena una demanda creciente de fuentes de energía amigables.

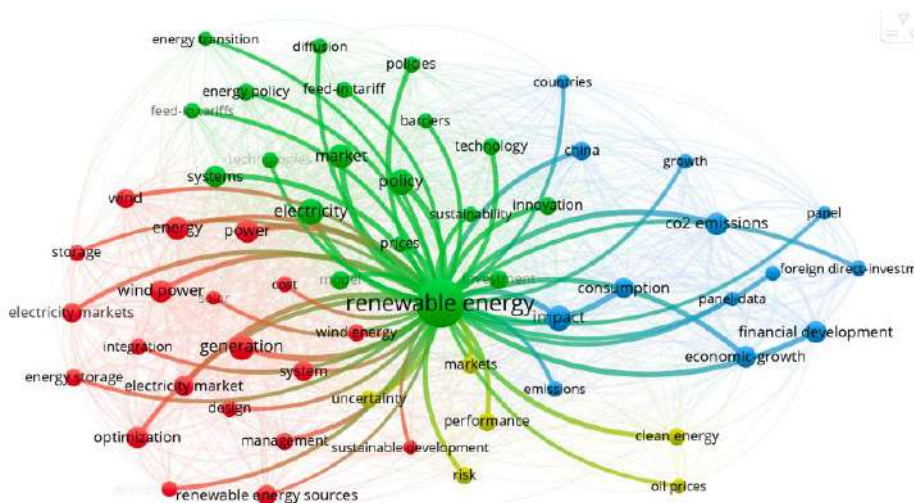


Fig. 3. Red de conceptos emergentes, MFIN-ER.

Fuente: Elaboración propia

Se propone contemplar los indicadores que revelen el comportamiento referente a la evolución de los mercados financieros y las instituciones financieras, como se ha estudiado anteriormente en (Frutos-Bencze et al., 2019), la penetración en la matriz energética de las fuentes renovables requieren un análisis en la estructura financiera de los países de estudio, se concluye en

su análisis que *“el despliegue de energías renovables parece ser independiente del crecimiento económico en términos de crecimiento del PIB”*, sin embargo; en el modelo que se formula en esta investigación, el crecimiento del PIB en cada país es analizado en conjunto con las variables financieras, económicas y la inversión de cada país en I + D para revelar el papel de dichas variables en la evolución del sector energético renovable.

En la *Tabla 6* y *Fig. 4* se reconoce el comportamiento entre la evolución de las instituciones financieras y la ER en el mundo.

Tabla 6. Análisis Bibliométrico, IFIN Y ER

Autor	Documentos	Citas	Fuerza de enlace
lu, jun	13	1,326	34
li, liang	10	629	28
ni, jiangfeng	9	625	27
yuan, yifei	4	279	16
ding, jianning	5	57	13
ma, lu	3	318	13
wang, ying	7	158	13
yuan, ningyi	5	57	13
khan, hayat	7	52	12
khan, itbar	7	52	12

Fuente: Elaboración propia

Se ha señalado en diversos contextos los beneficios de la globalización para economías en desarrollo, en particular el acceso a los desarrollos tecnológicos que trae en consecuencia la creación de capacidades energéticas, como se resalta en (Koengkan et al. 2019), el desempeño económico aumenta de acuerdo al nivel de transferencia tecnológica que se encuentra al alcance de los países, por lo cual esta investigación revela de origen no solo de la participación de la globalización como motor del desempeño energético renovable en AL a partir del análisis de las variables económicas y financieras, sino del papel que juegan centros de investigación en la innovación tecnológica, lo que advierte el crecimiento en energías renovables.

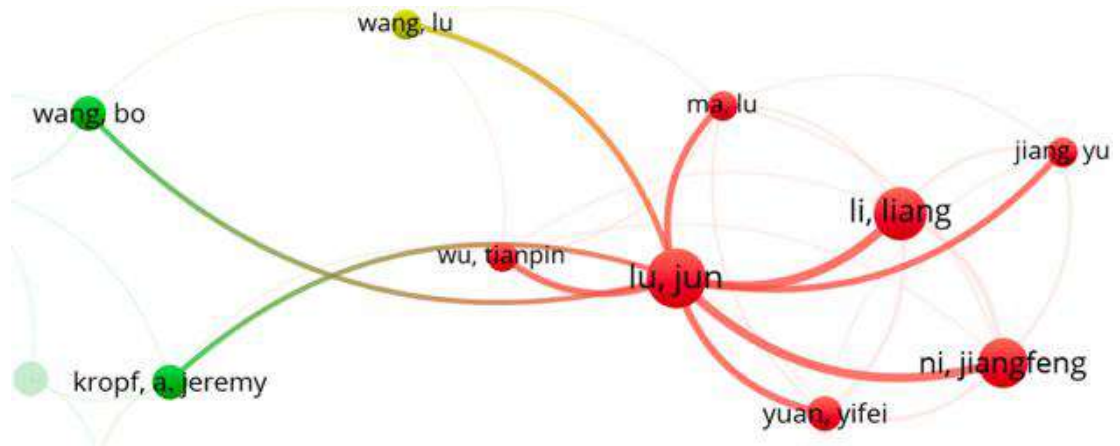


Fig. 4. Red de colaboración de Autores IFIN-ER.

Fuente: Elaboración propia

Se argumenta en la literatura que las preferencias en inversiones por parte de sectores financieros desarrollados tienden a aumentar en sus industrias en crecimiento y disminuyen la inversión de sus industrias en declive que aquellos con sectores financieros subdesarrollados. (Chinn & Ito, 2006b).

El crecimiento de los mercados financieros, el desarrollo de las Instituciones financieras y la apertura comercial, proponen un dinamismo en el comercio internacional, que favorece al desarrollo económico regional (Wurgler, 2000).

Tabla 7. Análisis Bibliométrico ID Y ER

Autor	Documentos	Citas	Fuerza de enlace
saidur, r.	7	427	17
zhang, shicong	6	74	16
sun, yuanzhang	4	140	15
wu, jiang	6	42	15
xu, jian	6	205	15
yang, xinyan	5	56	15
jiang, yibo	3	123	14
liao, siyang	3	123	14
liu, kun	5	20	14
liu, zhijian	5	183	14

Fuente: Elaboración propia

Se ha verificado que el desarrollo financiero, se ha beneficiado a partir del desarrollo de instituciones, con una mayor actividad económica, reflejado en una reducción en el costo de capital, y crecimiento en sus mercados financieros más competitivos con mayor posibilidad de impulsar inversiones, lo que evidencia como mecanismo de desarrollo industrial a la mejoramiento de los

mercados financieros, reconociendo la importancia de la asignación de capital así como, el papel que juegan los mercados bursátiles a partir de las oportunidades de inversión, sin embargo; es importante destacar la importancia que juega el estado y las empresas en una asignación eficiente para el desempeño adecuado de la economía en los derechos de los inversores minoritarios y los inversores a gran escala, buscando mayor competitividad a partir de políticas adecuadas de acuerdo a los requerimientos globales.

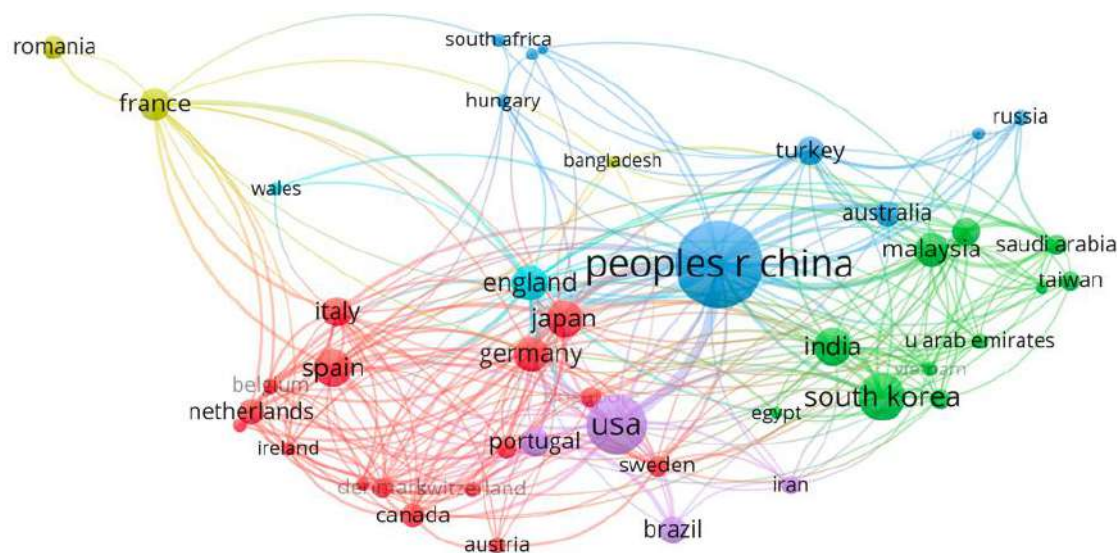


Fig. 5. Red de colaboración de países ID-ER

2.2 Problemática energética de fuentes renovables en AL y el mundo

En esta sección se describe el estado actual energético de AL y del mundo, tiene como objetivo plantear la situación a la cual se enfrenta AL frente a los países líderes en energéticos renovables. Para elaborar un enfoque comparativo es necesario reconocer las tendencias energéticas globales; en este sentido se reconoce un comportamiento ascendente en el consumo de energéticos en todas las escalas, desde las grandes industrias hasta los pequeños consumidores, lo que aparenta que el rumbo del abastecimiento energético requiere un planeta cada vez más electrificado. Se reconoce a continuación el comportamiento respecto a los datos más recientes entre la capacidad instalada de energía renovable en el mundo, definido para las principales seis fuentes de generación de energía renovable en 2020, y la generación de energía renovable en 2018, de acuerdo con los datos más recientes que ofrece la agencia internacional de energías renovables (IRENA. International Renewable Energy Agency, 2021)

Es importante resaltar la importancia que existe en tomar como indicador energético a la generación de energía renovable para este análisis, ya que refleja la actividad económica en ejecución a diferencia de la capacidad instalada.

La Tabla 8 refleja los principales países generadores de energía hidroeléctrica y eólica en el mundo, en el sector hidroeléctrico se destaca a Brasil como el único participante representante de

América latina en segundo lugar, superado únicamente por China con 358 [GW] poco mas de tres veces la capacidad instalada de Brasil, el resto de la matriz hidroenergética mundial lo componen USA, Canadá, y Rusia la generación de energía hidroeléctrica en China en 2020 alcanzó cerca de 1,232,000 [GWh] y obtuvo primer lugar de energía generada en contraste con Brasil en segundo lugar en 2020 con cerca de 389,000 [GWh] que representa al rededor de la cuarta parta de China, por lo que puede distinguirse una diferencia entre la comparación de la capacidad instalada y la generación de energía hidroeléctrica entre ambos países.

Tabla 8. Países con mayor capacidad instalada y generación de hidroenergía 2019.

Hidroenergía	Capacidad [MW], 2019	Generación[GWh], 2019
China	358,040.00	1,304,440.00
Brazil	109,143.07	397,877.13
USA	102,649.00	379,742.00
Canada	81,399.00	310,571.00
Russian Fed	52,294.76	197,708.81

Fuente: (IRENASTAT, 2021). Capacidad y generación. Elaboración propia.

En el caso de la energía eólica; se observa en la Tabla 9 a China como líder en la generación de energía, seguido de USA, Alemania, India y España, respectivamente, lo que se percibe como un mayor avance en la implementación de proyectos de GER y un mejor avance en el desarrollo de capacidades tecnológicas en este sector para estos países.

Tabla 9. Países con mayor capacidad instalada y generación eólica 2019.

Energía Eolica	Capacidad [MW], 2019	Generación[GWh], 2019
China	209,581.91	406,559.69
USA	103,670.00	298,200.00
Germany	60,721.00	125,894.00
India	37,505.18	62,688.88
Spain	25,583.15	55,647.00

Fuente: (IRENASTAT, 2021). Capacidad y generación. Elaboración propia

Para la energía solar se repiten las posiciones entre China y USA como representante en primer lugar y segundo lugar en la generación de energía solar.

Tabla 10. Países con mayor capacidad instalada y generación energética solar 2019.

Energía Solar	Capacidad [MW], 2019	Generación[GWh], 2019
China	204,995.80	224,541.01
USA	60,826.00	97,478.00
Japan	63,192.00	68,953.00
Germany	49,047.00	46,392.00
India	35,089.41	43,870.23

Fuente: (IRENASTAT, 2021). Capacidad y generación. Elaboración propia

Para el caso de bioenergía China representa nuevamente el primer lugar teniendo la posición de líder para las cuatro tecnologías anteriores. Es importante resaltar que en 2020 Brasil obtuvo el segundo lugar en capacidad instalada, sin embargo; en 2018 USA, tenía el segundo lugar en generación con cerca de 54,000 [GWh] generados a diferencia de Brasil quien en tercer lugar en generación generó cerca de 53,000 [GWh] como se muestra en la Tabla 11.

Tabla 11. Países con mayor capacidad instalada y generación de bioenergía 2019

Bioenergía	Capacidad [MW], 2019	Generación[GWh], 2019
China	16,537.07	82,250.00
Brazil	15,357.34	54,921.00
USA	12,057.50	63,194.00
India	10,225.42	20,027.00
Germany	9,988.00	50,221.00

Fuente: (IRENASTAT, 2021). Capacidad y generación. Elaboración propia

En la Tabla 12 se distinguen distintos actores para la energía geotérmica y energía marina en la matriz ER a diferencia con las cuatro energías anteriores, en la energía geotérmica no incluye la participación de la república China, destaca en primer lugar a USA, y seguido por Indonesia, Filipinas, Turquía y Nueva Zelanda y en particular con la energía marina la República de Corea, Francia y el Reino Unido aparecen en los principales generadores de ER, debido a las ventajas geográficas que y el aprovechamiento de este recurso.

Tabla 12. Países con mayor capacidad instalada y generación de energía geotérmica 2019.

Energía Geotérmica	Capacidad [MW], 2019	Generación[GWh], 2019
USA	2,586.80	18,773.00
Indonesia	2,130.70	14,019.00
Philippines	1,928.10	10,435.31
Turkey	1,613.22	7,430.98
New Zealand	984.00	7,976.00

Fuente: (IRENASTAT, 2021). Capacidad y generación. Elaboración propia

Tabla 13. Países con mayor capacidad instalada y generación energética Marina 2019

Energía Marina	Capacidad [MW], 2019	Generación[GWh], 2019
Korea Rep	256	457
France	214	479
United Kingdom	20. 4	14
China	4	7
Canada	20	1

Fuente: IRENASTAT (2021). Capacidad y generación. Elaboración propia

En la Fig. 6 se muestra la capacidad instalada por país de AL donde se observa a Brasil como líder, seguido por México, mientras que República Dominicana tiene la menor participación. Se

considera para este estudio, 16 países en la región de AL, compuesta por América del sur, América central y el caribe, como bloque de análisis en la región que servirá como comparación ante el comportamiento de la GER entre AL y el mundo.

Tabla 14. Capacidad instalada en América latina 2020

América Latina, Capacidad instalada, [MW]	
Brazil	150.0470
Mexico	28.3580
Venezuela	16.5980
Argentina	14.0720
Colombia	13.5490
Chile	12.7940
Paraguay	8.8320
Peru	6.6500
Ecuador	5.2980
Uruguay	3.7320
Costa Rica	3.1240
Guatemala	2.8700
Panama	2.2960
Honduras	1.8520
El Salvador	1.5070
R. Dominicana	1.4130

Fuente: (IRENASTAT, 2021). Capacidad y generación. Elaboración propia



Fig. 6. Capacidad instalada ER [MW]. América latina 2020.

Fuente: (IRENASTAT, 2021). Capacidad y generación. Elaboración propia

3. Metodología

Siguiendo los estudios (Khezri et al. 2021) se analizan las variables energéticas como variables dependientes a partir de cinco variables explicativas que analizan el comportamiento económico, financiero y de inversión en investigación y desarrollo capaces de explicar la evolución y tendencias de las energías renovables, en este sentido, es necesario reconocer los impulsores y barreras para su desarrollo.

En esta investigación se distingue la relevancia de cada una de las variables económicas y energéticas en su conjunto, mas allá de la adopción de metodologías previas, en esta investigación se lleva a cabo un análisis para una muestra estadística en particular distinta a las actuales, ya que contempla la evolución en la generación de seis energías renovables en AL comparada con los países que cumplan con un mayor desempeño en cada una de ellas al rededor del mundo, actualizando además el periodo de estudio a 2019, y complementa las metodologías anteriores con una interpretación adicional a partir de los resultados obtenidos en las observaciones que ofrecen las correcciones de los coeficientes en los modelos estudiados. Se desarrolla un modelo empírico a partir de un análisis econométrico, con datos de panel que permiten emplear autor regresiones en términos de error que incluyen una variable rezagada. Las estadísticas de las variables que serán utilizadas para determinar la auto correlación en los modelos se obtienen a por mínimos cuadrados ordinarios MCO. Posteriormente se verifican que se cumplan los supuestos de Gauss-Markov, que consideran que en el modelo exista covarianza entre las variables igual a cero a partir de la linealidad en los parámetros, media nula y exogeneidad estricta, es decir; independiente a las perturbaciones aleatorias. En la Tabla 15, se observan los cuatro pasos para el análisis para cada una de las tecnologías en AL y el mundo.

Tabla 15. Lista de pasos utilizadas en el estudio.

Pasos		
A	Prueba de Ramsey	No multicolinealidad exacta, homocedasticidad
B	Contraste de Durbin-Watson	Autocorrelación de primer orden AR(1)
C	Breusch-Godfrey (prueba LM)	Autocorrelación de orden superior AR(q)
D	Chocrane-Orcutt	Corrección alternativa a cada estimador

Fuente: Elaboración propia

El paso A consiste en determinar si el modelo cumple con no multicolinealidad exacta, que garantice la independencia lineal entre las variables explicativas, homocedasticidad que brinda mayor confianza cuando la varianza de los errores es constante a lo largo de las observaciones y confirma que las variables no deberán estar autocorrelacionadas para que se considere como un estimador lineal insesgado óptimo también llamado ELIO es decir; que las variables que componen al modelo son las únicas que explican a la variable dependiente, determinan la dependencia estructural de los parámetros y establece si la forma funcional es la adecuada y de este modo

considerar que el modelo esta especificado de manera adecuado, a partir de la pruebas de especificación, Ramsey (Ramsey, 1969). El paso B consiste en reconocer la auto correlación de primer orden AR (1), en los residuos de modelo econométrico a partir del contraste Durbin-Watson (DURBIN & WATSON, 1950), (Rutledge & Barros, 2002) (Jović, 2016). Ver Notas complementarias 1.

La autocorrelación es un caso particular en el modelo de regresión ordinario que se produce cuando las perturbaciones del modelo presentan correlaciones entre ellas. Durbin-Watson permite evaluar el nivel de significatividad de rho y con ello es posible determinar si existe autocorrelación serial de primero orden, Ver Notas complementarias 1. En el paso C se utilizan multiplicadores de LaGrange, se aplica la prueba LM, para detectar autocorrelaciones en los residuos de orden superior AR(q), a partir de la prueba de auto correlación Breusch-Godfrey (BREUSCH, 1978), (Godfrey, 1978). La prueba de Breusch-Godfrey, consiste en estimar una regresión auxiliar con MCO y hacer un contraste sobre los parámetros de la regresión. Ver Notas complementarias 1. Finalmente, en el paso D se realiza la corrección del modelo a partir de la estimación Cochrane-Orcutt (Wooldridge, 2012), (Dufour et al., 1980) que nos permite eliminar la autocorrelación que existan y que confirma que los errores del modelo sean aleatorios.

3.1 Datos

La importancia de identificar de manera adecuada el comportamiento de las variables del modelo econométrico que describen la evolución de la energía renovable en el mundo y AL toma un papel fundamental en el desarrollo de esta investigación y provienen de relacionar la capacidad de generación energética per capita, por seis tecnologías de generación renovable con cinco variables económicas y financieras y parte del planteamiento en (Khezri et al. 2021),

Para iniciar el análisis de los datos, se desarrolla, un programa elaborado en Visual Basic, que permite obtener a partir de un modelo de panel la generación de energía renovable per capita para cada país en cada periodo de tiempo en cada una de las tecnologías energéticas. Los datos obtenidos son modelados a partir de las aproximaciones logarítmicas correspondientes, (Wooldridge, 2012), Ec. (1), Ec (2).

$$\Delta x = 100 * \log (x) \quad (1)$$

$$\Delta x = \log (1 + REN it). \quad (2)$$

El logaritmo se utiliza para diferentes aplicaciones, en econometría por la capacidad de eliminar el efecto de las unidades de las variables sobre los coeficientes, permiten agregar mayor estabilidad en los regresores y disminuir los errores atípicos para mayores aproximaciones. Cuando los cambios son pequeños se utiliza $100 * \log (x) = \Delta x$. Ec. (1). (Wooldridge, 2012). El dato que se utiliza para determinar la correlación de los valores son los residuos o términos de error asociados a las perturbaciones alrededor de la media de cada tecnología en cada periodo en sus términos logarítmicos. Los resultados de los coeficientes calculados son elasticidades.

Para detectar correlaciones entre las perturbaciones, las variables que se utilizan son medidas a partir de una regresión de sus residuos mínimos cuadráticos y se obtienen las estadísticas de las variables en estudio donde se reconocen los datos que serán utilizadas para conocer los residuos de los errores rezagados en el tiempo, con ello se obtiene la base de datos de 31 países por 19 años para 11 variables en estudio.

3.2 Declaración de Variables.

Por medio de las variables; HYD_{it} , SOL_{it} , WIN_{it} , BIO_{it} , GEO_{it} y MAR_{it} , se recupera la información que representa la generación de energía renovable en el periodo t , para cada país i , en el periodo de 2000 a 2019 para los cinco países con mayor participación en la matriz energética mundial y los 16 países que tienen mayor participación en la generación de energía renovable en AL en 2019. Para las variables energéticas, la generación de energía renovable en el mundo y en AL se toman en consideración la población de cada país y su crecimiento en cada periodo (anual) de 2000 a 2019 como se muestran en el apéndice A.1 (World Bank Group - International Development, Poverty, & Sustainability, 2021). Fue necesario obtener la generación de energía por cada una de las seis fuentes renovables. Generación de energía hidroeléctrica, apéndice A.2 (IRENA. International Renewable Energy Agency, 2021). Generación de energía eólica, apéndice A.3 (IRENA. International Renewable Energy Agency, 2021). Generación de energía solar, apéndice A.4 (IRENA. International Renewable Energy Agency, 2021). Generación de bioenergía, apéndice A.5 (IRENA. International Renewable Energy Agency, 2021). Generación de energía geotérmica apéndice A.6 (IRENA. International Renewable Energy Agency, 2021). Generación de energía marina, apéndice A.7 en AL y el mundo. Las variables por estudiar son, la generación de energía hidroeléctrica, solar, eólica, bioenergética, marina y geotérmica, a partir de cinco variables económicas y financieras. Tabla 16.

Tabla 16. Variables construidas

Variable	Variable construida	Fuente
$Ln HYD_{it}$	$Ln HYD_{it} = \log(1 + HYD_{it})$	ODS
	$HYD_{it} = \text{Energía hidroeléctrica per cápita}$	
$Ln WIN_{it}$	$Ln WIN_{it} = \log(1 + WIN_{it})$	ODS
	$WIN_{it} = \text{Energía eólica per cápita}$	
$Ln SOL_{it}$	$Ln SOL_{it} = \log(1 + SOL_{it})$	ODS
	$SOL_{it} = \text{Energía solar per cápita}$	
$Ln BIO_{it}$	$Ln BIO_{it} = \log(1 + BIO_{it})$	ODS
	$BIO_{it} = \text{Energía bioenergética per cápita}$	
$Ln GEO_{it}$	$Ln GEO_{it} = \log(1 + GEO_{it})$	ODS
	$GEO_{it} = \text{Energía geotérmica per cápita}$	
$Ln MAR_{it}$	$Ln MAR_{it} = \log(1 + MAR_{it})$	ODS
	$MAR_{it} = \text{Energía marina per cápita}$	
$Ln PIB_{it}$	$Ln PIB_{it} = \log(PIB_{it})$	WDI
	$PIBP_{it} = \text{PIB per cápita}$	

$Ln OTR_{it}$	$Ln OTR_{it} = \log (OTR_{it})$	WDI
	$OTR_{it} = \text{Apertura comercial}$	
$Ln RD_{it}$	$Ln RD_{it} = \log (RD_{it})$	WDI
	$RD_{it} = \text{Gasto en investigación y desarrollo}$	
$Ln FI_{it}$	$Ln FI_{it} = \log (100 \times FI_{it})$	FMI
	$FI_{it} = \text{Desarrollo de la institución financiera}$	
$Ln FM_{it}$	$Ln FM_{it} = \log (100 \times FM_{it})$	FMI
	$FM_{it} = \text{Desarrollo del mercado financiero}$	

Fuente: Elaboración propia

Los datos para reconocer el comportamiento de la apertura comercial, el PIB, I + D, la os mercados e instituciones financieras en los países que han tenido mayor participación en GER en el mundo y en AL, se obtienen de las estadísticas de los indicadores de desarrollo mundial de datos de (*World Bank Group - International Development, Poverty, & Sustainability, 2021*) y del (*Fondo Monetario Internacional, 2021*) Los datos del PIB per capita, para cada país puede consultarse en el *apéndice B.1.* para las variables de apertura comercial (OTR), *apéndice B.2.* Índice de desarrollo de mercados financieros, *apéndice B.3.* Índice de desarrollo de instituciones financieras, *apéndice B.4.* Gasto en investigación y desarrollo, *apéndice B.5.* Las seis tecnologías de GER , son descritas como función del logaritmo del PIB , $Ln PIB_{it}$, el logaritmo de apertura comercial $Ln OTR_{it}$, el logaritmo del porcentaje de PIB invertido en actividades de I+D $Ln RD_{it}$, el desarrollo financiero, reflejado en el crecimiento de los mercados financieros $Ln FM_{it}$, y el desarrollo de las instituciones financieras $Ln FI_{it}$, para el caso de las variables energéticas la aproximación utilizada corresponde a la *Ec. (2)*, donde *REN*, se refiere a cada una de las seis tecnologías de GER en estudio. La variable PIB_{it} , aporta al modelo el comportamiento de una nación referente al valor de mercado de sus bienes y servicios producidos dentro del país, $OTR_{it} = \text{Apertura comercial}$, se consideran las exportaciones e importaciones divididas por el PIB, $FM_{it} = \text{Desarrollo del mercado financiero}$, $FI_{it} = \text{Desarrollo de la instituciones financieras}$, el desarrollo del mercado de valores , la inversión extranjera directa y el fortalecimiento de las instituciones financieras estimulan el uso de energía renovable. $RD_{it} = \text{Gasto en investigación y desarrollo (\% del PIB)}$. Mide el desarrollo de capacidades tecnológicas a partir de las inversiones destinadas a las actividades de (I + D) correspondientes a cada país medidas como porcentaje del PIB.

4. Modelo Empírico

Los resultados se obtienen a partir de la *Ec. (3)*, donde las variables energéticas dependen de las estadísticas de las variables económicas, financieras y de inversión en I+D como variables explicativas de cada modelo y provienen de calcular el comportamiento de seis tecnologías principales de GER en el mundo y AL con el fin de reconocer los factores que promueven o limitan el desarrollo de capacidades energéticas.

$$Ln Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 Ln PIB_{it} + \beta_2 Ln FM_{it} + \beta_3 FI_{it} + \beta_4 Ln RD_{it} + \beta_5 Ln OTR_{it} + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

$Ln Y_{it}$ = Valor observado. GER para cada tecnología, en cada país y en cada periodo.

β_0 = Efectos debidos a factores fijos

β_n = Vector de parámetros correspondiente a cada ER. (Coeficientes estandarizados)

ε_{it} = Efectos debidos a factores no controlados

4.1 Resumen y Estadísticas de variables construidas AL y en el mundo.

Se utilizan datos de los principales países del mundo en GER durante 2000-2019 para evaluar los factores que afectan el desarrollo para los cinco países con mayor participación en la matriz energética mundial y los 16 países que tienen mayor participación en GER en AL.

En la Tabla 17. Se muestran los datos correspondientes para la generación de energía hidroeléctrica en el mundo de 2000 a 2019.

Tabla 17. GER hidroeléctrica [GWh] en el mundo (2000- 2019).

Generación de electricidad [GWh]						
Año	HYD	PIB	MFIN	IFIN	I + D	OTR
2000	2.880	3.750	1.810	1.751	2.137	3.620
2001	2.899	3.758	1.793	1.781	2.160	3.611
2002	2.868	3.771	1.764	1.797	2.166	3.615
2003	2.869	3.824	1.783	1.805	2.173	3.627
2004	2.840	3.896	1.790	1.804	2.166	3.647
2005	2.825	3.971	1.801	1.822	2.169	3.647
2006	2.813	4.041	1.824	1.827	2.172	3.645
2007	2.807	4.117	1.859	1.831	2.184	3.636
2008	2.797	4.181	1.852	1.835	2.189	3.645
2009	2.783	4.147	1.866	1.834	2.220	3.569
2010	2.781	4.220	1.842	1.846	2.210	3.599
2011	2.760	4.289	1.852	1.854	2.202	3.611
2012	2.758	4.303	1.819	1.865	2.204	3.608
2013	2.754	4.317	1.812	1.866	2.211	3.604
2014	2.755	4.313	1.816	1.863	2.222	3.602
2015	2.763	4.243	1.824	1.861	2.229	3.597
2016	2.741	4.236	1.810	1.872	2.229	3.573
2017	2.734	4.281	1.806	1.864	2.216	3.576
2018	2.732	4.295	1.824	1.866	2.207	3.602
2019	2.729	4.299	1.816	1.873	2.207	3.588

Fuente: Elaboración propia

Para la obtención de los modelos que representan el comportamiento de la GER en el mundo se consideran los principales países para cada tecnología, es decir; para el caso de hidroenergía los países con los cuales realizamos el estudio corresponden a China, Brasil, USA, Canadá y Rusia ver

apéndice (C.1-C3). Con ello las variables económicas, y financieras relacionadas al modelo (ver apéndice (C.4- C.7)) consideran el comportamiento de estos cinco países como líderes en la evolución del sector.

De igual manera para cada tecnología se consideran las variables económicas y financieras correspondientes a los cinco países líderes en cada una de ellas, los datos calculados se observan en el apéndice (D.1- D.3), (E.1- E.3), (F.1- F.3), (G.1- G.3), (H.1- H.3).

Para el estudio en AL se consideraron 16 países para un total de 20 periodos de tiempo, lo que nos permite tener 320 observaciones para cada una de las tecnologías renovables, así como para cada variable económica y financiera ver apéndice (I.1-I.3).

Una vez elaborada la base de datos, se presenta la Tabla 18 referente a la GER en AL per capita en el periodo de 2000 a 2019 y el resumen de los indicadores económicos y financieros que serán utilizados para la obtención de los modelos en dicha región.

En la Tabla 18 se muestra el resumen de estadísticas de las variables en estudio para AL.

Tabla 18. Resumen de las variables. América Latina 2000-2019

Año	Hyd	Win	Sol	Bio	Geo	Mar	PIB	MFIN	IFIN	I + D	OTR
2000	3.098	2.158	3.729	3.301	1.030	0.000	3.489	0.876	1.418	0.779	3.735
2001	3.122	2.434	4.101	3.715	1.029	0.000	3.486	0.879	1.442	0.871	3.730
2002	3.114	2.436	4.057	4.094	1.038	0.000	3.439	0.870	1.424	0.878	3.752
2003	3.112	2.341	4.019	4.023	1.023	0.000	3.444	0.915	1.418	0.878	3.773
2004	3.114	2.706	3.999	4.719	1.023	0.000	3.500	0.881	1.457	0.877	3.795
2005	3.079	2.708	4.523	4.585	1.029	0.000	3.571	0.876	1.478	0.995	3.799
2006	3.076	2.613	4.497	4.543	1.030	0.000	3.626	0.906	1.492	1.054	3.808
2007	3.068	2.995	4.962	4.477	1.008	0.000	3.691	0.900	1.521	1.210	3.809
2008	3.060	3.282	5.513	4.449	1.006	0.000	3.756	0.881	1.540	1.236	3.821
2009	3.084	3.176	5.525	4.391	1.007	0.000	3.742	0.887	1.536	1.242	3.738
2010	3.056	3.107	5.324	4.375	1.011	0.000	3.809	0.878	1.555	1.220	3.768
2011	3.053	3.746	6.329	4.350	1.013	0.000	3.858	0.867	1.557	1.181	3.792
2012	3.055	3.906	6.910	4.285	1.014	0.000	3.881	0.880	1.568	1.175	3.782
2013	3.057	4.155	6.381	4.143	1.015	0.000	3.898	0.933	1.581	1.213	3.767
2014	3.058	3.758	6.057	4.108	1.012	0.000	3.911	0.923	1.584	1.260	3.751
2015	3.082	3.931	5.659	4.075	1.015	0.000	3.629	0.913	1.591	1.248	3.493
2016	3.069	3.873	5.491	4.028	1.013	0.000	3.630	0.925	1.593	1.245	3.483
2017	3.026	3.926	5.268	4.013	1.678	0.000	3.658	0.982	1.614	1.284	3.487
2018	3.054	3.767	5.068	3.987	1.623	0.000	3.661	0.991	1.617	1.270	3.508
2019	3.122	3.688	4.863	3.966	1.615	0.000	3.654	0.986	1.614	1.271	3.503

Fuente: Elaboración propia

Para realizar el análisis para los principales países del mundo se obtienen los datos de cada tecnología de GER apéndice (J.1-J.3), con los datos correspondientes a las variables económicas, financieras y de I+D de los países que sean líderes en generación en el mundo, se ofrece también un resumen de cada una de las seis tecnologías de GER con los datos de las variables explicativas que serán utilizadas para la construcción del (ELIO), apéndice (K.1-K.6).

Tabla 19. Estadísticas de las variables construidas en América latina per capita

Variable construida		Promedio	Mediana	Máximo	Mínimo	D. Est.	Obs.
E. hidroeléctrica	$\ln HYD_{it} = \log(1 + HYD_{it})$	3.078	3.047	4.066	2.002	0.023	320
E. eólica	$\ln WIN_{it} = \log(1 + WIN_{it})$	3.235	4.069	8.897	0.000	0.634	320
E. solar	$\ln SOL_{it} = \log(1 + SOL_{it})$	5.114	6.389	9.992	0.000	1.235	320
Bioenergía	$\ln BIO_{it} = \log(1 + BIO_{it})$	4.181	4.575	6.765	0.000	0.363	320
E. geotérmica	$\ln GEO_{it} = \log(1 + GEO_{it})$	1.112	0.000	5.462	0.000	0.132	320
E. marina	$\ln MAR_{it} = \log(1 + MAR_{it})$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	320
PIB	$\ln PIB_{it} = \log(PIB_{it})$	3.667	3.803	4.272	0.000	0.319	320
Mercados financieros	$\ln FM_{it} = \log(100 * FM_{it})$	0.907	0.768	1.813	-0.215	0.032	320
Instituciones financieras	$\ln FI_{it} = \log(100 * FI_{it})$	1.530	1.545	1.829	0.927	0.027	320
Inversión en I+D	$\ln RD_{it} = \log(RD_{it})$	1.119	1.307	2.128	0.000	0.075	320
Apertura comercial	$\ln OPE_{it} = \log(OPE_{it})$	3.705	3.759	4.222	0.000	0.316	320

Fuente: Elaboración propia

A título ilustrativo, en “Notas complementarias, apartado 3”, se describe el procedimiento en la obtención de los modelos, las pruebas de especificación y autocorrelación empleadas, así como el procedimiento para calcular el modelo corregido para hidroenergía en AL.

La base de datos elaborada se exporta al programa (R- Studio, 2021) en el cual se obtiene un modelo para cada tecnología en AL y el mundo, y es posible realizar pruebas de especificación a cada uno, a fin de reconocer si existen problemas de autocorrelación, heterocedasticidad o normalidad y determinar si cumple con ser un ELIO. En las “Notas complementarias, apartado 3” se observa el modelo obtenido por MCO para el caso de GER hidroeléctrica en el mundo, se muestra la ecuación corregida por el método de Cochrane-Orcutt para generación de energía hidroeléctrica en el mundo.

Con relación a la idea anterior, también a título ilustrativo se muestra también en “Notas complementarias, apartado 3” la obtención de los modelos y las pruebas de especificación y autocorrelación, así como obtención del modelo corregido propuesto para hidroenergía en este caso y para los principales GER por cada tecnología en el mundo.

Criterios de Valoración, p-valor $< 5\%$, Zona de rechazo de H_0 .

Prueba Ramsey $\left\{ \begin{array}{l} H_0 = \text{Especificación correcta.} \\ H_a = \text{Especificación incorrecta.} \end{array} \right.$

Prueba Breusch-Godfrey
Prueba Cochrane- Orcutt $\left\{ \begin{array}{l} H_0 = \text{No autocorrelacionado.} \\ H_a = \text{Correlacionado.} \end{array} \right.$

5. Resultados

El objetivo de este apartado consiste en exponer los resultados y conocer el comportamiento de las variables en conjunto y de la influencia de cada uno de los factores que componen el modelo de crecimiento en GER, de 2000 al 2019 y contrastar los resultados entre las regiones de AL con los principales países generadores en cada tecnología alrededor del mundo, lo que permite discutir las investigaciones previas con los hallazgos revelados en los resultados.

5.1 Estadísticas del modelo obtenido por MCO en el mundo

En la siguiente sección se muestran los resultados obtenidos al calcular cada uno de los modelos de regresión lineal múltiple obtenida por MCO para AL y el mundo apéndice (L.1, L.2), en la Tabla 20, se muestran los coeficientes calculados y el resultado de aplicar la prueba Ramsey a cada modelo, a fin de identificar aquellos que estén mal especificados, ya sea por heterocedasticidad, no normalidad o autocorrelación, apéndice (M.1- M.6).

Tabla. 20. Coeficientes MCO en el mundo.

Variable	PIB	MFIN	IFIN	ID	OTR	B (0)	Reset	p-value
HYD	-0.182	0.042	-0.700	0.568	0.441	1.915	0.244	0.787
WIN	-3.094	2.715	-0.288	-1.366	1.712	8.742	4.444	0.036
SOL	-8.328	7.858	-29.128	15.086	5.373	23.948	4.822	0.029
BIO	-1.012	0.769	-1.947	-2.262	0.475	13.571	5.577	0.019
GEO	0.252	-2.189	-3.564	-0.186	0.340	11.765	3.395	0.068
MAR	-3.384	6.254	-8.441	21.821	2.625	-34.987	9.955	0.003

Fuente: Elaboración propia

El primer punto a considerar para identificar si el modelo es un (ELIO), consiste en reconocer si el *p-valué* es menor que el nivel de significancia, en este caso se rechaza la hipótesis nula (H_0), y el modelo podría considerarse como mal especificado para la energía hidroeléctrica y geotermia se obtienen un valor mayor al nivel de significancia establecido que en este caso considera un valor de 5%, lo que podría suponer que los coeficientes y el modelo obtenido es adecuado; sin embargo para garantizar la ausencia de autocorrelación de primer orden y de orden superior, se realizan las pruebas de correlación de Durbin-Watson y de Breusch-Godfrey. Las ecuaciones que representan el comportamiento de las seis tecnologías renovables en el mundo obtenidas por MCO son:

$$\ln HYD_{it} = 1.915 - 0.182 \ln PIB_{it} + 0.042 \ln FM_{it} - 0.700 \ln FI_{it} + 0.568 \ln RD_{it} + 0.441 \ln OTR_{it} \quad (4)$$

$$\ln WIN_{it} = 8.742 - 3.094 \ln PIB_{it} + 2.715 \ln FM_{it} - 0.288 \ln FI_{it} - 1.366 \ln RD_{it} + 1.712 \ln OTR_{it} \quad (5)$$

$$\ln SOL_{it} = 23.948 - 8.328 \ln PIB_{it} + 7.858 \ln FM_{it} - 29.128 \ln FI_{it} + 15.086 \ln RD_{it} + 5.373 \ln OTR_{it} \quad (6)$$

$$\ln BIO_{it} = 13.571 - 1.012 \ln PIB_{it} + 0.769 \ln FM_{it} - 1.947 \ln FI_{it} - 2.262 \ln RD_{it} + 0.475 \ln OTR_{it} \quad (7)$$

$$\ln GEO_{it} = 11.765 + 0.252 \ln PIB_{it} - 2.189 \ln FM_{it} - 3.564 \ln FI_{it} - 0.186 \ln RD_{it} + 0.340 \ln OTR_{it} \quad (8)$$

$$\ln MAR_{it} = -34.987 - 3.384 \ln PIB_{it} + 6.254 \ln FM_{it} - 8.441 \ln FI_{it} + 21.821 \ln RD_{it} + 2.625 \ln OTR_{it} \quad (9)$$

5.1.1 Estadísticas Durbin-Watson y Breusch-Godfrey en el mundo.

Una vez establecidos los modelos que caracterizarían el comportamiento se realizan las pruebas de autocorrelación. En el caso (AR1) autocorrelación de primer orden la obtenemos a partir del estimador Durbin-Watson, en el cual los puntos críticos $dl=0.792$ y $du= 1.91$ a un nivel de 0.5 % de significancia determinan si existe o no autocorrelación. *ver apéndice (7)*. En este caso se observa que todos los valores de DW de las tecnologías renovables en el mundo se encuentran en la zona de indecisión entre $dl=0.792$ y $du= 1.91$ excepto la energía eólica que se encuentra en la región de no autocorrelación, pero con un valor muy cercano de $DW = 1.926$ a la zona de indecisión de la prueba, *apéndice P.1*

Tabla. 21. Durbin, y Breusch en el mundo.

Variable	Durbin -Watson (DW)	p-value	Breusch-Godfrey (LM)	p-value
<i>HYD</i>	1.656	0.031	0.518	0.472
<i>WIN</i>	1.926	0.102	0.089	0.765
<i>SOL</i>	1.727	0.039	0.540	0.462
<i>BIO</i>	1.557	0.012	0.856	0.355
<i>GEO</i>	1.591	0.019	0.847	0.357
<i>MAR</i>	1.151	0.002	6.461	0.011

Fuente: Elaboración Propia

Para confirmar la autocorrelación de orden superior se llevan a cabo las pruebas Breusch-Godfrey correspondientes para cada modelo, en los cuales reconocemos de igual manera que el p -*valué* sea menor que el valor de nivel de significancia de 5 %, que permite rechazar la H_0 y garantizar la ausencia de autocorrelación.

En la *Tabla 21*. se observa que no existe auto correlación de orden superior a uno, para cinco tecnologías renovables excepto para la generación de energía por fuentes marinas ya que los valores de p -*valué* están por arriba del nivel de significancia establecido, lo que garantiza homocedasticidad normalidad y también ausencia de autocorrelación de orden superior en los coeficientes de las variables explicativas. Con relación a las pruebas expuestas se identificaron problemas de especificación en los modelos correspondientes a la generación de energía hidroeléctrica y por geotermia, por medio de la prueba Ramsey, con un p -*valué* superior al establecido de 0.05, con 0.78 y 0.068 y además al realizar las pruebas de autocorrelación de primer orden no fue posible determinar si la autocorrelación existía para ninguna tecnología renovable.

5.1.2 Estadísticas del modelo Corregido por Cochrane- Orcutt en el mundo.

Por último, es conveniente proponer un modelo a partir de la estimación Cochrane-Orcutt y reconocer el mejor modelo que represente de manera mas adecuada el comportamiento de las tecnologías de generación energética renovable en el mundo determinada por ausencia de heterocedasticidad, autocorrelación, no normalidad y especificidad adecuada.

En la *Tabla 22* se muestran los coeficientes corregidos de las variables explicativas para cada tecnología, y se observan el valor de *p-valoré* menor que 5% para la energía hidroeléctrica y para la energía marina, además el modelo calculado para la energía solar no converge para la estimación Cochrane-Orcutt.

Tabla. 22. Coeficientes Cochrane Orcutt. en el mundo.

Variable	PIB	MFIN	IFIN	ID	OTR	B (0)	Cochrane - Orcutt	p-value	No de interacciones	Rho
HYD	-0.036	-0.142	-1.612	0.418	0.307	4.135	1.610	0.018	15	0.191
WIN	-3.046	3.011	-1.098	-1.475	1.766	9.514	1.903	0.086	19	-0.102
SOL	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0.000
BIO	-0.948	0.717	-2.745	-2.295	0.444	15.033	1.933	0.153	57	0.261
GEO	-0.932	0.603	-0.197	-0.891	0.639	6.342	2.090	0.370	62	0.557
MAR	-2.351	1.496	-9.999	22.362	-5.013	0.053	1.238	0.025	15	0.892

Fuente: Elaboración propia

A partir de la corrección propuesta es posible obtener los modelos que representen con mayor certidumbre el comportamiento de las energías renovables en el mundo. A continuación, se exponen los estimadores que se proponen a partir de Cochrane-Orcutt

$$\ln HYD_{it} = 4.13 - 0.36 \ln PIB_{it} - 0.14 \ln FM_{it} - 1.6 \ln FI_{it} + 0.41 \ln RD_{it} + 0.30 \ln OTR_{it} \quad (10)$$

$$\ln WIN_{it} = 9.51 - 3.04 \ln PIB_{it} - 3.01 \ln FM_{it} - 1.09 \ln FI_{it} - 1.47 \ln RD_{it} + 1.76 \ln OTR_{it} \quad (11)$$

$$\ln BIO_{it} = 15.03 - 0.94 \ln PIB_{it} + 0.71 \ln FM_{it} - 2.74 \ln FI_{it} - 2.29 \ln RD_{it} + 0.44 \ln OTR_{it} \quad (12)$$

$$\ln GEO_{it} = 6.34 - 0.93 \ln PIB_{it} + 0.60 \ln FM_{it} - 1.09 \ln FI_{it} - 0.89 \ln RD_{it} + 0.63 \ln OTR_{it} \quad (13)$$

$$\ln MAR_{it} = 0.053 - 2.35 \ln PIB_{it} + 1.49 \ln FM_{it} - 9.99 \ln FI_{it} + 22.36 \ln RD_{it} - 5.013 \ln OTR_{it} \quad (14)$$

Finalmente se evalúa nuevamente la prueba Ramsey a fin de confirmar si los nuevos modelos obtenidos se encuentran bien especificados a partir de reconocer si el nivel de significancia es mayor que el valor *del p-valoré*, entonces se considera un modelo adecuado. En la *Tabla 23* se muestra el resumen de las pruebas de hipótesis aplicadas a cada una de las tecnologías renovables alrededor del mundo en función de su mayor desempeño como generadores dentro de la matriz energética mundial.

Tabla. 23. Resumen en el mundo. Pruebas de hipótesis.

Variable	Ramsey (R-MCO)	Durbin -Watson (DW)	Breusch-Godfrey (LM)	Cochrane-Orcutt (CO)	Ramsey (R- CO)
HYD	0.787	Indecisión	No autocorrelación	(AR) 0.018	0.280
WIN	0.036	No autocorrelación	No autocorrelación	(NC) 0.086	0.025
SOL	0.029	Indecisión	No autocorrelación	-	-
BIO	0.019	Indecisión	No autocorrelación	(NC) 0.153	0.071
GEO	0.068	Indecisión	No autocorrelación	(NC) 0.37	0.012
MAR	0.003	Indecisión	Correlación	(AR) 0.025	0.011

Fuente; Elaboración propia

En el resumen se puede observar para la energía hidroeléctrica en el modelo obtenido por MCO el *p-valué* obtenido en la prueba de Ramsey tiene un valor por arriba del nivel de significancia, lo que dispone como un estimador bien especificado, no fue posible determinar autocorrelación de primer orden debido al valor *DW*, el cual se encuentra dentro de la zona de indecisión, además la segunda prueba de auto correlación (LM) determinó que no existía auto correlación en el modelo ya que el valor de *p-valué* es mas alto que 0.05.

Al realizar la corrección del modelo, el *p- valué* obtenido es menor que el grado de significancia lo que indica que el nuevo modelo obtenido tiene correlación serial, además al aplicar nuevamente la prueba Ramsey al modelo corregido, el nuevo *p-valué* también indica que esta bien especificado con un valor de 28 %, el cual es inferior al *p-valué* obtenido en el modelo de (R-MCO) De 78 %. El modelo mas adecuado para reconocer los efectos relacionados entre las variables económicas y financieras con relación al incremento en una unidad de la generación hidroenergética en el mundo estará dado por el estimador obtenido por MCO.

$$\ln HYD_{it} = 1.91 - 0.18 \ln PIB_{it} + 0.04 \ln FM_{it} - 0.70 \ln FI_{it} + 0.56 \ln RD_{it} + 0.44 \ln OTR_{it}$$

Para el caso de la energía eólica la prueba de Ramsey efectuada al modelo obtenido por MCO, arroja un *p-valué* de 0.036 inferior al 0.05 que se estableció como nivel de significancia, de esta manera se considera que el modelo no esta bien especificado. Una vez realizada la prueba de autocorrelación de primer orden al modelo de MCO referente a la energía eolica se obtiene un valor de 1.92 el cual se encuentra en la zona de no rechazo de la hipótesis nula H_0 , que considera que el modelo no esta autocorrelacionado, sin embargo, se encuentra muy cercano al valor de la zona de indecisión del valor "*dI*" correspondiente a 1.91. Al efectuar la prueba autocorrelación de segundo orden no se detectó.

Con la corrección del modelo, se obtiene un nuevo *p-valué* de 0.086 superior al nivel de significancia, lo que nos permite garantizar que en el nuevo modelo no existe autocorrelación serial. De este modo al realizar nuevamente la prueba Ramsey, para determinar si el nuevo modelo esta bien especificado, obtenemos un nuevo *p-valué* de 0.025 inferior al *p-valué* de 0.36 obtenido por MCO (R-MCO), lo que sugiere utilizar el modelo MCO para representar los efectos en la generación de la energía eólica en el mundo a partir del comportamiento de las variables económicas y financieras.

$$\ln WIN_{it} = 8.742 - 3.094 \ln PIB_{it} + 2.715 \ln FM_{it} - 0.288 \ln FI_{it} - 1.366 \ln RD_{it} + 1.712 \ln OTR_{it}$$

La corrección al modelo obtenido por MCO correspondiente a la energía solar en el mundo, no fue posible calcularla debido a que la solución no converge, *apéndice M.3*. En este caso el modelo sugerido a utilizar corresponde al calculado por MCO.

$$\text{Ln SOL}_{it} = 23.948 - 8.328 \text{Ln PIB}_{it} + 7.858 \text{Ln FM}_{it} - 29.128 \text{Ln FI}_{it} + 15.086 \text{Ln RD}_{it} + 5.373 \text{Ln OTR}_{it}$$

Ahora bien en referencia a la bioenergía en el mundo, la prueba de especificación efectuada al la regresión obtenida por MCO, nos muestra un *p- valué* de 0.019 , inferior a la significancia establecida por lo que el modelo no esta bien especificado, al efectuar las pruebas de autocorrelación de primer orden, no es posible determinar la autocorrelación debido a que el valor de DW se encuentra en zona de indeterminación, en relación a la prueba de correlación de orden superior el valor de *p- valué* es mayor al grado de significancia por lo cual se descarta la autocorrelación. Una vez obtenida la corrección del modelo, el nuevo *p- valué*, para bioenergía en el mundo, asociado a la estimación Cochrane-Orcutt, obtenemos un valor superior al grado de significancia lo que nos refiere a ausencia de correlación. Al realizar la prueba Ramsey al nuevo modelo obtenemos el *p- valué* superior a 0.05 y podemos determinar que el modelo esta bien especificado. Por lo anterior podemos sugerir el modelo corregido por Cochrane-Orcutt para reconocer los efectos relacionados al aumento en generación de bioenergía en el mundo en función de las variables económicas y financieras analizadas.

$$\text{Ln BIO}_{it} = 15.03 - 0.94 \text{Ln PIB}_{it} + 0.71 \text{Ln FM}_{it} - 2.74 \text{Ln FI}_{it} - 2.29 \text{Ln RD}_{it} + 0.44 \text{Ln OTR}_{it}$$

Para el caso del modelo obtenido por MCO referente a la energía geotérmica, se obtuvo un *p- valué* de 0.068 lo que promueve al modelo como un estimador adecuado ya que el grado de significancia es superior al 5 %, al aplicar pruebas de autocorrelación también el valor DW cae en zona de indecisión y no es posible determinar la correlación de primer orden, a diferencia de la prueba de orden superior que nos arroja un *p- valué* superior al 5 % y determina que no existe autocorrelación de orden superior para el modelo obtenido por MCO para geotermia en el mundo. Al efectuar la corrección al modelo, el nuevo *p- valué* se encuentra por encima de la zona de significancia y podemos determinar que el modelo corregido no tiene auto correlación, sin embargo; al efectuar la prueba "RESET" al nuevo modelo (R-CO) obtenemos un *p- valué* de 0.11 inferior al 0.68 que obtuvimos con la regresión calculada por MCO (R-MCO), por lo cual se sugiere utilizar este modelo para evaluar el desempeño y los factores que impulsan a la energía geotérmica en el ámbito económico y financiero.

$$\text{Ln GEO}_{it} = 11.765 + 0.252 \text{Ln PIB}_{it} - 2.189 \text{Ln FM}_{it} - 3.564 \text{Ln FI}_{it} - 0.186 \text{Ln RD}_{it} + 0.340 \text{Ln OTR}_{it}$$

Por último, se evalúa el modelo para la energía marina, la cual nos arroja un *p- valué* del 0.003 menor valor al 0.05 buscado para determinar que el modelo esté bien especificado, al efectuar la prueba DW, el valor nos indica que también se encuentra en zona de indeterminación y no podemos garantizar la autocorrelación de primer orden, al efectuar la segunda prueba para autocorrelaciones superiores se reconoce un valor superior al grado de significancia lo que nos permite aceptar la hipótesis nula y determinar que existe auto correlación el los residuos de los errores. Se corrige el

modelo y se determina un nuevo valor de *p-valor* de 0.25 que indica que aun existe auto correlación en el modelo; sin embargo, se efectúa nuevamente la prueba Ramsey para los nuevos coeficientes y obtenemos el nuevo *p-valor* de 0.012 (R-CO) superior 0.003 obtenido por MCO (R-MCO), lo que nos permite sugerir al modelo corregido por Cochrane-Orcutt como el estimador mas eficiente para la generación de energía por fuentes marinas en el mundo.

$$\ln MAR_{it} = 0.053 - 2.35 \ln PIB_{it} + 1.49 \ln FM_{it} - 9.99 \ln FI_{it} + 22.36 \ln RD_{it} - 5.013 \ln OTR_{it}$$

5.2 Estadísticas del modelo Obtenido por MCO en AL

Para AL se llevo a cabo el mismo análisis realizado a los países del mundo, en el *apéndice (L.1, L.2)*, se observan los resultados de calcular los coeficientes por MCO para cada tecnología renovable, se observan variables significativas para cada uno de los modelos. El valor de *p-valor* calculado a partir de MCO para AL en hidroenergía, energía eólica y solar es superior a 0.05 por lo tanto se considera que los modelos están bien especificados, a diferencia de la generación por bioenergía y geotermia que reflejan un valor inferior a 5%. *Tabla 24.*

Tabla 24. Coeficientes MCO. Modelo en América latina.

Variable	PIB	MFIN	IFIN	ID	OTR	B (0)	Reset	p-value
HYD	-0.066	0.009	-0.120	-0.029	-0.024	3.616	0.315	0.736
WIN	1.394	-1.500	9.813	-1.497	-0.827	-10.790	3.248	0.075
SOL	5.521	-6.330	1.591	-0.255	-2.375	-2.738	2.873	0.096
BIO	-5.374	-3.767	16.758	0.145	6.529	-22.687	6.620	0.012
GEO	-0.951	4.112	3.902	-0.636	0.747	-7.157	32.708	0.000
MAR	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestran las ecuaciones obtenidas a partir de los coeficientes calculados, para el caso de energía marina no se cuenta con datos para AL.

$$\ln HYD_{it} = 3.61 - 0.066 \ln PIB_{it} + 0.01 \ln FM_{it} - 0.29 \ln FI_{it} - 0.029 \ln RD_{it} - 0.024 \ln OTR_{it} \quad (15)$$

$$\ln WIN_{it} = -10.79 - 1.39 \ln PIB_{it} - 1.5 \ln FM_{it} + 9.81 \ln FI_{it} - 1.49 \ln RD_{it} - 0.82 \ln OTR_{it} \quad (16)$$

$$\ln SOL_{it} = -2.73 + 5.52 \ln PIB_{it} - 6.33 \ln FM_{it} + 1.59 \ln FI_{it} - 0.25 \ln RD_{it} - 2.73 \ln OTR_{it} \quad (17)$$

$$\ln BIO_{it} = -22.68 - 5.37 \ln PIB_{it} - 3.76 \ln FM_{it} + 16.75 \ln FI_{it} + 0.14 \ln RD_{it} + 6.52 \ln OTR_{it} \quad (18)$$

$$\ln GEO_{it} = 7.15 - 0.95 \ln PIB_{it} - 4.11 \ln FM_{it} - 3.90 \ln FI_{it} - 0.63 \ln RD_{it} + 0.74 \ln OTR_{it} \quad (19)$$

De igual manera se calcularon también los coeficientes de las variables explicativas, para AL por MCO, en este caso, la energía hidroeléctrica, eólica y solar tienen un *p-valor* superior al nivel de

significancia establecido lo que sugiere un modelo adecuado, sin embargo, se requiere aplicar nuevamente las pruebas de autocorrelación para asegurarlo

5.2.1 Estadísticas Durbin-Watson y Breusch-Godfrey en AL.

En este caso se observa e la *Tabla 25* que todos los valores de *DW* de las tecnologías renovables en AL se encuentran en la zona de indecisión entre $dl=0.792$ y $du= 1.91$, *apéndice N.1* por lo tanto no es posible determinar autocorrelación de primer orden

Tabla. 25. Durbin - Breusch en América latina.

Variable	Durbin -Watson (DW)	p-value	Breusch-Godfrey (LM)	p-value
HYD	1.567	0.020	0.022	0.882
WIN	1.529	0.016	0.558	0.455
SOL	1.634	0.030	0.246	0.620
BIO	1.425	0.008	1.060	0.303
GEO	1.411	0.008	1.594	0.207
MAR	0.000	0.000	0.000	0.000

Fuente: Elaboración propia

En la *Tabla 25* se puede observar el valor de *p-valué* para la prueba Breusch-Godfrey es superior a la significancia establecida, por lo tanto no existe autocorrelación de orden superior en ninguna de las tecnologías estudiadas, los valores de *p-valué* están por arriba del nivel de significancia establecido y garantiza homocedasticidad, normalidad y ausencia de autocorrelación de orden superior en los coeficientes de las variables explicativas, excepto para la generación de energía marina de la cual no existen datos en esta región. *apéndice (M.1-M.6)*.

5.2.2 Estadísticas del modelo Corregido por Cochrane-Orcutt en AL.

Se presentan los coeficientes calculados a partir de Cochrane–Orcutt *Tabla 26* para las variables explicativas en donde es posible determinar los modelos que brinden mayor certidumbre en sus estimaciones, a partir del valor de *p-valué* de los modelos corregidos superior a 0.05. En AL cinco tecnologías de GER superaron el valor de significancia excepto para hidroenergía.

Tabla. 26. Coeficientes Cochrane-Orcutt. América latina

Variable	PIB	MFIN	IFIN	ID	OTR	B (0)	Cochrane - Orcutt	p-value	No de interacciones	Rho
HYD	-0.001	0.033	-0.299	-0.043	-0.088	3.882	1.511	0.012	15.000	-0.078
WIN	2.560	-1.466	6.521	-1.821	-2.193	-4.605	2.149	0.258	12.000	0.149
SOL	7.816	-6.200	-5.309	-0.693	-5.099	9.921	2.048	0.191	20.000	0.170
BIO	-2.358	-3.189	7.778	-1.083	2.935	-5.694	2.924	0.963	33.000	0.625
GEO	-1.478	3.927	5.286	-0.395	1.341	-9.663	2.053	0.226	14.000	0.325
MAR	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-	-	-	0.000	0.000

Fuente: Elaboración propia

Una vez calculados los coeficientes de los modelos corregidos a partir de Cochrane–Orcutt se muestran a continuación las ecuaciones relacionadas.

$$\ln HYD_{it} = 3.88 - 0.01 \ln PIB_{it} - 0.033 \ln FM_{it} - 0.29 \ln FI_{it} - 0.04 \ln RD_{it} - 0.08 \ln OTR_{it} \quad (20)$$

$$\ln WIN_{it} = -4.60 - 2.5 \ln PIB_{it} - 1.4 \ln FM_{it} + 6.5 \ln FI_{it} - 1.82 \ln RD_{it} - 2.193 \ln OTR_{it} \quad (21)$$

$$\ln SOL_{it} = 9.92 + 7.81 \ln PIB_{it} - 6.20 \ln FM_{it} - 5.30 \ln FI_{it} + 0.69 \ln RD_{it} - 5.09 \ln OTR_{it} \quad (22)$$

$$\ln BIO_{it} = -5.69 - 2.35 \ln PIB_{it} - 3.18 \ln FM_{it} + 7.77 \ln FI_{it} - 1.08 \ln RD_{it} + 2.93 \ln OTR_{it} \quad (23)$$

$$\ln GEO_{it} = -9.663 - 1.47 \ln PIB_{it} + 3.92 \ln FM_{it} - 5.28 \ln FI_{it} - 0.39 \ln RD_{it} + 1.34 \ln OTR_{it} \quad (24)$$

Al realizar la prueba “Ramsey” Tabla 27 a los modelos corregidos en AL, se determina que los valores para hidroenergía, solar y eólica son superior al 5% y los estimadores planteados si están bien especificados, y cumplen con los supuestos de Gauss-Markov.

Tabla. 27. Coeficientes. Cochrane- Orcutt en América latina.

Variable	Prueba Reset	p-value
<i>HYD</i>	0.057	0.945
<i>WIN</i>	1.549	0.255
<i>SOL</i>	0.522	0.608
<i>BIO</i>	20.536	0.000
<i>GEO</i>	25.214	0.000
<i>MAR</i>	0.000	0.000

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 28 se muestra el resumen de las pruebas de hipótesis aplicadas a cada una de las tecnologías renovables alrededor del mundo en función de su mayor desempeño como generadores dentro de la matriz energética mundial.

Tabla. 28. Resumen en América latina. Pruebas de hipótesis

Variable	Ramsey (R-MCO)	Durbin - Watson (DW)	Breusch-Godfrey (LM)	Cochrane-Orcutt (CO)	Ramsey (R- CO)
<i>HYD</i>	0.7357	Indecisión	No autocorrelación	(AR) 0.01215	0.94510
<i>WIN</i>	0.0746	Indecisión	No autocorrelación	(NC) 0.2575	0.25540
<i>SOL</i>	0.0956	Indecisión	No autocorrelación	(NC) 0.1913	0.60760
<i>BIO</i>	0.0116	Indecisión	No autocorrelación	(NC) 0.9625	0.00019
<i>GEO</i>	0.00001	Indecisión	No autocorrelación	(NC) 0.2259	0.00008

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los resultados obtenidos por MCO y por Cochrane –Orcutt se proponen los mejores los estimadores para cada tecnología. Para hidroenergía en AL el estimador calculado por MCO esta bien especificado ya que reporta un *p-valué* de 0.73 en la prueba de Ramsey superior al nivel de significancia planteado, el valor calculado de *DW* no define su autocorrelación de primer orden y la prueba Breusch-Godfield expone que no existe correlación serial de segundo orden en el modelo calculado por MCO con un *p- valué* 0.88.

En el modelo corregido por Cochrane–Orcutt el *p-valué* para hidroenergía en AL, es 0.12 menor al grado de significancia, por lo que se descarta el estimador calculado ya que muestra autocorrelación serial. Por tanto, el estimador propuesto para AL es el calculado por MCO.

$$\text{Ln HYD } it = 3.61 - 066 \text{ Ln PIB } it + 0.01 \text{ Ln FM } it - 0.29 \text{ Ln FI } it - 0.029 \text{ Ln RD } it - 0.024 \text{ Ln OTR } it$$

Por su parte para la energía eólica en AL, el *p-valué* obtenido en la prueba de Ramsey es superior al 5% lo que plantea una adecuada especificación del estimador obtenido por MCO, se observa que no es posible determinar autocorrelación de primer orden en el modelo planteado ya que el valor de *DW* se encuentra en la zona de indeterminación, se descarta autocorrelación de segundo orden de acuerdo con el *p-valué* obtenido de la prueba Breusch–Godfrey de 0.45 superior al valor de 0.05%.

Sin embargo, el modelo corregido para la energía eólica de acuerdo con Cochrane–Orcutt en AL no mostro autocorrelación al tener un *p-valué* de 0.25 superior a 5% y al aplicar la prueba de Ramsey al nuevo modelo arroja un *p-valué* de 0.25 superior al *p-valué* de 0.07 obtenido en la prueba de Ramsey del modelo calculado por MCO, lo que determina que el modelo esta bien especificado y no autocorrelacionadas y se propone el modelo corregido para la energía eólica en AL.

$$\text{Ln WIN } it = - 4.60 - 2.5 \text{ Ln PIB } it - 1.4 \text{ Ln FM } it + 6.5 \text{ Ln FI } it - 1.82 \text{ Ln RD } it - 2.193 \text{ Ln OTR } it$$

En el modelo estimado por MCO para energía solar en AL, se obtuvo un *p-valué* en la prueba Ramsey de 0.096 superior a 5 %, y es posible considerar al modelo bien especificado. Con el valor *DW* no es posible determinar si existe autocorrelación de primer orden ya que el valor calculado para la energía solar esta dentro de la zona de indeterminación. Al efectuar las pruebas autocorrelación de segundo orden se obtiene un *p-valué* de 0.24 superior a la significancia antes mencionada y se determina la ausencia de auto correlación.

La corrección del modelo no muestra auto correlación serial con un *p- valué* de 0.19 mas alto que la significancia, además al efectuar la prueba de Ramsey al modelo corregido el *p-valué* es 0.6 superior al *p-valué* de 0.095 calculado por MCO para la energía solar. En este sentido, se propone el estimado obtenido por Cochrane–Orcutt para la energía fotovoltaica en AL

$$\text{Ln SOL } it = 9.92 + 7.81 \text{ Ln PIB } it - 6.20 \text{ Ln FM } it - 5.30 \text{ Ln FI } it + 0.69 \text{ Ln RD } it - 5.09 \text{ Ln OTR } it$$

La cuarta energía analizada en AL corresponde a la bioenergía, la cual muestra en la regresión calculada por MCO un *p- valué* en la prueba de Ramsey de 0.012, inferior al 5 % de significancia, lo que determina que el modelo esta mal especificado y las variables seleccionadas no explican adecuadamente el comportamiento de la bioenergía en AL, no es posible comprobar autocorrelación

de primer orden debido al valor de DW de 1.42 que se encuentra en zona de indeterminación. Al efectuar la prueba de segundo orden se obtiene un valor de 0.3 superior a 5 %.

Al efectuar la corrección, Cochrane–Orcutt, determinamos la ausencia de autocorrelación en el modelo con un p -*valué* 0.96 superior al 0.05 necesario para garantizar la ausencia de correlación en el modelo, sin embargo, al efectuar la prueba de Ramsey al modelo se obtiene un p -*valué* cercano a cero, inferior al 5 % requerido para determinar que este bien especificado. Por lo tanto, el modelo corregido no contendría a las variables explicativas adecuadas para la bioenergía en AL. Se plantea el modelo obtenido por MCO como el mas adecuado para la reconocer el comportamiento del desarrollo de capacidades en bioenergía en AL ya que p -*valué* de la prueba de Ramsey aplicado al modelo obtenido por MCO de 0.012 es superior al p -*valué* de 0.00019 de la prueba de Ramsey obtenido por el modelo corregido de Cochrane–Orcutt para bioenergía en AL.

$$\ln \text{BIO } it = -22.68 - 5.37 \ln \text{PIB } it - 3.76 \ln \text{FM } it + 16.75 \ln \text{FI } it + 0.14 \ln \text{RD } it + 6.52 \ln \text{OTR } it$$

Por ultimo, analizamos el modelo calculado por MCO para la energía geotérmica en AL y se observa para la prueba Ramsey un p -*valué* de 0.000014 muy cercano a cero y muy por debajo de la zona de significancia establecida, por lo cual no es posible considerar el modelo obtenido por MCO como el mas adecuado ya que no esta bien especificado. No es posible establecer la auto correlación de primer orden para la energía geotérmica y queda descartada la autocorrelación de segundo orden en dicha tecnología para AL. En el modelo corregido al aplicar la prueba de Ramsey también se obtiene un valor muy pequeño para el p -*valué* igual a 0.00008 lo que nos permitiría concluir que el modelo tampoco esta bien especificado, y además considera que tampoco existe autocorrelación en el modelo corregido obtenido ya que el p -*valué* del modelo obtenido por Cochrane–Orcutt es 0.22. En virtud de obtener resultados menos alejados de la realidad se propone utilizar el modelo corregido para la energía geotérmica ya que el p -*valué* en la prueba Ramsey es mayor que el p -*valué* de la prueba de “Ramsey” calculado por MCO.

$$\ln \text{GEO } it = -9.663 - 1.47 \ln \text{PIB } it + 3.92 \ln \text{FM } it - 5.28 \ln \text{FI } it - 0.39 \ln \text{RD } it + 1.34 \ln \text{OTR } it$$

Una vez determinados los estimadores mas adecuados para cada una de las seis tecnologías de GER, en AL y en mundo se muestra a continuación en la *Tabla 29* y *Tabla 30* los coeficientes correspondientes a las variables explicativas mas adecuados de acuerdo con los contrastes de hipótesis, las pruebas de especificación y de correlación serial aplicadas.

Tabla. 29. Coeficientes de las variables explicativas propuesto en GER el mundo.

MUNDO	PIB	MFIN	IFIN	ID	OTR	B (0)
HYD	-0.182	0.042	-0.700	0.568	0.441	1.915
WIN	-3.094	2.715	-0.288	-1.366	1.712	8.742
SOL	-8.328	7.858	-29.128	15.086	5.373	23.948
BIO	-0.948	0.717	-2.745	-2.295	0.444	15.033
GEO	0.252	-2.189	-3.564	-0.186	0.340	11.765
MAR	-2.351	1.496	-9.999	22.362	-5.013	0.053

Fuente: Elaboración propia

Tabla. 30. Coeficientes de las variables explicativas propuesto en GER el AL.

<i>LATAM</i>	<i>PIB</i>	<i>MFIN</i>	<i>IFIN</i>	<i>ID</i>	<i>OTR</i>	<i>B (0)</i>
<i>HYD</i>	-0.066	0.009	-0.120	-0.029	-0.024	3.616
<i>WIN</i>	2.560	-1.466	6.521	-1.821	-2.193	-4.605
<i>SOL</i>	7.816	-6.200	-5.309	-0.693	-5.099	9.921
<i>BIO</i>	-5.374	-3.767	16.758	0.145	6.529	-22.687
<i>GEO</i>	-1.478	3.927	5.286	-0.395	1.341	-9.663
<i>MAR</i>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Fuente: Elaboración propia

6. Discusión

Las consideraciones finales de este estudio, surgen de la discusión de los resultados, al reconocer el impacto en la GER de acuerdo al valor calculado de los coeficientes correspondiente a las variables explicativas de cada modelo propuesto, y distinguir el comportamiento de las tecnologías de GER en AL, contrastarlos con los datos obtenidos de los coeficientes de las variables independientes, financieras, económicas y de *I + D* que explican el comportamiento de la GER en los principales países en el mundo.

En primer lugar, se observa que para la energía hidroeléctrica el aumento en porcentaje del PIB per capita en AL y en mundo no reflejan un efecto positivo en el aumento en generación de hidroenergía.

Se observa también con relación a las variables financieras, que el comportamiento de los mercados financieros tiene el mismo efecto positivo en ambas regiones en AL y en el mundo, sin embargo, es posible reconocer un mayor impacto en generación de hidroenergía a partir del desarrollo de mercados financieros en los principales países generadores de hidroenergía en el mundo que en AL, de acuerdo con la magnitud del coeficiente calculado en dicha variable.

En el caso del desarrollo de las instituciones financieras en AL y en el mundo también se comportan de manera negativa en ambas regiones para hidroenergía, lo que supone que el fortalecimiento de las normas y regulaciones referentes a las instituciones financieras no promueve la generación de energía renovable en el periodo analizado.

En contraste, el coeficiente calculado para la variable que relaciona la inversión en I+D en AL tiene un efecto negativo en el aumento de generación hidroenergética en AL, a diferencia de lo que ocurre en los principales países generadores del mundo que reflejan un efecto positivo en el aumento de generación de energía hidroeléctrica a partir del aumento en inversión I+D y se reconoce un mayor impacto variable en la variable dependiente que con la variación de las demás variables explicativas para hidroenergía en el mundo.

En términos de la apertura comercial, se reconoce un dinamismo para los principales países generadores de hidroenergía en el mundo siendo la segunda variable que contribuye positivamente en el desarrollo de capacidades energéticas en el mundo a diferencia de la región de AL, que muestra un efecto negativo en el aumento de la apertura comercial y no contribuye en el aumento de hidroenergía en dicha región.

Por otro lado, la segunda tecnología analizada es la energía eólica, la cual, si muestra un efecto positivo en el aumento del PIB per capita en AL, así como el desarrollo de las instituciones financieras, que promueven principalmente el aumento de generación de energía eólica en AL.

En contraste con el comportamiento de la energía eólica en el mundo el desarrollo de los mercados financieros y la apertura comercial ha contribuido en mejor medida el desarrollo de capacidades en generación de energía por medio del viento. Para ambas regiones, el crecimiento en inversión en I+D afecta negativamente el aumento en generación de energía eólica

La energía solar fotovoltaica es la tercera tecnología estudiada y los resultados muestran un contraste mas significativo en AL y en el mundo con relación al PIB per capita en cada región, ya que en AL el aumento en el % de PIB provoca un impacto positivo mas significativo que cualquier otra variable del modelo para la energía solar en AL, de manera distinta en el mundo el aumento en PIB per capita reduce la generación de energía solar en los principales países generadores.

También el desarrollo de mercados financieros tiene un comportamiento distinto en ambas regiones, para el caso de AL el aumento en los índices del desarrollo de los mercados financieros provoca una disminución en la generación de energía solar fotovoltaica, y en el caso del comportamiento en generación de energía fotovoltaica en el mundo el aumento en el desarrollo de mercados financieros, tendrá efectos positivos en la generación de energía por dicha tecnología siendo M_{fin} la segunda variable que influye positivamente a la energía solar apoyada de la variable que involucra la inversión en $I+D$ que tiene mayor presencia positiva en los coeficientes del modelo y promueve la participación de generación eléctrica por medio del sol en el mundo.

En el caso de AL la inversión en $I+D$ afecta negativamente la generación energética solar. La apertura comercial no traerá fomento al aumento de generación de energía solar en AL a diferencia de los resultados positivos que traería un aumento en la apertura comercial en el mundo. Es importante resaltar que la variable que mas afecta negativamente al aumento de generación de energía solar en el mundo es el desarrollo de instituciones financieras. Bioenergía es la tecnología que se analiza en cuarto lugar y es posible distinguir para AL las variables que afectan positivamente el aumento en generación con dicha tecnología, en este caso el desarrollo de instituciones financieras impacta en mayor medida la participación de esta tecnología como alternativa de abastecimiento energético, así como el aumento en la inversión en $I+D$ y la apertura comercial, traerá beneficios a AL para la participación de biogénéticos.

Para el caso de los principales países en el mundo en generación eléctrica por medio de bioenergía, su participación aumenta con el fomento de los mercados financieros y la apertura comercial, y se ve afectada principalmente por la inversión en $I+D$, es decir; un aumento en la inversión en $I+D$ no traerá resultados directos positivos en el aumento de generación de bioenergía en el mundo. La quinta tecnología disponible para generar energía por fuentes renovables es la geotermia, para la cual se observa un comportamiento negativo en el aumento de generación de energía con este recurso cuando aumenta la inversión en $I+D$ en ambas regiones. En el mundo la geotermia se ve beneficiada con el aumento en el PIB per capita y la apertura comercial en el caso de AL, el aumento en la apertura comercial y el desarrollo de los mercados e instituciones financieras, sugieren un aumento en la generación y participación de dicha tecnología. La sexta y ultima tecnología se refiere a la energía obtenida a partir del océano, en AL aun no representa aportes significativos dentro de la matriz energética, en esta región, por lo cual es necesario reconocer los

factores que han impulsado las dichas tecnologías en los países con mayores capacidades tecnológicas en este sector, a fin de reconocer oportunidades y promover nuevas líneas de investigación y ofrezcan perspectivas positivas para la región de Latinoamérica. De acuerdo con los resultados obtenidos para las variables explicativas que determinan el comportamiento de la generación de energía marina en los principales países del mundo, es importante destacar los efectos positivos que se han reflejan con el aumento de la inversión en *I+D* para las regiones con mayores avances en generación energética por medio de este recurso, siendo así la principal variable que promueve la generación de energía a través del mar, en el mundo. La variable que afecta negativamente en mayor medida la generación de energía por esta fuente es el desarrollo de instituciones financieras el aumento en los índices de instituciones financieras no refleja un aumento en la participación en la matriz energética mundial por medio de recursos del océano.

7. Conclusiones, recomendaciones y consideraciones finales.

El valor que ofrecen los resultados de esta investigación, radican en una metodología original, que brinda, un aporte al campo de conocimiento energético, distingue el comportamiento de la generación de energía renovable (ER) en regiones que anteriormente no se habían estudiado y brinda un panorama a la región de AL, comparada con los principales países generadores de ER en el mundo, en un periodo de análisis no estudiado anteriormente, se logra reconocer con mayor desagregación el comportamiento de las seis tecnologías de ER en términos económicos financieros y de investigación.

El análisis cumple con la hipótesis principal de reconocer los efectos determinantes en el crecimiento energético renovable en América latina y en el mundo, los resultados permiten recomendar a los actores políticos de ambas regiones, destinar mayor inversión en el desarrollo de capacidades tecnológicas, crear nuevas y mejores estrategias de aplicación de los recursos económicos destinados a la generación de innovaciones energéticas renovables, principalmente en las áreas que permitan distinguir el potencial energético, además de identificar las brechas tecnológicas para desarrollo de conocimientos, en virtud de ampliar el inventario de regiones factibles, lo que requiere promover los vínculos entre centros de investigación, universidades, empresarios y el estado, a fin de fortalecer el desarrollo tecnológico enfocado en la toma de decisiones que integre la tecnología con el ambiente en un crecimiento energético sostenible.

Se pudo comprobar la relación entre las variables económicas y financieras en el crecimiento de las energías renovables, dentro de ellas, la apertura comercial juega un papel fundamental para los principales países generadores, causando un impacto positivo en todas ellas excepto en la energía marina, la cual, no muestra resultados favorables con el fortalecimiento del comercio, debido a su débil participación en la matriz energética, además de la falta de investigación y desarrollo tecnológico en este sector, sin embargo; los resultados permiten reconocer, mayor magnitud en el crecimiento de la energía marina en el mundo, con el aumento de la inversión en *I + D*, y se destaca como el factor con el mayor efecto positivo en el crecimiento de la energía marina en el mundo. En los resultados se reconoce el impacto positivo en el crecimiento de las energías renovables con una mayor apertura comercial, lo que implica una integración económica, promueve la maduración de los sistemas de generación de energía renovable, beneficia a empresarios, las naciones, por ello es

preciso recomendar la consolidación de nuevos mercados y establecer nuevos vínculos entre academia, industria y estado

Se observa en los datos obtenidos la importancia de la creación y aplicación de un marco legal que garantice a partir de las instituciones financieras la evolución comercial en las regiones. Los resultados expuestos distinguen mayor impacto en el crecimiento de las energías renovables, por medio del fortalecimiento de las instituciones financieras en AL; a diferencia de los países con mayor generación de energía renovable en el mundo, que muestran mayor crecimiento con el desarrollo de los mercados financieros y la apertura comercial. Los resultados permiten reconocer que se requiere mayor apoyo internacional, que fortalezca el crecimiento tecnológico de AL, que permita aumentar su participación en la matriz energética a un ritmo acelerado y desarrollar ventajas competitivas amigables con el ambiente.

Referencias

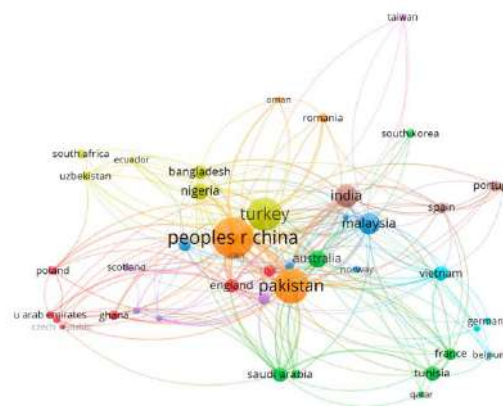
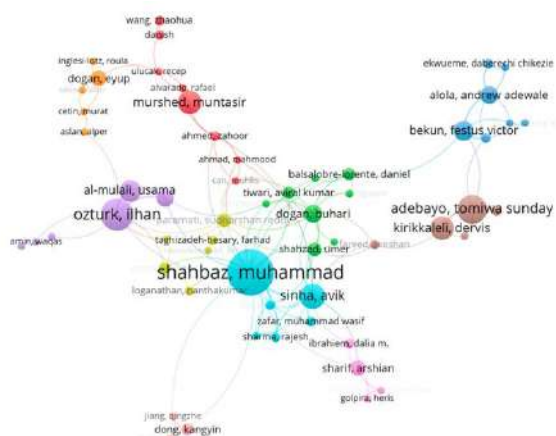
- [1] Khezri, M., Heshmati, A., & Khodaei, M. (2021). The role of R&D in the effectiveness of renewable energy determinants: A spatial econometric analysis. *Energy Economics*, 99, 105287. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2021.105287>
- [2] Al-mulali, U., Fereidouni, H. G., Lee, J. Y., & Sab, C. N. B. C. (2013). Examining the bi-directional long run relationship between renewable energy consumption and GDP growth. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 22, 209–222. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.02.005>
- [3] Tugcu, C. T., Ozturk, I., & Aslan, A. (2012). Renewable and non-renewable energy consumption and economic growth relationship revisited: Evidence from G7 countries. *Energy Economics*, 34(6), 1942–1950. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2012.08.021>
- [4] Menyah, K., & Wolde-Rufael, Y. (2010). CO2 emissions, nuclear energy, renewable energy and economic growth in the US. *Energy Policy*, 38(6), 2911–2915. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.01.024>
- [5] Chinn, M. D., & Ito, H. (2006). What matters for financial development? Capital controls, institutions, and interactions. *Journal of Development Economics*, 81(1), 163–192. <https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2005.05.010>
- [6] Shahbaz, M., Topcu, B. A., Sarigül, S. S., & Vo, X. V. (2021). The effect of financial development on renewable energy demand: The case of developing countries. *Renewable Energy*, 178, 1370–1380. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.06.121>
- [7] Frutos-Bencze, D., Avdiu, K., & Unger, S. (2019). The effect of trade and monetary policy indicators on the development of renewable energy in Latin America. *critical perspectives on international business*, 16(4), 337–359. <https://doi.org/10.1108/cpoib-04-2018-0037>
- [8] Chinn, M. D., & Ito, H. (2006b). What matters for financial development? Capital controls, institutions, and interactions. *Journal of Development Economics*, 81(1), 163–192. <https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2005.05.010>
- [9] Wurgler, J. (2000). Financial markets and the allocation of capital. *Journal of Financial Economics*, 58(1–2), 187–214. [https://doi.org/10.1016/s0304-405x\(00\)00070-2](https://doi.org/10.1016/s0304-405x(00)00070-2)
- [10] IRENA. International Renewable Energy Agency. (2021). IRENA. <https://www.irena.org/>
- [11] PxWeb - Select table. (2021). IRENA. https://pxweb.irena.org/pxweb/en/IRENASTAT/IRENASTAT_Power%20Capacity%20and%20Generation/

- [12] Ramsey, J. B. (1969). Tests for Specification Errors in Classical Linear Least-Squares Regression Analysis. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)*, 31(2), 350–371. <https://doi.org/10.1111/j.2517-6161.1969.tb00796.x>
- [13] DURBIN, J., & WATSON, G. S. (1950). TESTING FOR SERIAL CORRELATION IN LEAST SQUARES REGRESSION. I. *Biometrika*, 37(3–4), 409–428. <https://doi.org/10.1093/biomet/37.3-4.409>
- [14] Rutledge, D., & Barros, A. (2002). Durbin–Watson statistic as a morphological estimator of information content. *Analytica Chimica Acta*, 454(2), 277–295. [https://doi.org/10.1016/s0003-2670\(01\)01555-0](https://doi.org/10.1016/s0003-2670(01)01555-0)
- [15] Jović, O. (2016). Durbin-Watson partial least-squares regression applied to MIR data on adulteration with edible oils of different origins. *Food Chemistry*, 213, 791–798. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.07.016>
- [16] BREUSCH, T. S. (1978). TESTING FOR AUTOCORRELATION IN DYNAMIC LINEAR MODELS*. *Australian Economic Papers*, 17(31), 334–355. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8454.1978.tb00635.x>
- [17] Godfrey, L. G. (1978). Testing Against General Autoregressive and Moving Average Error Models when the Regressors Include Lagged Dependent Variables. *Econometrica*, 46(6), 1293. <https://doi.org/10.2307/1913829>
- [18] Wooldridge, J. M. (2012). *Introductory Econometrics: A Modern Approach* (5.a ed.). South-Western Pub.
- [19] Dufour, J. M., Gaudry, M. J., & Liem, T. C. (1980). The Cochrane-Orcutt procedure numerical examples of multiple admissible minima. *Economics Letters*, 6(1), 43–48. [https://doi.org/10.1016/0165-1765\(80\)90055-5](https://doi.org/10.1016/0165-1765(80)90055-5)
- [20] World Bank Group - International Development, Poverty, & Sustainability. (2021). World Bank. <https://www.worldbank.org/en/home>
- [21] Fondo Monetario Internacional - Página Principal. (2021). IMF. <https://www.imf.org/es/Home>
- [22] Van Eck, N. J.; Waltman L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, 84, 523-538. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3>
- [23] RStudio Team (2020). *RStudio: Integrated Development for R*. RStudio, PBC, Boston, MA [URL http://www.rstudio.com/](http://www.rstudio.com/)

NOTAS COMPLEMENTARIAS

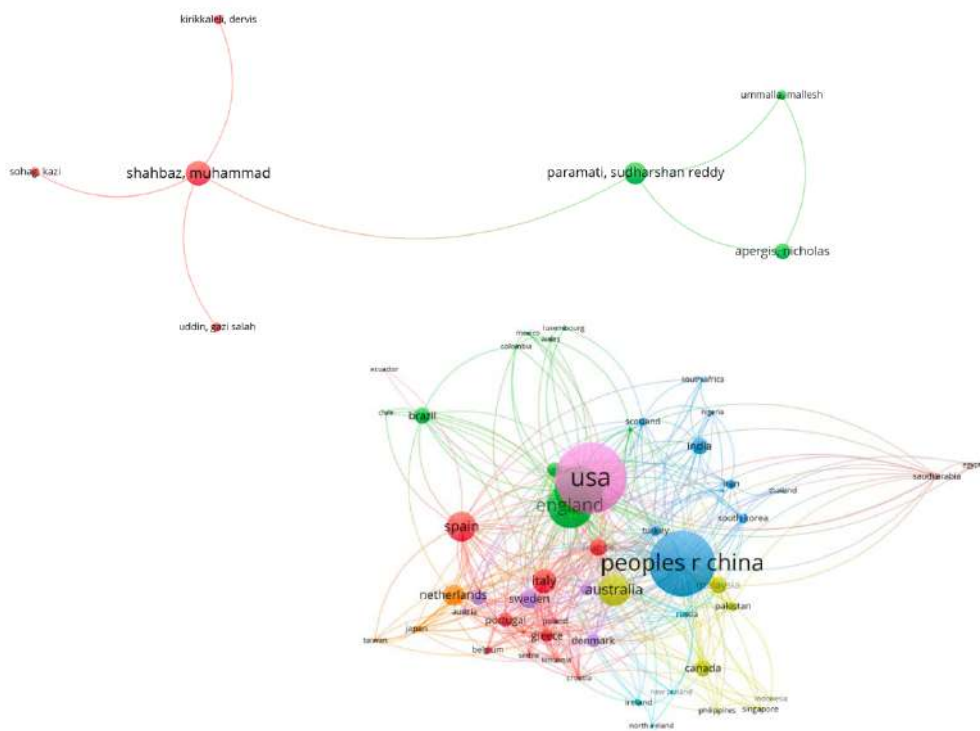
OTR En la primera búsqueda, se obtuvieron 666 documentos relacionados al termino, de búsqueda “Renewable energy, and, openness trade”, el la tabla.1 se observan los 10 primeros artticulos con mayor impacto

Autores	Titulo	Palabras Clave	Citas	Año de publicación
Shahbaz, Muhammad; Hye, Qazi Muhammad Adnan; Tiwari, Aviral Kumar; Leitao, Nuno Carlos	Economic growth, energy consumption, financial development, international trade and CO2 emissions in Indonesia	ENVIRONMENTAL KUZNETS CURVE; CARBON-DIOXIDE EMISSIONS; UNIT-ROOT TESTS; TIME-SERIES; ELECTRICITY CONSUMPTION; POLLUTANT EMISSIONS; CAUSAL RELATIONSHIP; ERROR-CORRECTION; REAL INCOME; COINTEGRATION	646	2013
Balsalobre-Lorente, Daniel; Shahbaz, Muhammad; Roubaud, David; Farhani, Sahbi	How economic growth, renewable electricity and natural resources contribute to CO2 emissions?	ENVIRONMENTAL KUZNETS CURVE; FOREIGN DIRECT-INVESTMENT; NONRENEWABLE ENERGY-CONSUMPTION; CARBON-DIOXIDE EMISSIONS; FINANCIAL DEVELOPMENT; TRADE OPENNESS; AIR-POLLUTION; CLEAN ENERGY; INTERNATIONAL-TRADE; NEXUS EVIDENCE	441	2018
Dogan, Eyup; Seker, Fahri	Determinants of CO2 emissions in the European Union: The role of renewable and non-renewable energy	ENVIRONMENTAL KUZNETS CURVE; CARBON-DIOXIDE EMISSIONS; FOREIGN DIRECT-INVESTMENT; CONSUMPTION-GROWTH NEXUS; ECONOMIC-GROWTH; ELECTRICITY CONSUMPTION; TIME-SERIES; PANEL-DATA; FINANCIAL DEVELOPMENT; CAUSALITY ANALYSIS	410	2016
Dogan, Eyup; Seker, Fahri	The influence of real output, renewable and non-renewable energy, trade and financial development on carbon emissions in the top renewable energy countries	ENVIRONMENTAL KUZNETS CURVE; CONSUMPTION-GROWTH NEXUS; FOREIGN DIRECT-INVESTMENT; MITIGATE CO2 EMISSIONS; ECONOMIC-GROWTH; ELECTRICITY CONSUMPTION; DIOXIDE EMISSIONS; CAUSALITY ANALYSIS; EKC HYPOTHESIS; MIDDLE-EAST	411	2016
Shahbaz, Muhammad; Lean, Hooi Hooi; Shabbir, Muhammad Shahbaz	Environmental Kuznets Curve hypothesis in Pakistan: Cointegration and Granger causality	CARBON-DIOXIDE EMISSIONS; ENERGY-CONSUMPTION; ECONOMIC-GROWTH; CO2 EMISSIONS; TIME-SERIES; UNIT-ROOT; ELECTRICITY CONSUMPTION; ERROR-CORRECTION; FREE-TRADE; INCOME	359	2012
Al-mulali, Usama; Weng-Wai, Choong; Sheau-Ting, Low; Mohammed, Abdul Hakim	Investigating the environmental Kuznets curve (EKC) hypothesis by utilizing the ecological footprint as an indicator of environmental degradation	GREENHOUSE-GAS EMISSIONS; ECONOMIC-GROWTH; ENERGY-CONSUMPTION; CO2 EMISSIONS; PANEL-DATA; FINANCIAL DEVELOPMENT; CARBON EMISSIONS; COAL CONSUMPTION; TRADE OPENNESS; LATIN-AMERICA	354	2015
Li, Ke; Lin, Boqiang	Impacts of urbanization and industrialization on energy consumption.CO2 emissions: Does the level of development matter?	CARBON-DIOXIDE EMISSIONS; INSTRUMENTAL VARIABLE ESTIMATION; CO2 EMISSIONS; ECONOMIC-GROWTH; ELECTRICITY CONSUMPTION; TRADE OPENNESS; URBAN FORM; PANEL-DATA; SUSTAINABLE DEVELOPMENT; EMPIRICAL-EVIDENCE	324	2015
Sebri, Maamar; Ben-Salha, Ousama	On the causal dynamics between economic growth, renewable energy consumption, CO2 emissions and trade openness: Fresh evidence from BRICS countries	NONRENEWABLE ENERGY; ELECTRICITY CONSUMPTION; ERROR-CORRECTION; NEXUS EVIDENCE; COINTEGRATION	319	2014
Salahuddin, Mohammad; Alam, Khorshed; Ozturk, Ilhan; Sohag, Kazi	The effects of electricity consumption, economic growth, financial development and foreign direct investment on CO2 emissions in Kuwait	CARBON-DIOXIDE EMISSIONS; LONG-RUN RELATIONSHIP; ENERGY-CONSUMPTION; EMPIRICAL-EVIDENCE; TRADE OPENNESS; MIDDLE-EAST; URBANIZATION; NEXUS; COUNTRIES; CHINA	311	2018
Destek, Mehmet Akif; Sinha, Avik	Renewable, non-renewable energy consumption, economic growth, trade openness and ecological footprint: Evidence from organisation for economic Co-operation and development countries	ENVIRONMENTAL KUZNETS CURVE; CO2 EMISSIONS; HETEROGENEOUS PANELS; ERROR-CORRECTION; CHINA; SUSTAINABILITY; HYPOTHESIS; RESOURCE; IMPACT; LEVEL	299	2020



MFIN

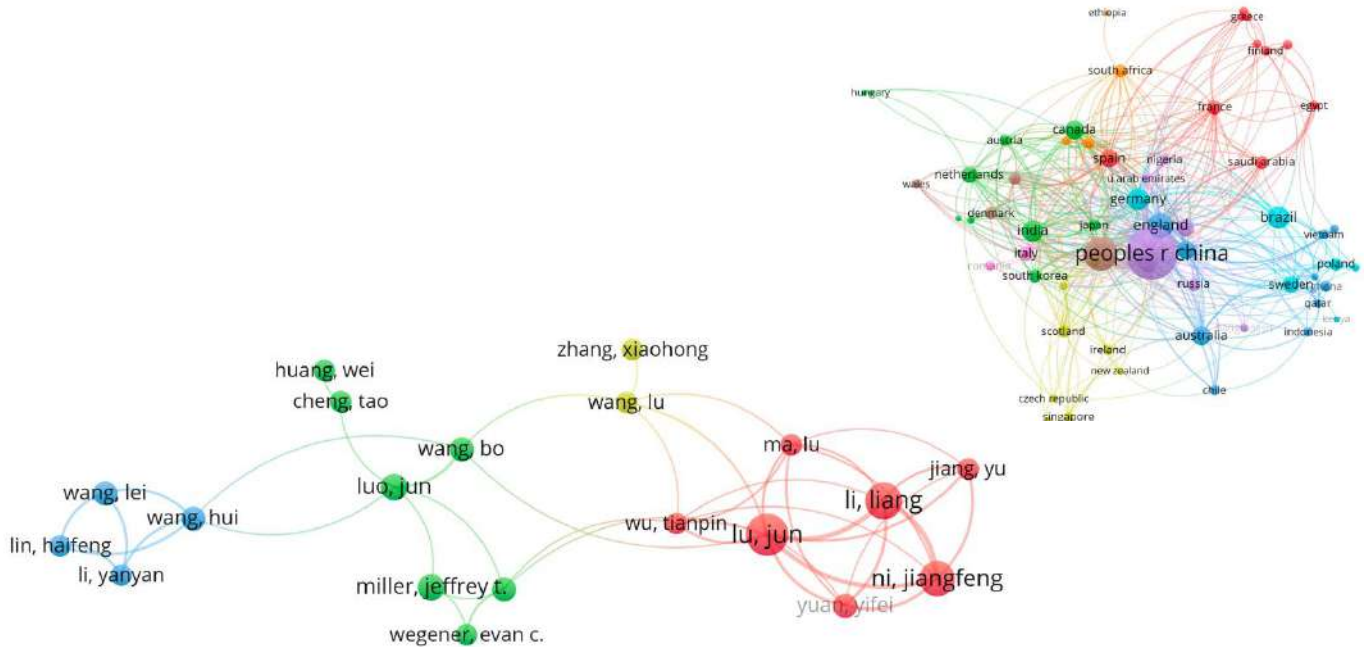
Autores	Título	Palabras Clave	Citas	Año de publicación
Wang Jinzhou	Financial Support for the Energy Market Research Industry Development of Renewable		3	2015
Chebotareva, Galina S.; Strielkowski, Wadim; Blaginin, Viktor A.	The renewable energy market: Companies' development and profitability	WIND POWER; POLICY; CHOICE; RISKS; FOCUS; MODEL	2	2019
Liu, Yang; Yang, Xueqing; Wang, Mei	Global Transmission of Returns among Financial, Traditional Energy, Renewable Energy and Carbon Markets: New Evidence	AUTOREGRESSIVE TIME-SERIES; IMPULSE-RESPONSE ANALYSIS; VOLATILITY SPILLOVERS; STOCK-PRICE; PHASE-II; EU	0	2021
Kim, Jeayoon; Park, Kwangwoo	Financial development and deployment of renewable energy technologies	STOCK MARKETS; GROWTH; INNOVATION	95	2016
Alsagr, Naif; van Hemmen, Stefan	The impact of financial development and geopolitical risk on renewable energy consumption: evidence from emerging markets	ECONOMIC-GROWTH; PANEL-DATA; CO2 EMISSIONS; ELECTRICITY CONSUMPTION; AIR-POLLUTION; INVESTMENT; PRICES;	16	2021
Owen, AD	Renewable energy: Externality costs as market barriers	DAMAGE COSTS; CARBON	164	2006
Tao, Ye; Xu, Zhiwei	Coordination of Renewable Energy and Flexible Loads in Electricity Markets via Financial Tools		0	2015
Ziaei, Sayyed Mahdi	The impacts of household social benefits, public expenditure on labour markets, and household financial assets on the renewable energy sector	ECONOMIC-GROWTH; CO2 EMISSIONS; PANEL-DATA; NUCLEAR-ENERGY; CONSUMPTION; OECD; COUNTRIES; NEXUS;	3	2022
Langniss, O	Instruments to foster renewable energy investments in Europe - A survey under the financial point of view		17	1996
Raisch, Veit	Financial assessment of mini-grids based on renewable energies in the context of the Ugandan energy market		5	2016



IFIN

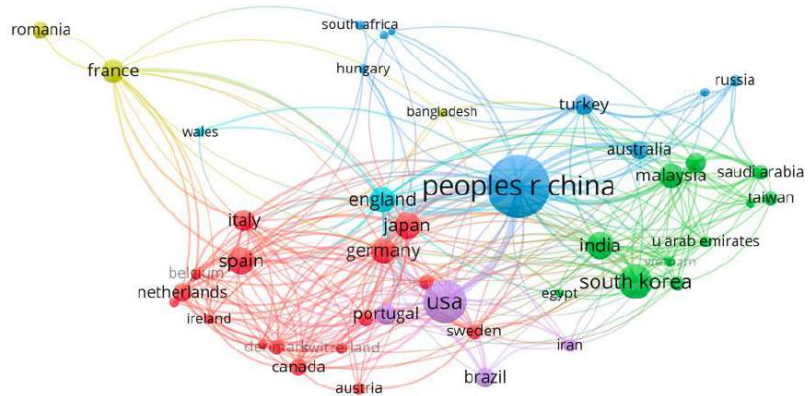
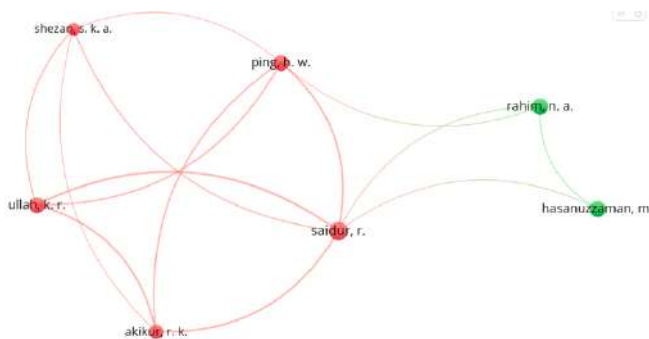
745 Resultados

Autores	Título	Palabras Clave	Citas	Año de publicación
Habiba, Umme; Cao Xingang; Ahmad, Rahil Irfan	The influence of stock market and financial institution development on carbon emissions with the importance of renewable energy consumption and foreign direct investment in G20 countries	ENVIRONMENTAL KUZNETS CURVE; LOWER CO2 EMISSIONS; ECONOMIC-GROWTH; TRADE OPENNESS; CLEAN ENERGY; ELECTRICITY CONSUMPTION; PANEL ANALYSIS; LONG-RUN; FDI; IMPACT	6	2021
Koksal, Cihat; Katircioglu, Setareh; Katircioglu, Salih	The role of financial efficiency in renewable energy demand: Evidence from OECD countries	ECONOMIC-GROWTH; CONSUMPTION; PANEL; URBANIZATION; MECHANISMS; CHINA	12	2021
Chen, Chaoyi; Pinar, Mehmet; Stengos, Thanasis	Determinants of renewable energy consumption: Importance of democratic institutions	ECONOMIC-GROWTH NEXUS; FOREIGN DIRECT-INVESTMENT; UNIT-ROOT TESTS; PANEL-DATA; CO2 EMISSIONS; ELECTRICITY CONSUMPTION; INTERNATIONAL-TRADE; NUCLEAR-ENERGY; DYNAMIC PANELS; POLLUTION	16	2021
Bhattacharya, Mita; Churchill, Sefa Awaworyi; Paramati, Sudharshan Reddy	The dynamic impact of renewable energy and institutions on economic output and CO2 emissions across regions	KUZNETS CURVE HYPOTHESIS; GROWTH EVIDENCE; PANEL-DATA; CONSUMPTION; ELECTRICITY; POLICY; EUROPE; TESTS	241	2017
Canh Phuc Nguyen; Schinckus, Christophe; Thanh Dinh Su; Chong, Felicia Hui Ling	The energy consumption: the global contributions from financial development and institutions	ECONOMIC-GROWTH; RENEWABLE ENERGY; INDUSTRIALIZATION; EMISSIONS; QUALITY; DEMAND; IMPACT; URBANIZATION; DETERMINANTS; POPULATION	0	2022
He, Lingyun; Liu, Rongyan; Zhong, Zhangqi; Wang, Deqing; Xia, Yufei	Can green financial development promote renewable energy investment efficiency? A consideration of bank credit	FREE CASH FLOW; OVER-INVESTMENT	69	2019
Navarro, Manuel Padeira; Catalao-Lopes, Margarida	A structured financial product applied to renewable energies		0	2019
Saadaoui, Haifa	The impact of financial development on renewable energy development in the MENA region: the role of institutional and political factors	ECONOMIC-GROWTH; NONRENEWABLE ENERGY; CO2 EMISSIONS; ELECTRICITY CONSUMPTION; ENVIRONMENTAL-QUALITY; EMPIRICAL-EVIDENCE; DEPLOYMENT; DRIVERS; MATTER; TRADE	1	2022
Nulambeh, Ndzebanteh Aboubakary; Eryigit, Kadir Yasin	Exploring the energy-environment growth nexus in francophone Africa in presence of institutions	ECONOMIC-GROWTH; RENEWABLE ENERGY; PANEL-DATA; CONSUMPTION; QUALITY; GMM	0	
Sheraz, Muhammad; Deyi, Xu; Mumtaz, Muhammad Zubair; Ullah, Atta	Exploring the dynamic relationship between financial development, renewable energy, and carbon emissions: A new evidence from belt and road countries	ECONOMIC-GROWTH NEXUS; CO2 EMISSIONS; ENVIRONMENTAL-QUALITY; PANEL-DATA; CONSUMPTION; GLOBALIZATION; IMPACT; TRADE; CORRUPTION; INCOME	4	2022



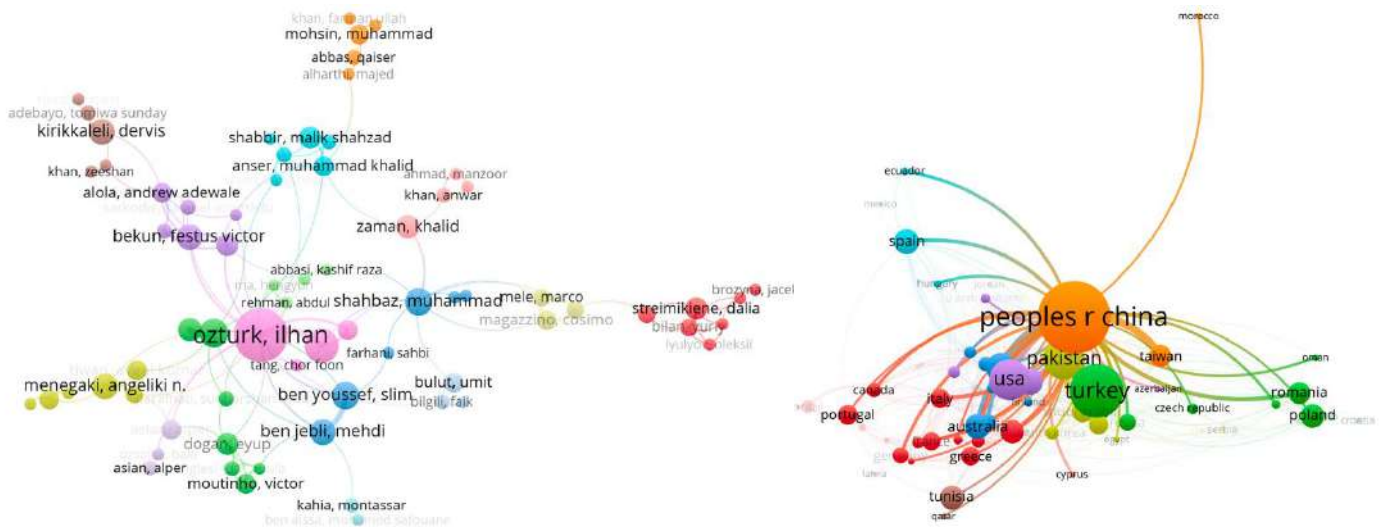
R&D 9,282

Autores	Título	Palabras Clave	Citas	Año de publicación
Chachuli, Fairuz Suzana Mohd; Mat, Sohif; Ludin, Norasikin Ahmad; Sopian, Kamaruzzaman	Performance evaluation of renewable energy R & D activities in Malaysia	ELECTRICITY-GENERATION; ALTERNATIVE ENERGY; EFFICIENCY; SECTOR; SUSTAINABILITY; OPTIMIZATION; PERSPECTIVES; BENCHMARKING; FEASIBILITY; BARRIERS	12	2021
Woo, C.; Chun, D.	R&D performance and relevant factors of renewable energy projects: separating innovation and economic perspectives	EFFICIENCY	0	
Lee, Deok Joo; Kim, Kyung-Taek; Park, Sung-Joon	Economic Evaluation of Renewable Energy R&D in Korea using Real Option		0	2011
Kocsis, Imre; Kiss, Judit T.	RENEWABLE ENERGY CONSUMPTION, R&D AND GDP IN EUROPEAN UNION COUNTRIES	CAUSAL RELATIONSHIP; ECONOMIC-GROWTH; OUTPUT; TESTS	10	2014
Khezri, Mohsen; Heshmati, Almas; Khodaei, Mehdi	The role of R&D in the effectiveness of renewable energy determinants: A spatial econometric analysis	ECONOMIC-GROWTH NEXUS; FINANCIAL DEVELOPMENT; CO2 EMISSIONS; NONRENEWABLE ENERGY; TECHNOLOGICAL-INNOVATION; ELECTRICITY CONSUMPTION; INTERNATIONAL-TRADE; IMPACT; OUTPUT; PANEL	2	2021
Grafstrom, Jonas; Soderholm, Patrik; Gawel, Erik; Lehmann, Paul; Strunz, Sebastian	Government support to renewable energy R&D: drivers and strategic interactions among EU Member States	PANEL-DATA; DEVELOPMENT INVESTMENT; KNOWLEDGE SPILLOVERS; DEPLOYMENT POLICIES; INNOVATION; TECHNOLOGY; CONVERGENCE; INDUSTRY; GROWTH; LESSONS	3	
Kim, Taegu; Lee, Deok-Joo; Koo, Sanghoi	Determining the scale of R&D investment for renewable energy in Korea using a comparative analogy approach	TECHNOLOGY DIFFUSION; FRAMEWORK; GROWTH; MODELS	11	2014
Churchill, Sefa Awaworyi; Inekwe, John; Ivanovski, Kris	R&D expenditure and energy consumption in OECD nations	PANEL-DATA MODELS; RENEWABLE ENERGY; TECHNOLOGICAL-CHANGE; DEVELOPMENT INVESTMENT; ECONOMIC-GROWTH; CO2 ABATEMENT; POLICY; DETERMINANTS; INNOVATION; EMISSIONS	6	2021
Sun, Inkyoung; Kim, So Young	Energy R&D towards Sustainability: A Panel Analysis of Government Budget for Energy R&D in OECD Countries (1974-2012)	NATIONAL INNOVATIVE CAPACITY; POLICY IMPLICATIONS; RENEWABLE ENERGY; INDUSTRY; DETERMINANTS; ENVIRONMENT; SPILLOVERS; INVESTMENT; FRAMEWORK; SECURITY	6	2017
Plank, Josef; Doblinger, Claudia	The firm-level innovation impact of public R&D funding: Evidence from the German renewable energy sector	DEVELOPMENT SUBSIDIES; KNOWLEDGE SPILLOVERS; EMPIRICAL-EVIDENCE; TECHNOLOGY; PATENTS; PERFORMANCE; INCENTIVES; RESOURCES; LESSONS; POLICY	50	2018

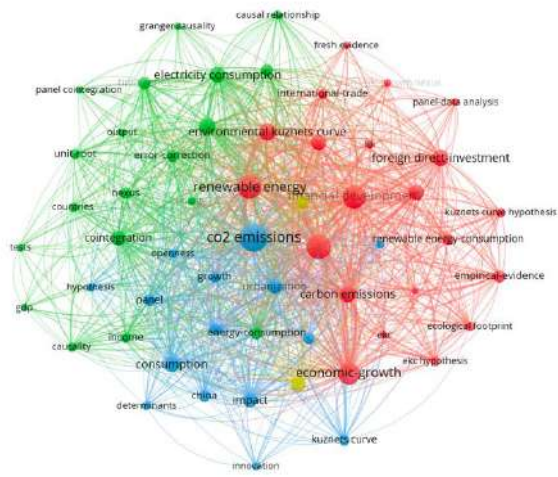


GDP 1869

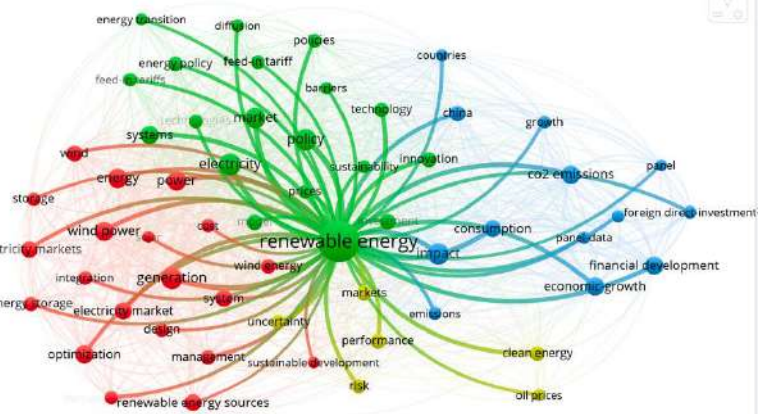
Autores	Título	Palabras Clave	Citas	Año de publicación
Al-mulali, Usama; Fereidouni, Hassan; Gholipour; Lee, Janice Ym; Sab, Che; Normee Binti Che	Examining the bi-directional long run relationship between renewable energy consumption and GDP growth	ECONOMIC-GROWTH; ELECTRICITY CONSUMPTION; CAUSAL RELATIONSHIP; COAL CONSUMPTION; NEXUS EVIDENCE; PANEL-DATA; AMERICA EVIDENCE; COUNTRIES; COINTEGRATION; CHINA	155	2013
Kocsis, Imre; Kiss, Judit T.	RENEWABLE ENERGY CONSUMPTION, R&D AND GDP IN EUROPEAN UNION COUNTRIES	CAUSAL RELATIONSHIP; ECONOMIC-GROWTH; OUTPUT; TESTS	10	2014
Chien, Taichen; Hu, Jin-Li	Renewable energy: An efficient mechanism to improve GDP	TECHNOLOGIES; SCENARIO; FUTURE; SYSTEM	105	2008
Formanek, Tomas	Semiparametric spatio-temporal analysis of regional GDP growth with respect to renewable energy consumption levels	ELECTRICITY CONSUMPTION; ECONOMIC-GROWTH; MODELS	0	2020
Menegaki, Angeliki N.; Ozturk, Ilhan	Renewable energy, rents and GDP growth in MENA countries	ECONOMIC-GROWTH; REVISITED EVIDENCE; CONSUMPTION	17	2016
Simionescu, Mihaela; Bilan, Yurii; Krajnakova, Emilia; Streimikiene, Dalia; Gedek, Stanislaw	Renewable Energy in the Electricity Sector and GDP per Capita in the European Union	ECONOMIC-GROWTH EVIDENCE; SUSTAINABLE DEVELOPMENT; CONSUMPTION; SYSTEM; POLICY; EFFICIENCY; EMISSIONS; COUNTRIES; IMPACT; COSTS	36	2019
Ben Mbarek, Mounir; Saidi, Kais; Amarni, Mounira	The relationship between pollutant emissions, renewable energy, nuclear energy and GDP: empirical evidence from 18 developed and developing countries	UNIT-ROOT TESTS; ECONOMIC-GROWTH; PANEL-DATA; TIME-SERIES; ENVIRONMENTAL DEGRADATION; KUZNETS CURVE; CO2 EMISSIONS; CONSUMPTION; COINTEGRATION; HYPOTHESIS	10	2018
Amri, Fethi	The relationship amongst energy consumption (renewable and non-renewable), and GDP in Algeria	ECONOMIC-GROWTH NEXUS; ELECTRICITY CONSUMPTION; TIME-SERIES; CAUSAL RELATIONSHIP; PANEL-DATA; UNIT-ROOT; COUNTRIES; COINTEGRATION; EMISSIONS; TRADE	48	2017
Senadjki, Abdelhak; Mohd, Saidatulakmal; Nathan, Thurai Murugan	Decomposing the Relationship between Renewable Energy Sources, CO2 Emission and GDP per capita: ARDL Approach for OECD Countries	ECONOMIC-GROWTH; ELECTRICITY CONSUMPTION; CAUSALITY; INCOME	0	2014
Dogan, Eyup	CO2 Emissions, Real GDP, Renewable Energy and Tourism: Evidence from Panel of the Most-Visited Countries	ENVIRONMENTAL KUZNETS CURVE; CARBON-DIOXIDE EMISSIONS; ECONOMIC-GROWTH EVIDENCE; TIME-VARYING LINKAGES; ELECTRICITY CONSUMPTION; INTERNATIONAL TOURISM; FINANCIAL DEVELOPMENT; OIL PRICES; COINTEGRATION; HYPOTHESIS	6	2017



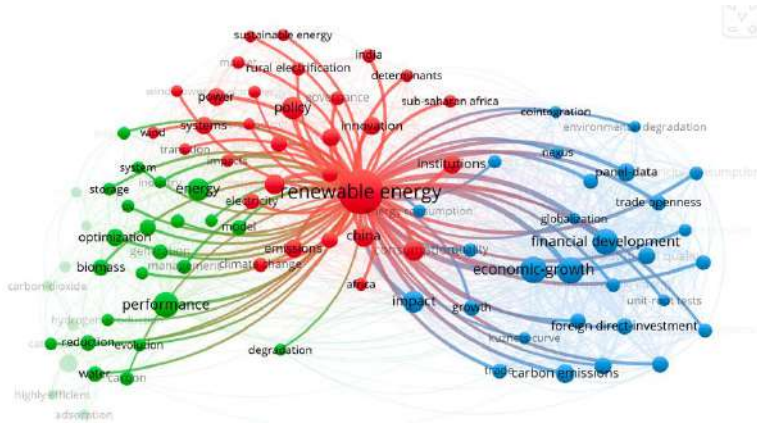
OTR



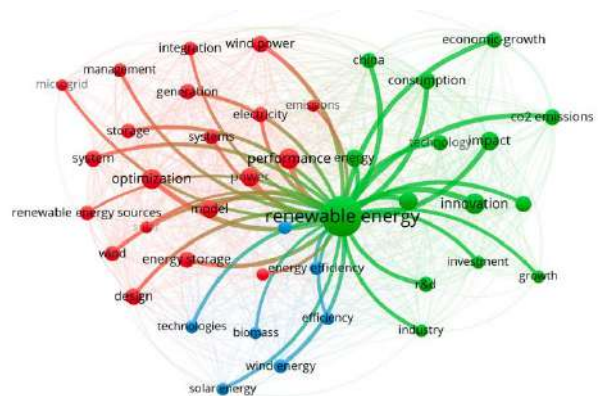
MFIN



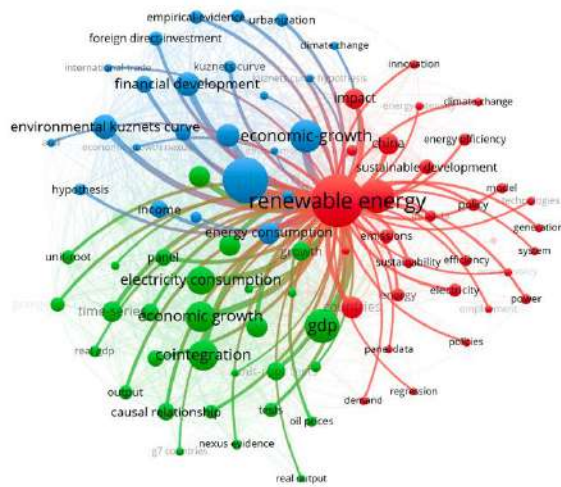
IFIN



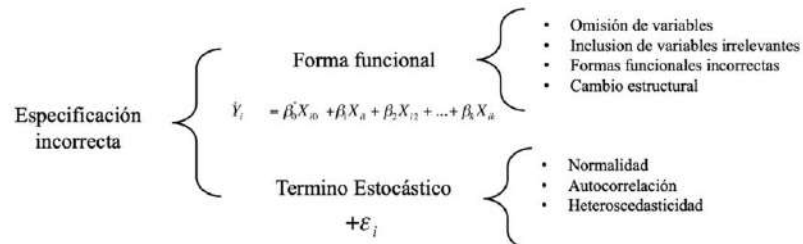
I + D



GDP



2. Pruebas de especificación. Elaboración Propia.



La autocorrelación puede definirse como “la correlación entre miembros de series de observaciones ordenadas en el tiempo” (como en datos de series de tiempo) o en el espacio (como en datos de corte transversal)” (Gujarati, 2004: 426); es decir; Planteamos la correlación como la relación existente entre la covarianza y la desviación estándar de x e y, matemáticamente la expresamos (como el cociente entre la covarianza de dos variables dividida entre la raíz cuadrada del producto de sus varianzas) de la siguiente forma:

$$\text{Ec. (1): } \rho = \frac{\gamma_s}{\gamma_0} \quad \text{Donde: } \quad \gamma_s = E(e_t e_{t-1}); \quad \gamma_0 = E(e^2) = \sigma_e^2$$

$$E(e_i e_j) = 0, i \neq j$$

Durbin puede identificar la correlación espacial y la heterogeneidad espacial para analizar los efectos entre diferentes regiones y permite inspeccionar la correlación serial en datos en las variables empleadas. El análisis de tendencia se suele realizar con la prueba de Durbin-Watson en una serie temporal de residuos. [\(Jović. 2003\). Rutledge. \(2002\).](#)

El contraste de Durbin-Watson es la prueba más conocida para detectar la existencia de la autocorrelación serial. Siguiendo a [Griffiths y Judge \(1993\)](#) y [Quintana y Mendoza \(2008\)](#) podemos expresarla de la siguiente forma:

$$\text{Ec. (2): } \quad d = \frac{\sum_{t=2}^n (\hat{e}_t - \hat{e}_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^n \hat{e}_t^2} = \frac{\sum \hat{e}_t^2 + \sum \hat{e}_{t-1}^2 + 2 \sum \hat{e}_t \hat{e}_{t-1}}{\sum \hat{e}_t^2}$$

Para cada intervalo, Durbin-Watson (DW), se calcula sobre un vector de coeficientes de la regresión calculada. El método selecciona solo aquellas variables cuyos intervalos tienen una estadística de DW más baja que un cierto punto de corte óptimo.

El valor DW converge a cero si existe una fuerte correlación entre los puntos sucesivos. Si existe una correlación débil entre los puntos sucesivos, es decir, una distribución aleatoria, el valor de DW converge a 2.0. Para $n > 100$, la distribución es aleatoria con un intervalo de confianza del 95%, si DW está entre 1,7 y 2.3 [Durbin & Watson, 1971.](#)

si $\hat{\rho} = -1 \therefore d \approx 4$ existe autocorrelación negativa

si $\hat{\rho} = 0 \therefore d \approx 2$ no existe autocorrelación serial

si $\hat{\rho} = 1 \therefore d \approx 0$ existe autocorrelación positiva

$$\text{Ec.(3): } \quad \hat{\rho} \cong 1 - DW/2$$

La regresión auxiliar para el contraste de autocorrelación hasta de orden p en los residuos tiene la forma:

Ec. (4):

$$y_t = X_t B + e_t$$

Ec. (5):

$$e_t = X_t \theta + \sum_{i=1}^p e_{t-i} + v_t$$

3. Modelo construido y el resumen de estadísticas de la regresión por MCO para hidroenergía

Estadística de Datos MCO. Energía Hidroeléctrica America Latina

```
Call:
lm(formula = HYD ~ PIB + MFIN + IFIN + ID + OTR)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.043521 -0.006084 -0.002501  0.007463  0.051936

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  3.61567    0.74686   4.841 0.000262 ***
PIB          -0.06603    0.12443  -0.531 0.603949
MFIN         0.00917    0.21531   0.043 0.966632
IFIN        -0.12040    0.50773  -0.237 0.815994
ID          -0.02869    0.10696  -0.268 0.792404
OTR         -0.02364    0.13409  -0.176 0.862604
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.02096 on 14 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.5717,    Adjusted R-squared:  0.4187
F-statistic: 3.738 on 5 and 14 DF,  p-value: 0.02332
```

Fuente. Elaboración propia, Programa R- Studio.

Modelo obtenido por MCO para el caso de la generación de energía hidroeléctrica en el mundo

$$\text{Ln HYD}_{it} = 3.61 - 0.066 \text{Ln PIB}_{it} + 0.009 \text{Ln FM}_{it} - 0.12 \text{Ln FI}_{it} - 0.028 \text{Ln RD}_{it} - 0.023 \text{Ln OTR}_{it}$$

La logica que sigue el procedimiento consiste en establecer a través de pruebas de hipótesis estadísticas, si el modelo de regresión obtenido por MCO, detecta errores de especificación, entonces el término de error tendrá una media distinta de cero, en este sentido, la hipótesis nula H_0 , considera que los errores se distribuyen de acuerdo a una distribución normal con media cero y varianza constante, en caso de rechazarse la hipótesis nula H_0 , la distribución de los errores es distinta de cero por lo tanto el modelo está mal especificado y la hipótesis alternativa H_a , establece que los errores están correlacionados, y se concluye que las variables explicativas seleccionadas para el modelo no son capaces de explicar a la variable independiente.

La primera prueba de hipótesis estadística se establece a partir de la prueba Ramsey para conocer la especificación del modelo, Ramsey ([Ramsey, JB \(1969\)](#)). La prueba la realizamos al modelo obtenido por MCO para la energía hidroeléctrica en el periodo de 2000 a 2019 en América Latina a fin de comprobar si la información empírica incorporada al modelo, proporciona evidencia a favor o en contra de los supuestos deterministas y aleatorios y evitar la especificación incorrecta.

- H_0 : El modelo si esta correctamente especificado
- H_a : El modelo no esta correctamente especificado

El valor del p-value indica que el modelo esta bien especificado ya que el valor 0.73 se encuentra por arriba del valor de significancia establecido del 5 % , por lo tanto procedemos a utilizar el modelo para reconocer si es un estimador optimo insesgado a partir de eliminar la autocorrelación de primer orden.

```
RESET test
data: mcorgh1
RESET = 0.31498, df1 = 2, df2 = 12, p-value = 0.7357
```

Fuente. Elaboración propia, Programa R- Studio.

Para la detección de autocorrelación de primer y segundo orden, el modelo de estimación por mínimos cuadrados ordinarios consiste en plantear un supuesto que define a los errores como estocásticos o no correlacionados, en caso de rechazarse el supuesto H_0 , existirá correlación serial, por tanto para detectar la autocorrelación en los errores se utiliza el siguiente contraste de hipótesis.

- H_0 : No autocorrelación serial
- H_a : Autocorrelación serial

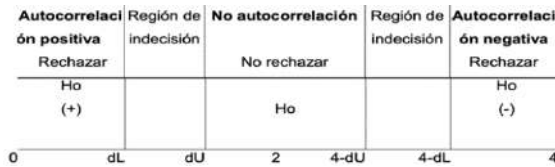
En este estudio se analizan las energías renovables a partir de cinco variables ($K = 5$) económicas financieras y de inversión en I+ D a partir de una muestra de 20 observaciones para cada país ($n = 20$). Al aplicar el modelo Durbin-Watson, se identifica la los puntos críticos en los cuales el estadístico Durbin-Watson toma los valores de significancia $d_l=0.792$ y $d_u= 1.91$ a un nivel de 0.5 % de significancia, con dichos valores es posible determinar si el valor de DW se encuentra en zona de indeterminación o si se puede confirmar autocorrelación positiva o negativa en el modelo. Gráficamente podemos expresar los criterios de rechazo y de indecisión de la hipótesis nula de la siguiente manera.

Si $d < d_l$ existe evidencia de autocorrelación serial positiva

- Si $d > 4-d_l$ existe evidencia de autocorrelación serial negativa
- Si $d_u < d < 4 - d_u$ no hay evidencia de autocorrelación
- Si $d_l < d < d_u$ o $4-d_u < d < 4 - d_l$ la prueba no es concluyente

Para la energía hidroeléctrica en América Latina no podemos determinar si existe autocorrelación de primer orden ya que el valor obtenido de $DW=1.567$ y se encuentra dentro del valor $d_l=0.792$ y $d_u= 1.91$ y corresponde a una zona de indecisión; sin embargo se prevé que existe una correlación débil entre los puntos sucesivos, es decir, una distribución aleatoria, lo cual ocurre cuando el valor de DW converge a 2.0. ([Durbin & Watson, 1971.](#))

Tecnología	DW	dl	du	2	4-du	4-dl	4
Hydroenergía	0	0.792	1.91	2	2.09	3.208	4



Durbin-Watson test
 data: mcorgh1
 DW = 1.5672, p-value = 0.02029

Fuente. Elaboración propia, Programa R- Studio.

La prueba Durbin-Watson, sólo permite detectar la autocorrelación serial de primer orden, además no permite obtener conclusiones en las regiones de indecisión, por ello el estudio se realiza la Prueba de Breusch-Godfrey (prueba LM). Se aplica una segunda prueba de autocorrelación, donde a partir del valor de p-value inferior al 5 % podría garantizar la autocorrelación de orden superior.

Para el caso de la energía hidroeléctrica en América Latina obtenemos un valor correspondiente a LM (Multiplicadores de Lagrange) LM = 0.022 correspondiente al valor crítico de chi cuadrada (χ^2), que representa el punto en el cual la hipótesis nula H_0 se localiza en zona de rechazo y le corresponde un probabilidad de 0.88 superior al establecido como nivel de significancia de 5 % lo que permite determinar autocorrelación serial de orden superior.

Breusch-Godfrey test for serial correlation of order up to 1

data: mcorgh1
 LM test = 0.022172, df = 1, p-value = 0.8816

Fuente. Elaboración propia, Programa R- Studio.

Una vez establecida la autocorrelación por las pruebas anteriores, se emplea una metodología que permite corregir el modelo, para ello se utiliza la estimación Chocrane- Orcutt la cual ofrece un ajuste al modelo lineal para la correlación serial en términos de error, y permite obtener los coeficientes de cada variable ajustado a la zona donde Durbin - Watson y Breuch- Godfrey descartan la correlación serial y con ello el modelo optimizado tendrá mayor fiabilidad y permite reconocer la influencia que existe entre las variables como determinantes en el desarrollo de generación de energía renovable.

Cochrane-ortcutt estimation for first order autocorrelation

Call:
 lm(formula = HYD ~ PIB + MFIN + IFIN + ID + OTR)

number of interaction: 15
 rho -0.078173

Durbin-Watson statistic
 (original): 1.56719, p-value: 2.029e-02
 (transformed): 1.51084, p-value: 1.215e-02

coefficients:
 (Intercept) 3.882443
 PIB -0.000529
 MFIN 0.032866
 IFIN -0.298518
 ID -0.043173
 OTR -0.088075

Fuente. Elaboración propia, Programa R- Studio.

Modelo obtenido por MCO para el caso de la generación de energía hidroeléctrica en AL.

$$\text{Ln HYD}_{it} = 3.61 - 0.066 \text{ Ln PIB}_{it} + 0.009 \text{ Ln FM}_{it} - 0.12 \text{ Ln FI}_{it} - 0.028 \text{ Ln RD}_{it} - 0.023 \text{ Ln OTR}_{it}$$

Ecuación corregida por de Chocrane - Orcutt para generación de energía hidroeléctrica en el AL.

$$\text{Ln HYD}_{it} = 3.882 - 0.001 \text{ Ln PIB}_{it} + 0.328 \text{ Ln FM}_{it} - 0.298 \text{ Ln FI}_{it} - 0.043 \text{ Ln RD}_{it} - 0.088 \text{ Ln OTR}_{it} + \varepsilon_{it}$$

Modelo obtenido por MCO para el caso de la generación de energía hidroeléctrica en el mundo

$$\text{Ln HYD}_{it} = 1.91 - 0.18 \text{ Ln PIB}_{it} + 0.04 \text{ Ln FM}_{it} - 0.70 \text{ Ln FI}_{it} + 0.56 \text{ Ln RD}_{it} + 0.44 \text{ Ln OTR}_{it}$$

Ecuación corregida por Chocrane - Orcutt para generación de energía hidroeléctrica en el mundo

$$\text{Ln HYD}_{it} = 4.13 - 0.36 \text{ Ln PIB}_{it} - 0.14 \text{ Ln FM}_{it} - 1.6 \text{ Ln FI}_{it} + 0.41 \text{ Ln RD}_{it} + 0.30 \text{ Ln OTR}_{it}$$

Market-value of Renewables in the Young Mexican Power Market

David Talavera-Zabre¹ - Independent Researcher*, México

Abstract

This research aims to find the effect that renewables have to reduce the electricity price (the merit-order effect, “MOE”) in the Mexican electricity market. Using data from January 1st of 2017 to December 31st of 2019, a linear regression model was used to test for empirical evidence of the “MOE”. Results show a “MOE” of MXN\$0.10/MWh per MWh of renewable generation. Scaling to the average renewable generation, the average “MOE” is 13.5% of the average electricity price. There’s evidence that the “MOE” is non-linear and that is different across wind and solar energy. The market value of renewables was only 93% of the market value of the system. Stakeholders should differentiate the average electricity price from the price received by each power plant. As the “MOE” becomes an integral part of investment assessments, investment behaviour will change, impacting the future of the energy mix. To my knowledge, this is the first “MOE” research regarding a young and growing power market with warm weather (fundamental differences from previous research).

JEL Classification: Q41, Q42.

Keywords: Power market, renewables, merit order effect, renewables market value.

Valor de las energías renovables en el joven mercado mexicano

Resumen

Esta investigación pretende encontrar el efecto que las renovables tienen para reducir el precio de la electricidad en México (“merit-order effect” o “MOE”). Usando datos del 01/enero/2017 al 31/diciembre/2019, se usó un modelo de regresión lineal para examinar empíricamente el “MOE”. Los datos muestran un “MOE” de MXN\$0.10/MWh por MWh de renovables. Escalando al promedio de generación renovable, el “MOE” promedio es 13.5% del precio promedio de la electricidad. Hay evidencia de que el “MOE” no es lineal y que es diferente entre la energía eólica y la energía solar. El valor de mercado de las renovables fue solo 93% del resto del sistema. Las partes interesadas deberían diferenciar entre el precio promedio de la electricidad y el precio recibido por cada planta. Conforme el “MOE” se convierta en un parte integral de la evaluación de inversiones, el comportamiento de los inversionistas cambiará, impactando el futuro de la mezcla energética. A mi saber, es el primer estudio del “MOE” en un mercado eléctrico joven y en crecimiento en clima cálido (diferencias fundamentales con investigaciones anteriores).

Clasificación JEL: Q41, Q42.

Palabras clave: Mercado eléctrico, renovables, orden de despacho eléctrico, valor de mercado de renovables.

¹ Corresponding author. Email: davidtalavera3@hotmail.com; davidtalaveraz@gmail.com

*Affiliation: I have no formal affiliation as a researcher to any organization.

** No source of funding for research development



1. Introduction

1.1 Renewables investment is stagnating

Driven by falling costs and economic attractiveness, renewables¹ are at the heart of the world's energy transition. Renewables are an economical answer to address climate change and energy security issues (IRENA, 2016). They are a fundamental part of the UN 2030 Sustainable Development Goals. Although there is high optimism regarding the continued deployment of renewable energy technologies, investments have started to slow down. After peaking in 2015, investments in renewable energy decreased from USD 318.8 billion to USD 288.3 billion in 2018 (IRENA, 2021). Some researchers note that renewables face a significant and unique problem for their future deployment: as penetration grows, its value to the system decreases. A problem better explained by the phrase: "the next PV panel will only generate more lunch-time electricity when dinner-time electricity is what is really needed" (Sivaram, 2018).

1.2 Renewable energy decreasing value

The decrease in the value of renewables has been investigated with academic rigour. In competitive electricity markets², the amount of the decrease of the value can be measured in monetary units per energy units (e.g. \$/MWh). Academic studies around the world have found that renewables depress electricity prices ("Price") given their low marginal costs. The extent up to which renewables depress Price depends upon characteristics of the power market (i.e. demand patterns and misalignments with supply, flexibility of the system and the current energy-mix). The intermittency characteristic of renewables and the fact that electricity physical laws determine that electricity must be supplied at the moment it is produced, aggravate the problem³. Some studies have found that the value of renewables, measured by the price renewables received for the electricity generated, is already below the average electricity value. Most of these studies have been made in mature markets like in Europe or USA, in a context with stagnated or decreasing electricity demand, energy-efficiency improvements, demand patterns sometimes aligned with little sunshine and cold winter weather or where renewables already account for a large share of the generation mix (see: Sensfuss, Ragwitz, Geneese, 2008; Gelabert, Labandeira & Linares 2011, Würzburg, Labandeira & Linares 2013; Clò, Cataldi & Zoppoli 2015; López Prol, Steininger & Ziberman 2020).

1.3 Geographic context: Young Mexican Wholesale Electricity Market

For the most part of the XX century and the first decade of the XXI century, the power sector in Mexico was restricted and included very little participation from the private sector. There were no electricity markets, and prices and tariffs were set by the Ministry of Finance (Alpizar-Castro & Rodríguez-Monroy, 2016). The 2013 Energy Reform modified several laws to allow the participation of private firms in the energy sector as well as the creation of a wholesale electricity market (see: KPMG, 2016).

Although the implementation policy is being revised⁴, there has been an increase in renewable electricity generation. In 2012, at the time of the Energy Reform, clean power⁵ in Mexico accounted for 15% of generation. In 2018 23.2% of electricity was generated by clean technologies, 4% was from wind power (“Wind”) and photovoltaic (“PV”) and 942MW of Wind and 1,316MW of PV were added to the market mix (SENER, 2019).

Throughout that time, most of the renewable generation projects were developed around long-term Power Purchase Agreements (“PPAs”) with high quality off-takers (i.e. an investment-grade commercial or industrial client that would signed a 15 to 20 years contract to buy electricity from the generator at a fixed price). Some of them with CFE, the State-owned electric utility as the result of contract auctions. The PPAs helped these projects as an anchor to find financing and this sort of structure, with most of the revenues coming from PPAs, became mainstream within banks and equity investors. More recently, high-quality PPAs have become scarce as most investment-grade off-takers have secured their electricity needs and State contract auctions have stopped (Bancomext, GIZ, KfW, 2019).

This context has pushed projects to the wholesale electricity market, becoming increasingly important that financing parties have a clear understanding of the market and the pricing mechanisms to make proper assessments of projects with market risks.

1.4 Objective

This research aims to find the depressing effect on the electricity price renewables have in the Mexican wholesale electricity market (i.e. renewables “merit-order” effect; the “MOE”) and their true market value (i.e. the price received for the energy generated compared against the price received by other power sources; “MV”), following the creation of the wholesale electricity market. The objective is to close a gap in the literature about a power market where i) demand is not in stagnation but is increasing, ii) demand is theoretically aligned with warm weather conditions and iii) where renewables do not yet account for a large share of generation (characteristics of the Mexican electricity market and many other markets of which no academic research has been done). Furthermore, the power market in Mexico has only been operating freely since the end of January of 2016 and there is not yet a study that portrays the value of renewables in that market during this time. Finally, this research aims to be significant for debt and equity investors in the Mexico power sector as the need to finance renewable projects with market-risks and without PPAs arises, as well as to investors and policymakers in other power markets with similar characteristics.

2. Literature review: Integration of renewable power in the wholesale electricity-market

2.1 Basis of wholesale electricity-markets

In the short-term markets, the price of settlement is the “spot price” of electricity. The system operator (“SO”) selects the offers based on their price, from cheapest to most expensive (i.e. least-cost dispatching rule). The sell offers theoretically reflects their marginal cost. All dispatchable units (i.e. offers selected by the SO) receive the same Price (for each specific time, space and settlement-time). This means that the last offer to be selected (i.e. the production unit that serves the last unit of the required load⁶) is the one that sets the Price for all selected units (the “marginal plant”). All generators that are below the intersection with the demand curve are selected to be dispatched and receive the same Price for the amount of power produced. This pricing mechanism is repeated every period, which is a pre-determined time-interval (one hour in the Mexican market).

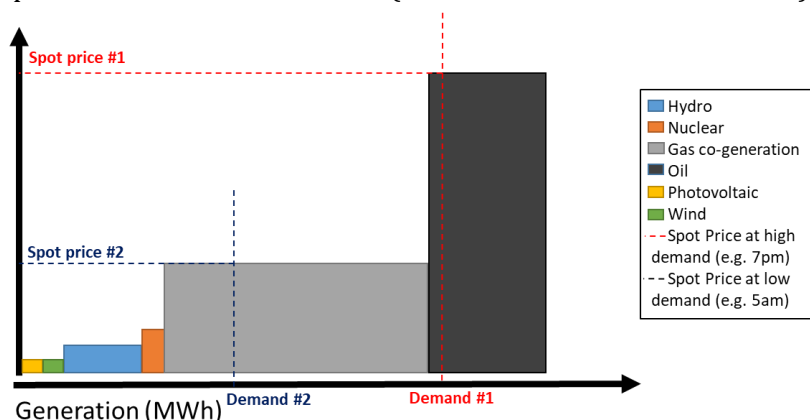


Figure 1. Clearing Prices Process
Source: own making

2.2 Merit-order effect

2.2.1 Theoretical review of the merit-order effect

Jensen and Skytte (2002) introduce the decreasing-effect of renewable power in electricity prices. Theoretically, the increase in intermittent non-dispatchable renewable energy (i.e. sources whose output cannot be control as in the case of wind and solar) generation should reduce the electricity price given its close-to-zero marginal cost (see: Jensen and Skytte, 2002; Sensfuss, Ragwitz, Geneoese, 2008; Nicolosi & Fürsch, 2009). When renewables are generating, they are place at the beginning of the supply stack. This pushes more expensive units out of the intersection with the required demand, therefore the last unit to be selected to meet the required demand is cheaper than in a scenario without renewables. This came to be known as the “merit-order effect”.

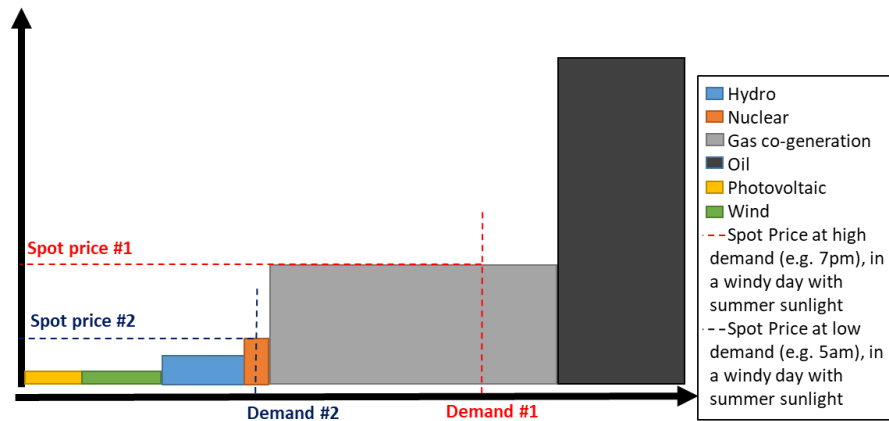


Figure 2. Merit-Order Effect

Source: own making

2.2.2 Merit-order effect empirical studies - historical data tests

Several empirical studies have been made to test the data with similar approaches. Although results may vary, they consistently find a MOE.

Woo, Horowitz, Moore & Pacheco (2011) do one of the first empirical-based studies of Texas with data from 2007 to 2010 and explore the effect that Wind has on the market with high frequency observations at 15-min resolution⁷; they find that 100MWh of Wind reduces Price between US\$0.32/MWh and US\$1.53/MWh depending on the Texas zone. Gelabert, Labandeira & Linares (2011) study the effect of renewables jointly with cogeneration under a support special regime in Spain from 2005 to 2010; they find that 1GWh increase of generation under the mentioned special regime is associated with a reduction of €1.9/MWh. Welisch, Ortner & Resch (2016) do the first study for a single regression model that can be applied in several markets and provide a multi-country analysis, with data from Germany, Ireland, France, Belgium, Spain, U.K. and Denmark; their model seems suitable for assessing the MOE in the European context, yet country-specific variables seem to play a role⁸. Clò, Cataldi & Zoppoli (2015) study the Italian wholesale electricity market from 2005 to 2013 and explore the effect of wind and solar generation independently; they find that 1GWh increase of PV reduces Price by €2.3/MWh while 1GWh increase of Wind reduces Price by €4.2/MWh. These studies consistently find that renewable electricity generation has a negative effect on electricity price (i.e. the MOE).

Several other factors have been found to affect Price. Local electricity demand (i.e. zone load; “Load”) has significant explanatory power over Price. As expected, an increase in demand is related with an increase in price. Even in the same market, different zonal loads may show significant different impacts over Price, although all of them show a positive effect over Price. (see: Woo, Horowitz, Moore & Pacheco 2011, Gelabert, Labandeira & Linares 2011). Given that the electricity markets follow seasonal patterns, most *ex-post* studies use day-of-the-week and month variables to control for seasonality and these variables have shown to have a large explanatory power of the electricity price (see: Gelabert, Labandeira & Linares 2011, Würzburg, Labandeira & Linares 2013). Demand and seasonality alone can explain up to 50% of the Price (see: Clò, Cataldi & Zoppoli, 2015). Given the “least-cost dispatching rule”, the output of dispatchable power plants is endogenous with

Price, yet, their fuel costs are exogenous. The fuel cost of dispatching generators has a positive relationship with Price, nevertheless, the strength of their explanatory power depends on the matrix of the system and the usual marginal plants (see: Woo, Horowitz, Moore & Pacheco 2011, Clò, Cataldi & Zoppoli, 2015). Price is also positively influenced by the price of previous dispatching intervals, whether it's the previous dispatching interval (see: Woo, Horowitz, Moore & Pacheco 2011) or the Price of a comparable time (see: Welisch, Ortner & Resch 2016). Furthermore, Price has been found to be related with base-load non-dispatchable generation (e.g. nuclear) (see: Woo, Horowitz, Moore & Pacheco 2011) and transmission across markets and borders (i.e. net exports) (see: Würzburg, Labandeira & Linares 2013).

Gelabert, Labandeira & Linares (2011) explore the effect of renewables over prices at different levels of demand (i.e. data sets of different quartiles of demand) and find that the effect is greater when demand is higher. Welisch, Ortner & Resch (2016) add squared-terms of demand and renewable generation to allow for different levels of price elasticity, although they find neither of them to be economically or statistically significant. López Prol, Steininger & Ziberman (2020) explore non-linearity through both methods (different data sets and quadratic terms) and find relevant results (although their model is more focused on MV – a topic explained in the following sections - and cross cannibalization). These studies have found that at different levels of demand and at different levels of renewables penetration, the MOE may be different (i.e. a non-linear MOE).

A recurrent issue is the different MOE causes and effects between Wind and PV. Luňáčková, Prusa & Janda (2017) find that PV has a slight increasing relationship with Price while the rest of renewable power does have a decreasing effect. Hirth (2013) finds that PV's MV falls from above the average electricity price to around half of that at a faster rate than Wind's MV in Europe. A similar conclusion can be derived from López Prol, Steininger & Ziberman (2020)⁹ with non-linear results in their study in California. Yet, Würzburg, Labandeira & Linares (2013) find no difference between the MOE of Wind and PV. Although both technologies are intermittent in nature, their production profile varies significantly. In one year, around 80% of PV is produced in 26% of the time, whereas 80% of Wind is produced in 47% of the time (Hirth, 2015). The implication is that the nature of Wind's MOE is different from that of PV's. Depending on demand patterns, whether they are aligned with warm weather, air conditioners during the day, long-sunshine days, or with cold weather, heating systems during the night, and few hours of sunshine, PV and Wind will have different MOE (MIT Energy Initiative, 2015). PV generation may not be enough to push the marginal plants out of the dispatching curve, therefore not causing a MOE (Luňáčková, Průša, & Janda, 2017). Wind may benefit from PV due to pronounced ramping costs when the sun goes down, therefore wind may not reflect a MOE (López Prol, Steininger, & Zilberman, 2020).

These empirical studies are the base of the methodology of this research, although several other studies have found a conclusive MOE using other empirical model specifications (see: Sáenz de Miera et al. 2008), studying the interaction with climate-change/energy-related policies (see: Weigt, 2009; Linares et al., 2008), as well as in simulation-based studies (see: Sensfuss, Ragwitz & Geneoese 2008)¹⁰.

A comparison of some of these methodologies is shown in Annex 1.

2.3 Market-value of renewable power

2.3.1 Theoretical review of the real market-value of renewables

Hirth (2013) and Hirth (2015) explain the MV of electricity as the average spot price in the respective market, given in currency over electricity units (e.g. €/MWh), received by the technology or power plant in question. This definition implies that there's a different MV for each power plant depending on their supply and demand interaction context. Hirth (2015) addresses the issue of the real MV of renewable energy on the basis that it is "not correct to assume that 1) the average price of electricity is the same as the average price of electricity from renewable sources, or 2) the price that different technologies receive is identical". Furthermore, he introduced the "value-factor" concept as a tool to compare MV of a specific technology or power plant against the average spot MK (the "VF").

2.3.2 Renewables real MK empirical evidence

Based on the MOE, empirical studies have been made that consistently show that the MV of renewables is below the average MV.

Hirth (2015) does an empirical analysis of the true MV of solar in Germany. He finds that PV's VF decreases between 2.2% and 5.5% per 1% increase of market-share (depending on the method). Further, the results show that at low penetration rates, PV's MV is greater than the average electricity MV in Germany, but that it rapidly decreases below the average when it's market-share increases. This decrease is much steeper for PV than for Wind. Welisch, Ortner & Resch (2016) find the MK of wind electricity to be 90% of the average MK in Germany in 2012, whereas the MV of PV was above the average MK, at 106% of the average. López Prol, Steininger & Ziberman (2020) find that the VF of solar energy¹¹ decreases 4.1% per 1% increase in penetration and the VF of Wind decreases 0.9% per 1% increase in penetration. Interestingly, at different levels of penetration, whereas penetration of wind causes that both the value of wind and solar decrease, the penetration of solar causes a decrease on its own but not on wind's value, which may be due to their opposite generation patterns (i.e. solar generation concentrated in day-time and wind generation distributed across all 24 hours) and the ramp-up of gas turbines at night-fall that causes a price spike.

These studies add to the evidence of the different nature of the MOE between Wind and PV and its relevance at different levels of demand and generation.

3. Methodology of this research

3.1 Merit-order effect empirical research methodology

For the MOE estimation in the Mexican wholesale electricity-market, I use different specifications of a multivariate linear regression model (based on the methodologies compared in Annex I). The multivariate linear regression methodology has proved effective to understand the historic drivers of electricity price in the before mentioned studies and the variables chosen for each model specification have proved to be significant within those studies.

$$P_t = \beta_0 + \beta_1 Renew_t + \beta_2 Load_t + \beta_z ControlVars_t + \beta_x dummies + \varepsilon_t \quad (1)$$

$$P_t = \beta_0 + \beta_1 Wind_t + \beta_2 PV_t + \beta_3 Load_t + \beta_x ControlVars_t + \beta_z dummies + \varepsilon_t \quad (2)$$

$$P_t = \beta_0 + \beta_1 Wind_t + \beta_2 Wind_t^2 + \beta_3 PV_t + \beta_4 PV_t^2 + \beta_5 Load_t + \beta_6 Load_t^2 + \beta_x ControlVars_t + \beta_z dummies + \varepsilon_t \quad (3)$$

Where:

P = Price

$Renew$ = Wind Electricity + PV Electricity

$Wind$ = Wind Electricity

PV = PV Electricity

$Load$ = Demand of Electricity

$ControlVars$ = control variables (i.e. Gas Price, Lagged Electricity Price and trend)

x = subindex that refers to different coefficient estimators of the different control variables.

$dummies$ = seasonality control variables (i.e. week-day, month and holidays)

z = subindex that refers to the different coefficient estimators of the different “dummies”

t = load-time

Price is the dependent variable. It is called Local Marginal Price (“PML” for its Spanish acronym) in the Mexican Wholesale Market. It is the price of the day-ahead market. The day-ahead market was chosen over the hour-ahead and the real-time markets given that it represents a larger share of the trading volume (see: Gelabert, Labandeira & Linares 2011). Price moves across the space dimension (i.e. node of Load - see: Hirth, 2015), to deal with this, the average of price of each node is taken. P is the average wholesale price of all nodes of the National Interconnected System (“SIN” for its Spanish acronym, that is the electric system that comprises ~99% of total Load of the Mexican electric system), of the day-ahead market, given in Mexican Peso over MWh (\$/MWh) at a given time¹² t .

Renewable electricity generation is the explanatory variable of main interest. The main aim of this research is to find how much the price is affected by renewable energy. The data is taken from the day-ahead forecasts composed by the SO, based on information provided by the generators. The data shows the forecast of intermittent non-dispatchable generation separated by source (i.e. PV and

Wind). *Renew* is the sum of the day-ahead forecast of generation of all renewable generators of the SIN (separately by *Wind* and *PV* or jointly depending on the model specification) given in MWh¹³.

Demand is another explanatory variable. Basic economic theory explains that when demand grows price increases, and this has proved to hold true in other studies. *Load* is the sum of the day-ahead forecast of demand of all nodes of the SIN, given in MWh¹⁴.

Natural gas price, lagged electricity price and a trend variable are used as control variables since the price of other energy goods and the electricity price of the previous day are valuable indicators of the electricity price (see: Woo, Horowitz, Moore & Pacheco, 2011; Welisch, Ortner & Resch, 2016), although the interpretation of these variables is beyond the scope of this research. In the Mexican wholesale electricity market, more than 80% of power is generated by fossil fuels, and natural gas represents more than 50% of the fuels used for conventional power generation (CENACE, 2017), while gasoline represents 21% and diesel 20%. Since gasoline and diesel data were not available at the needed frequency, and both products are subsidized, natural gas was used as the only control variable for other energy goods. The variable used as gas price is the average natural gas price published by PEMEX (the national government-owned Oil & Gas company) of the previous day (to deal with the forecast nature of the day-ahead market)¹⁵ across all different distribution zones and injection points¹⁶, given in MXN/GJ. The variable used as lagged electricity price is a 24-hour lag of the electricity price variable *P*.

Consistently with the literature, monthly, weekly and holiday dummies are used to control for seasonal and weekly demand patterns.

3.2 Data selection and presentation

The period chosen for this study is the period from January 1st, 2017 to December 31st, 2019¹⁷. These are the first three complete years that the Mexican wholesale electricity market has been operating. Data is in hourly resolution and variables are in levels. Finally, the explanatory variables should match the characteristics of the day-ahead price, therefore the explanatory variables are the day-ahead forecast (except for gas price).

3.3 Econometric review and limitations

Following Gelabert, Labandeira & Linares (2011) example, a variation of the main regression was made using first differences instead of levels that proved not to be a good fit for the data (i.e. $R^2 = 0.132$).

Following Welisch, Ortner & Resch (2016) example, a regression using exports of electricity was tested that proved not to be either economically or statistically significant (the SIN is not a significantly interconnected system, less than 0.01% of Load is exported).

Missing variables are a limitation. CENACE notes that the implied heat rate, the availability of natural gas in the southwest of Mexico, and the saturation of the nodes and congestion of the system, are all determinants of the PML. Although these variables remain in the error term (i.e., ε_t), a lot of the information they provide is captured through other explanatory variables via collinearity.

To test for the normality of the residuals, a graphic test was used (results showed a normal distribution of the residuals). To test for heteroskedasticity, a Breusch-Pagan test is used (results showed heteroskedasticity in the residuals, i.e., the null hypothesis of constant variance was rejected). To test for serial correlation a Durbin-Watson test is used (results showed positive autocorrelation, i.e., DB test = 0.36). Further, a Breusch-Godfrey test was used (results showed the null hypothesis of no autocorrelation was rejected). The estimators of the regression aim to be asymptotic-valid. The assumptions are as follows: i) the time series is linear in parameters; ii) there is no perfect correlation within the variables, nor very high collinearity; iii) the time series is stationary; iv) there is no strict exogeneity; v) there is weak stationarity (i.e., covariance stationarity: their expected value, variance and covariance are constant over time); vi) the time series is weakly dependent (i.e. observations can be related as long as the relation is weaker when they are further apart in the sequence, therefore, with a large sample, we get the complete picture of the relation of the variables). To deal with heteroscedasticity problems and autocorrelation, serial-correlation-robust standard errors are computed and reported in the results to test the probability that the estimators are zero. The estimators of the regression cannot claim causality as the variables are not strictly exogenous nor all the classical assumptions of the Gauss-Markov Theorem are met to claim they are the best linear unbiased estimators. Nevertheless, given all the assumptions and tests mentioned, the estimators are consistent, tending to the real value and statistically significant.

3.4 MV of renewables methodology

As in Welisch, Ortner & Resch (2016), I compute the MV of renewables. Following Hirth (2015), comparing that figure with the average electricity price is of the interest of this research.

$$\text{Market Value}^t = \frac{\sum_{h=1}^n (\text{generation}_h^t * \text{price}_h)}{\sum_{h=1}^n \text{generation}_h^t} \quad (4)$$

$$\text{Wholesale Market Value} = \frac{\sum_{h=1}^n (\text{load}_h * \text{price}_h)}{\sum_{h=1}^n \text{load}_h} \quad (5)$$

$$\text{Value factor}^t = \frac{\text{Market Value}^t}{\text{Wholesale Market Value}} \quad (6)$$

Where:

h = load-time

t = technology

generation = production of respective technology

load = demand in the wholesale electricity market

price = wholesale electricity-price at respective load-time

The amount of renewable generation is multiplied by the electricity price at the respective hour it was generated. That process is repeated for every hour and every day of the period and sum altogether. This yields the true total value of the renewable generated energy in the period. That

figure is then divided by the sum of all renewable generation of every hour of every day. This yields a generation-weighted average Price received by renewables (i.e. its MV). That figure is then contrasted with the load-weighted average Price of the market (the Wholesale MV or the Load's MV)¹⁸ to yield a VF of renewable electricity. This is made for both Wind and PV jointly as well as separately.

Furthermore, I conducted a scenario analysis expanding the penetration of renewables to see how it would affect their MV (a similar approach used by Jain & Shrimali, 2022).

4. Data presentation of the Mexican wholesale electricity-market

The summary statistics are presented in the following table. Correlation statistics and data graphs are presented in Annex 2.

Table 1. Summary Statistics

Summary Statistics							
Variable	mean	sd	p25	p50	p75	min	max
Price (MXN\$/MWh)	1357.26	669.86	866.52	1242.60	1694.03	0.00	7905.48
Load (MWh)	33838.53	4418.83	30747.14	33925.28	36975.00	18686.03	47245.72
Gas Price (US\$/GJ)	3.26	0.57	2.96	3.23	3.43	2.26	8.19
Wind Electricity (MWh)	1465.38	690.38	874.73	1449.22	2012.29	125.12	4011.32
PV (MWh)	393.99	761.56	0.07	22.21	341.67	0.00	3301.88
Renewable Electricity (MWh)	1859.36	1108.03	1005.18	1713.27	2336.24	158.00	6398.36

5. Analysis and interpretation

5.1 Merit-Order effect empirical analysis of the Mexican wholesale electricity-market

Table 2. Merit-Order Effect Linear Regression Coefficients

	(1)	(2)
Renewables	-0.0986*** (0.00288)	
Wind		-0.144*** (0.00435)
PV		-0.0625*** (0.00405)
Load	0.0664*** (0.00112)	0.0648*** (0.00112)
Gas Price	146.6***	150.8***

24h Price Lag	(5.623)	(5.620)
	0.495***	0.495***
	(0.00844)	(0.00841)
Weekly dummies	✓	✓
Monthly dummies	✓	✓
Holiday dummies	✓	✓
Trend	✓	✓
_cons	-2069.3***	-1968.1***
	(35.58)	(35.72)
# of observations	25771	25771
adj. R-sq	0.667	0.670

Table 2 presents the results of the MOE empirical analysis. The first model (equation 1) is the classic MOE linear regression model. As expected renewable electricity generation is related with a decrease in electricity price. Based on model 1, renewables show a negative and statistically significant MOE of -MXN\$0.10 per MWh. On average, renewables seem to explain a decrease of MXN\$183.33/MWh, holding all other variables constant. That is the mean MOE in the day-ahead Mexican wholesale electricity market. To put it in perspective, the average MOE is 13.51% of the average price.¹⁹ Given the different nature of Wind and PV, model 2 portrays the MOE of Wind and PV separately (equation 2). The different MOE between these technologies is both economic and statistically significant²⁰. On average, Wind seems to explain a MXN\$211.01/MWh decrease in price, 15.5% of the average price, while PV seems to explain a MXN\$24.62/MWh decrease in price, just 1.8% of the average price. Overall, the models show a heteroscedasticity robust R^2 of 0.66 – 0.67 and the explanatory variables chosen are statistically significant at the 0.01 level. Extending the MOE results based on equations from Table 2 yields the graphs shown in Figures 3, 4 and 5, portraying what would be the impact of the MOE on the electricity price if renewables grew to different levels of penetration.

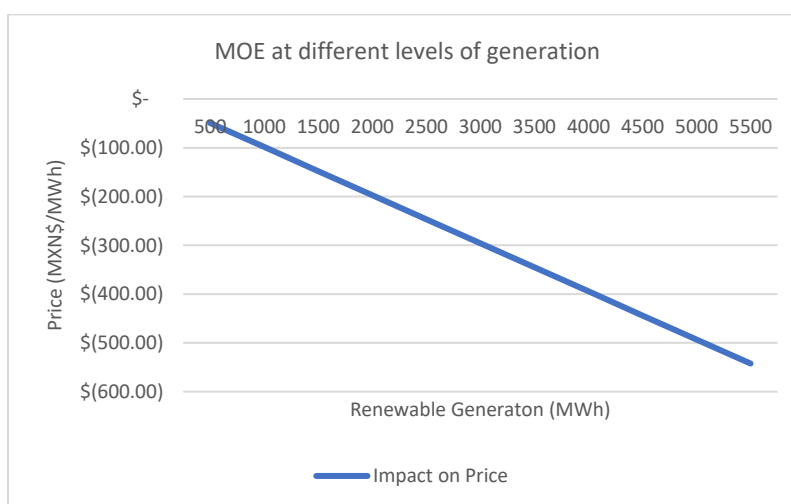


Figure 3. MOE in the Mexican Market (based on equation 1)

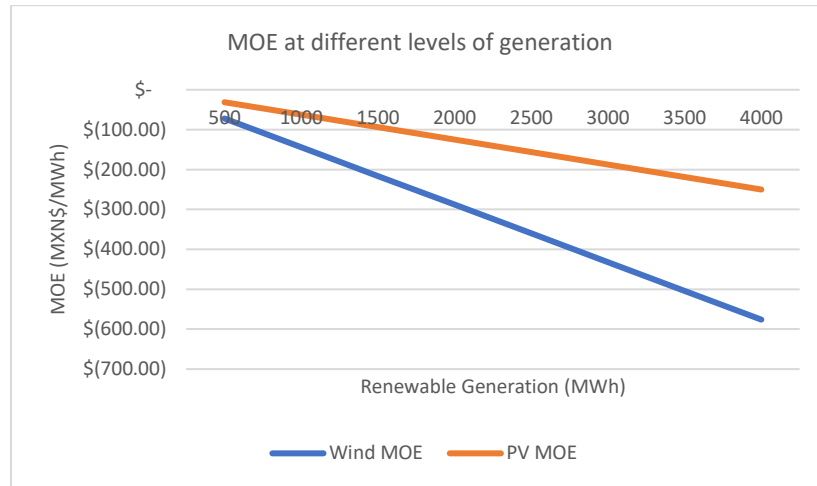


Figure 4. MOE in the Mexican Market (based on equation 2)

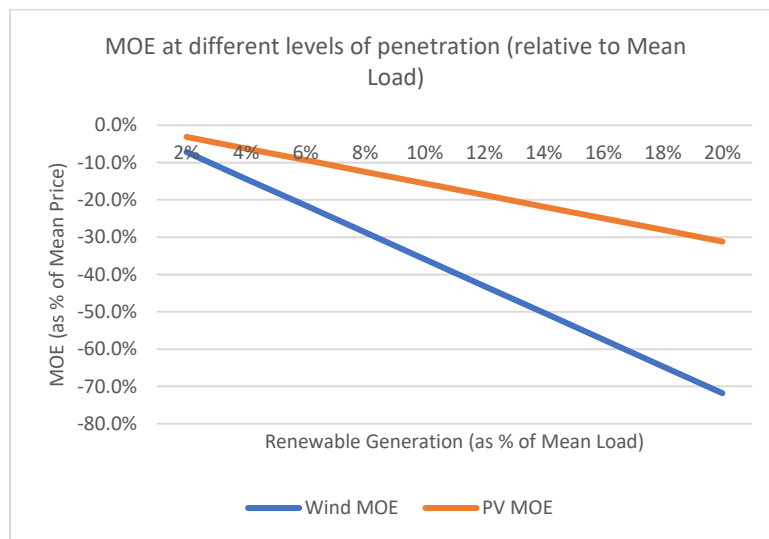


Figure 5. MOE in the Mexican Market relative to Load (based on equation 2)

5.2 Non-linear effects over electricity price

Based on the results of Gelabert, Labandeira & Linares (2011), Würzburg, Labandeira & Linares (2013) and López Prol, Steininger & Ziberan (2020), model 2 was further tested at different levels of demand and at different levels of renewables generation, finding significant difference between the lower and upper quartiles of Load, wind generation and PV generation (Table 3)²¹.

Table 3. MOE at different levels of demand, wind and PV

	(2) Low Load	(2) High Load	(2) Low Wind	(2) High Wind	(2) Low PV	(2) High PV
Wind	-0.114*** (0.00410)	-0.170*** (0.0115)	-0.0910*** (0.00639)	-0.121*** (0.0138)	-0.112*** (0.00444)	-0.190*** (0.00905)
PV	-0.0286*** (0.00461)	-0.0389*** (0.00742)	-0.0461*** (0.00523)	-0.0323*** (0.00494)	0.109** (0.0453)	-0.117*** (0.00865)
Load	0.0601*** (0.00111)	0.0830*** (0.00512)	0.0709*** (0.00138)	0.0555*** (0.00164)	0.0587*** (0.00120)	0.0726*** (0.00387)
Gas Price	115.1*** (5.004)	323.7*** (24.18)	144.5*** (7.849)	139.1*** (6.736)	103.2*** (5.307)	162.8*** (13.04)
24h Price Lag	0.474*** (0.00876)	0.518*** (0.0168)	0.509*** (0.00987)	0.412*** (0.0136)	0.506*** (0.00955)	0.427*** (0.0190)
Weekly dummies	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Monthly dummies	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Holiday dummies	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Trend						
_cons	-1650.6*** (33.11)	-3231.9*** (203.8)	-2125.4*** (47.82)	-1485.6*** (56.10)	-1587.8*** (35.56)	-1954.1*** (102.6)
# of observations	19257	6512	19416	6355	19348	6423
adj. R-sq	0.651	0.465	0.648	0.703	0.669	0.681
Standard errors in parentheses						
=p<0.10 *=p<0.05 *****=p<0.01						

Following with these findings, quadratic forms of the variables were included in model 3. Contrastingly with previous research, the non-linear effect of Load and renewable generation proved to be statistically significant. Nevertheless, including these variables in the model undermines the explanatory power of the linear form of wind electricity and demand (but not that of PV, explained in the following sections), therefore another variation of the model was tested based on equation 7 (Table 4).

$$P_t = \beta_0 + \beta_1 Wind_t^2 + \beta_2 PV_t + \beta_3 PV_t^2 + \beta_4 Load_t^2 + \beta_x ControlVars_t + \beta_z dummies + \varepsilon_t \quad (7)$$

Table 4. Non-linear MOE equation 7

	(3)	(7)
Wind	-0.0212 (0.0159)	
Wind ²	-0.0000409*** (0.00000489)	-0.0000472*** (0.00000133)
PV	0.103*** (0.0126)	0.103*** (0.0126)
PV ²	-0.0000688***	-0.0000685***

	(0.00000492)	(0.00000490)
Load	-0.00579 (0.00741)	
Load ²	0.00000105*** (0.000000115)	0.000000963*** (1.71e-08)
Gas Price	138.6*** (5.353)	138.3*** (5.360)
24h Price Lag	0.478*** (0.00844)	0.478*** (0.00840)
Weekly dummies	✓	✓
Monthly dummies	✓	✓
Holiday dummies	✓	✓
Trend	✓	✓
_cons	-823.2*** (120.8)	-931.0*** (22.67)
# of observations	25771	25771
adj. R-sq	0.675	0.674
Standard errors in parentheses		
"*" = p < 0.10 "***" = p < 0.05 "****" = p < 0.01		

5.2.1 Demand's non-linear effect

As expected, demand shows a non-linear relationship with Price. There is a significant difference of Load's coefficient at different quartiles of demand (Table 3)²² and the quadratic form of the variable proved to be statistically significant (Table 4). Although it is beyond the scope of this research, at the lower-end of the curve the impact of demand over price may reflect the fixed-costs of base-load generators whereas the upper-end of the curve results may reflect ramp-up costs and fuel prices of peak-load generators (see: Kwoka & Madjarov, 2007). This last point is further supported by the significant difference in the gas price coefficient at different levels of demand (Table 5). When the system is reaching peak-load, more plants are needed to supply the demand, therefore, peak-load power plants, some of whose marginal costs reflect the gas price, are selected to be dispatched and set the Price.

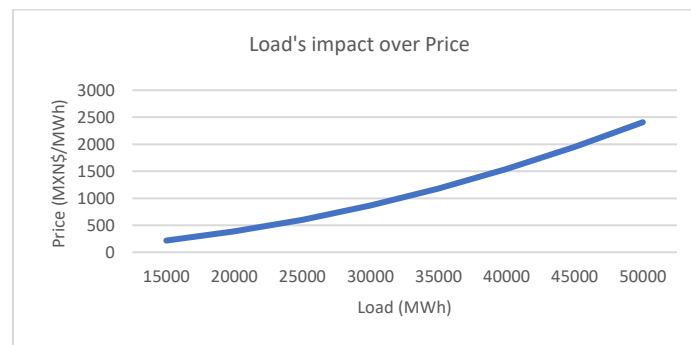


Figure 6. Demand's impact over Price

5.2.2 Non-linear MOE

The difference of the coefficients of renewable energy generation between the lower and upper quartiles of demand implies that the MOE is larger when the system is closer to peak-load and closer to maximum capacity (Table 3). When demand is high, costly peak-load plants are being dispatched and they set the price, therefore a displacement of one of these plants of the intersection of the supply and demand curve via more renewable generation has a greater impact in the electricity price than when renewables are displacing cheaper plants (Gelabert, Labandeira, & Linares, 2011). Wind has a 49.1% higher MOE at the upper demand quartile compared against to the lower quartile, while PV has a 36% higher MOE²³.

Adding quadratic terms to the model allows to measure how the MOE of Wind and PV increases as their penetration increases, as well as to see that the MOE of Wind and PV is different in nature (Table 4). Based on model 7, on average, Wind seems to explain a decrease of MXN\$101.35/MWh, -7.5% of the average price, while PV is related with an increase of MXN\$29.95/MWh, 2.2% of the average price²⁴. These figures are significantly different from the linear results of model 2, but, while the average MOE of both Wind and PV is not as large as in the linear specification of the model (model 2), their MOE increases exponentially as penetration increases. At 4000MWh of generation, holding all other variables constant, Wind would produce a MXN\$755.2/MWh decrease over the electricity price (Figure 7), significantly larger than MXN\$576/MWh based on model 2 (Figure 4). At 3000MWh of generation, PV would produce a MXN\$307/MWh decrease over the electricity price (Figure 8), significantly larger than MXN\$187.50/MWh based on model 2 (Figure 4).

The interpretation of PV's non-linear MOE is more interesting. At low levels of penetration, PV is related with an increase in price. This is shown both, with a linear model at the lower quartile of PV (Table 4), and by the positive coefficient of the simple term of the variable of model (7) (Table 4). It is only above 751.8MWh of PV that the next MWh of PV has a decreasing effect over Price, and it is only beyond 1503.65MWh that PV is related with a negative MOE (Figure 6). The rationale is that when sunshine is low, PV is not enough to push more expensive power plants out of the intersection with demand and bring the Price down. Furthermore, given that sunshine is aligned with demand patterns in Mexico, when PV increases demand often increases more, making it more difficult for PV to show a MOE. It is only beyond a high threshold that PV increases enough to offset the increase in demand and show a MOE (see: Luňáčková, Prusa & Janda, 2017). Beyond this threshold the effect of PV is larger than Wind given that is highly concentrated in time (see: López Prol, Steininger & Ziberman, 2020; Hirth, 2013; MIT Energy Initiative, 2015).

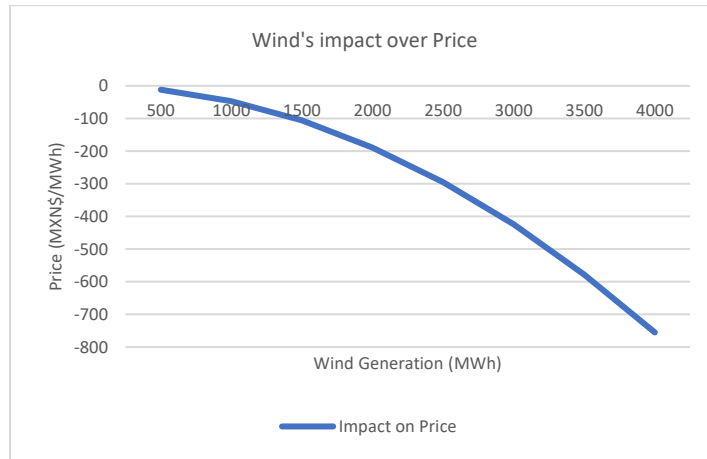


Figure 7. Wind's MOE in the Mexican market (based on model 7)

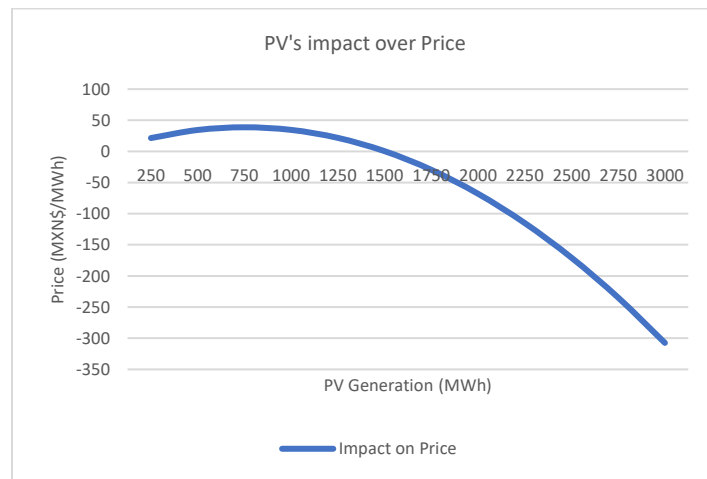


Figure 8. PV's MOE in the Mexican market (based on model 7)

5.3 Renewables MV

The MK (i.e. generation-weighted average price received) of Wind and PV as a whole from 2017 to 2019 was MXN\$1,313.31/MWh. The MK of Wind was MXN\$1,283.03/MWh, whereas the MK of PV was MXN\$1,425.94. Standardizing to the Load's MV (MXN\$1,416.23)²⁵, renewables' VF is 0.93, 0.90 for wind power and 1.01 for PV.

Expanding the real MV of renewables to the deployment of more renewables, given model 7 MOE, yields the following results:

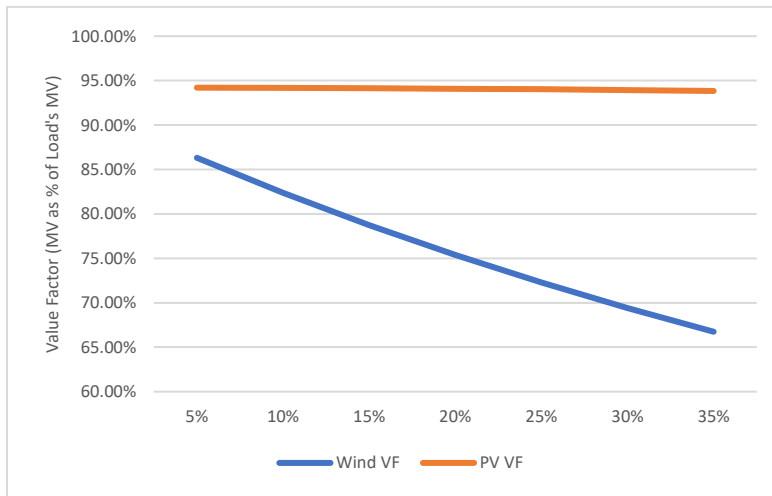


Figure 9. Wind and PV VF in different Scenarios of Wind Generation Increase

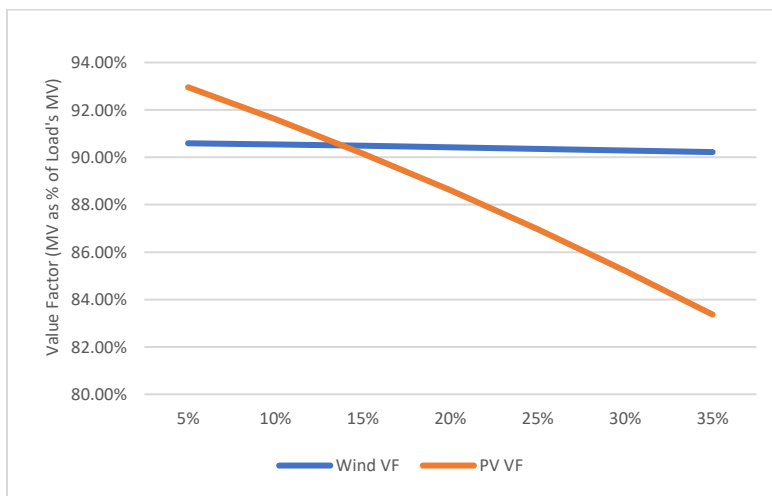


Figure 10. Wind and PV VF in different Scenarios of PV Generation Increase

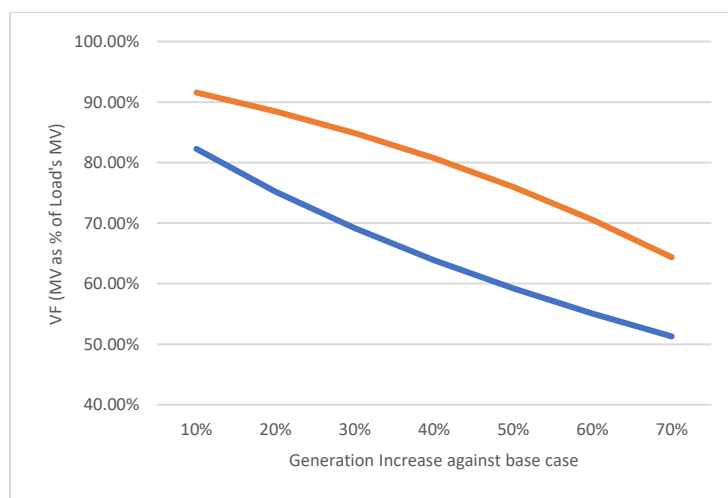


Figure 11. Wind and PV VF in different Scenarios of Both Wind and PV Generation Increase

Figures 9, 10 and 11 are interpreted as follows: In each scenario of Wind, PV, or both technologies increase of generation at different levels compared to the 2017-2019 data, given their respective MOE and all other things equal, the changes in Price, Load's MV, Wind MV and PV MV, yield the graph changes in Wind and PV VF.

At scenarios with an increase of Wind (figure 7), all things equal, Wind MV rapidly falls below 80% of Load's MV. At a 35% increase of Wind generation, its MV falls as low as 66.7% of Load's MV. For perspective, the 35% Wind increase only represents a change of Wind's share of Load from 4.3% to 5.8%. At a scenario with a 15% increase of PV (figure 8), all things equal, PV MV, originally greater Load Wind MV, falls to 90% of Load's MV. At a 35% increase of PV, its MV falls below 84% of Load's MV. For perspective, the 35% PV increase only represents a change of PV's share of Load from 1.2% to 1.6%. Interestingly, no cross-cannibalization can be observed as in López Prol, Steininger & Ziberman (2020), which is likely due to the fact the Wind and PV generation profiles in Mexico are not as highly contrasting as in Texas (Annex 2). Nevertheless, it should be expected that MOE causes higher-than-expected ramping requirements and that peak Price increase due to scarcity of intermittent generation, therefore benefiting other power plants (see: Sensfuss, Ragwitz & Geneoese, 2008; MIT Energy Initiative, 2015) At a scenario where both Wind and PV increase their generation by 70%, Wind's MV falls as much as 49% and PV MV falls as much as 35%. For perspective, PV plus Wind represented 5.4% of Load, a 70% increase means renewables would take 9.2% share of Load.

6. Conclusions

These results are in line with previous research and provide new evidence of the non-linear MOE and the different implications of Wind and PV.

As already established, all dispatched generators get affected by the MOE, but the extent to which they get affected depends on the hours they overlap with renewable generators. Renewable generators get affected by the MOE with every unit of power they produce and therefore every power unit they produce is less profitable than the previous one (subject to pushing more expensive power plants out of the intersection). Stakeholders should differentiate the average Price from the price received by each power plant. They should expect that costly units are force out of the system and that the average Price drops as a consequence of the deployment of more renewables and the least-cost dispatching rule.

As a rule of thumb, renewables in the Mexican day-ahead wholesale electricity-market show an economically and statistically significant negative relationship between generation and Price of -MXN0.10/MWh per MWh and an average MOE of -MXN183.33/MWh, -13.5% of the average Price. Renewables MV is 93% of the Load's MV.

Allowing for non-linear interactions and distinguishing between Wind and PV shows that the MOE is largely related with demand levels as well as the penetration of each technology. Wind MOE is much larger at high levels of generation, reaching -MXN755/MWh at 4000MWh of generation. PV MOE is also much greater at high levels of generation, once it's beyond the 1503MWh threshold, it reaches -MXN307/MWh at 3,000MWh of generation.

7. Further Discussion

The implications of the results of this research are varied. To name a few: i) energy and commodity traders should expect a larger demand for hedging instruments; ii) renewable investors would prefer develop several “small” projects in different Load zones rather than developing one “big” project (or develop a new project rather than increasing the size of an existing one); iii) renewable investors would prefer to develop a new project in a different Load zone instead of increasing the capacity of an existing one; iv) debt financing parties would likely be very cautious with Price forecasts (e.g. limiting their assessments to low Price scenarios); v) debt instruments will likely have a shorter maturity than PPAs-based financing and include market-risk covenants (e.g. cash traps or cash-sweeps linked to Price re-assessments); vi) given the previous points, renewables would find it harder to reach economies of scale via including development costs and financial structuring costs; vii) the system will likely become more flexible, with a growth of flexibility solutions for conventional generators to reduce ramping costs or storage units (either complementary to existing renewables or as independent units).

Most of these impacts are the same impacts that have been seen in more mature markets, although their magnitude will depend on the Mexican market-specific issues (e.g. some Load zones are below the PV MOE threshold therefore investments in renewables would likely continue in the zone).

Although the impact of the current energy policy is beyond the scope of this research, whatever the policy pursued by the Mexican authorities, policymakers should expect that, as the MOE and renewables MK becomes an integral part of investment assessments, investment behavior will change, and they should plan the future of the system accordingly. Further, any subsidy considered for renewables would be better designed if it's directed to the price received by the generators, that if it's designed based on CAPEX assumptions given that they wouldn't capture the missing revenue that these producers would face in a future with high renewable penetration (see: Carvalho Figueiredo & Pereira da Silva, 2019; Sirin & Yilmaz, 2020). These results may serve as a tool to generate mechanisms that alleviate the MOE (e.g. smart-metering, system-interconnection infrastructure)

Further research can expand to the future development of the energy-mix given the MOE and investment decisions based on renewables MV, as well as policies to alleviate the MOE.

References

- [1] Alpisar-Castro, I., & Rodríguez-Monroy, C. (2016). Review of Mexico's energy reform in 2013: Background, analysis of the reform and reactions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*(58), 725-736. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.291>
- [2] KPMG. (2016). *Oportunidades en el Sector Eléctrico en México*. México, D.F.: KPMG en México.
- [3] PWC. (2015). *Study of necessary investments for Mexico to meet their Clean Energy goals*. PWC Mexico.
- [4] Secretariat of Energy. (2018). *Development Program of the National Electric System*.
- [5] Sivaram, V., & Kann, S. (2016, April 7). Solar power needs a more ambitious cost target. *Nature Energy*, 1. <https://doi.org/10.1038/nenergy.2016.36>

- [6] Hirth, L. (2015). Market value of solar power: Is photovoltaics cost-competitive? *IET Renewable Power Generation*, 9, 37-45. <https://doi.org/10.1049/iet-rpg.2014.0101>
- [7] Steffen, B. (2018). The importance of project finance for renewable energy projects. *Energy Economics*, 69, 280-294. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2017.11.006>
- [8] Pahle, M., & Schweizerhof, H. (2018). Time for Tough Love: Towards Gradual Risk Transfer to Renewables in Germany. *Economics of Energy and Environmental Policy*, 5(2). <https://doi.org/10.5547/2160-5890.5.2.mpah>
- [9] National Renewable Energy Laboratory. (n.d.). *Project Finance Explained*. Retrieved June 10, 2018, from <https://financere.nrel.gov/finance/content/put-fence-around-it-project-finance-explained>
- [10] Jensen, S., & Skytte, K. (2002). Interactions between the power and green certificate markets. *Energy Policy*, 30, 425-435. [https://doi.org/10.1016/s0301-4215\(01\)00111-2](https://doi.org/10.1016/s0301-4215(01)00111-2)
- [11] Sensfuss, F., Ragwitz, M., & Genoese, M. (2008). The merit-order effect; a detail analysis of the price effect of renewable electricity generation on spot market prices in Germany. *Energy Policy*, 36, 3086-3094. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.03.035>
- [12] Nicolosi, M. F. (2009). The impact of an increasing share of RES-E on the conventional power market. The example of Germany. *Energiewirtschaft*, 33, 246-254. <https://doi.org/10.1007/s12398-009-0030-0>
- [13] Frankfurt School-UNEP Collaborating Centre. (2017). *Global trends in renewable energy investment 2017*. Frankfurt: Frankfurt School of Finance & Management.
- [14] Hirth, L. (2013). The market value of variable renewables: the effect of solar wind power variability on their relative price. *Energy Economics*, 38, 218-236. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2013.02.004>
- [15] IRENA. (2016). *Unlocking renewable energy investment: the role of risk mitigation and structured finance*. Abu Dhabi: IRENA.
- [16] Hildmann, M., Ulbig, A., & Andresson, G. (2015). Empirical Analysis of the Merit-Order Effect and the Missing Money Problem in Power Markets With High RES Shares. *IEEE Transactions on power systems*, 30(3), 1560-1570. <https://doi.org/10.1109/tpwrs.2015.2412376>
- [17] Guidera, J., & Jamshidi, S. (2016). Financial Hedges in Merchant Power Project Finance. *Journal of Structured Finance*, 21(4), 65-73. <https://doi.org/10.3905/jsf.2016.21.4.065>
- [18] Sáez de Miera, G., del Río González, P., & Vizcaíno, I. (2008). Analysing the impact of renewable electricity support schemes on power prices: The case of wind electricity in Spain. *Energy Policy*, 36, 3345-3359. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.04.022>
- [19] Weigt, H. (2009). Germany's wind energy: the potential for fossil capacity replacement and cost saving. *Applied Energy*, 86, 1857-1863. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2008.11.031>
- [20] Petitot, M., Finon, D., & Janssen, T. (2017). Capacity adequacy in power markets facing energy transition: A comparison of scarcity pricing and capacity mechanism. *Energy Policy*, 103, 30-46. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.12.032>
- [21] Würzburg, K., Labandeira, X., & Linares, P. (2013). Renewable generation and electricity prices: Taking stock and new evidence for Germany and Austria. *Energy Economics*, 40, s159-s171. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2013.09.011>
- [22] Gelabert, L., Labandeira, X., & Linares, P. (2011). An ex-post analysis of the effect of renewables and cogeneration on Spanish electricity prices. *Energy Economics*, 33, s59-s65. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2011.07.027>
- [23] Luňáčková, P., Průša, J., & Janda, K. (2017). The merit order effect of Czech photovoltaic plants. *Energy Policy*, 106, 138-147. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.02.053>
- [24] Welisch, M., Ortner, A., & Resch, G. (2016). Assessment of RES technology market values and the merit-order effect - an econometric multi-country analysis. *Energy & Environment*, 27(1), 105-121. <https://doi.org/10.1177/0958305x16638574>

-
- [25] MIT Energy Initiative. (2015). *The Future of Solar Energy*. Cambridge, MA, U.S.A.: Massachusetts Institute of Technology publishing.
- [26] Bank of International Settlements. (2005). *Basel II*. Basel: BIS Publications.
- [27] Pollio, G. (1998). Project finance and international energy development. *Energy Policy*, 26, 687-697. [https://doi.org/10.1016/s0301-4215\(98\)00028-7](https://doi.org/10.1016/s0301-4215(98)00028-7)
- [28] Kann, S. (2009). Overcoming barriers to wind project finance in Australia. *Energy Policy*, 37, 3139-3148. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.04.006>
- [29] Alonso, A. (2015). Project finance and the supply of credit from commercial banks. In C. Donovan (Ed.), *Renewable Energy Finance* (pp. 245-272). London: Imperial College Press. https://doi.org/10.1142/9781783267774_0011
- [30] Kwoka, J., & Madjarov, K. (2007). Making Markets Work: The Special Case of Electricity. *The Electricity Journal*, 20(9), 24-36. <https://doi.org/10.1016/j.tej.2007.10.008>
- [31] EIA - U.S. Energy Information Administration. (2018). *Cost and Performance Characteristics of New Generating Technologies, Annual Energy Outlook 2018*. Washington, D.C., USA: EIA publishing.
- [32] King, C., & Chatterjee, S. (2003). Predicting California demand response. *Public Utilities Fortnightly*, 141(13), 27.
- [33] Bigerna, S. (2012). Electricity Demand Elasticity in Italy. *Atlantic Electric Journal*, 40(4), 439-440. <https://doi.org/10.1007/s11293-012-9331-5>
- [34] Cleveland, C. J., & Morris, C. (2015). *Dictionary of Energy* (Second Edition ed.). Amsterdam, Netherlands: Elsevier.
- [35] Hentschel, J., Babic, U., & Spliethoff, H. (2016). A parametric approach for the valuation of power plant flexibility options. *Energy Reports*, 2, 40-47. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2016.03.002>
- [36] Hogan, M. (2017). Follow the missing money: Ensuring reliability at least cost to consumers in the transition to a low-carbon power system. *The electricity journal*, 30, 55-61. <https://doi.org/10.1016/j.tej.2016.12.006>
- [37] Wainstein, M., & Bumpus, A. (2016). Business model as drivers of the low carbon power system transition: a multi-level perspective. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.02.095>
- [38] CENACE. (2017). *2016 Annual Report of the wholesale-electricity market*. CENACE.
- [39] Girish, G., Sedidi, V., Murthy, P., & Rath, B. (2014). Forecasting Electricity Prices in Deregulated Wholesale Spot Electricity Market: A Review. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 4(1), 32-42.
- [40] Parr, J., Swales, J., & Fraser. (1993). Cost curves, supply curves and the spatial structure of production. In *Strathclyde papers in economics*. Glasgow: Department of Economics, Fraser of Allander Institute, University of Strathclyde.
- [41] Ministry of Energy. (2013). *Especial Program for the Harnessing of Renewable Energies 2013-2018*. Mexico, D.F.
- [42] G20. (2018). *Sustainable Finance Study Group*. Bariloche.
- [43] Sivaram, V. (2018, 03 27). Book Talk and Discussion: Taming the Sun by Dr. Varun Sivaram. Cambridge, MA, USA: The MIT Press.
- [44] SENER. (2019). *PRODESEN 2019-2033*.
- [45] Bancomext, GIZ, KfW. (2019). *Retos y oportunidades para el financiamiento de proyectos de energías renovables con venta al Mercado Eléctrico Mayorista en México*. Ciudad de México.
- [46] López Prol, J., Steininger, K. W., & Zilberman, D. (2020). The cannibalization effect of wind and solar in the California wholesale electricity market. *Energy Economics*, 85. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2019.104552>

- [47] IRENA. (2021). *Finance & Investment*. Retrieved July 07, 2020, from <http://www.irena.org/financeinvestment>
- [48] Clò, S., Cataldi, A., & Zoppoli, P. (2015). The merit-order effect in the Italian power market: The impact of solar and wind generation on national wholesale electricity prices. *Energy Policy*, 77, 79-88. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.11.038>
- [49] Woo, C., Horowitz, I., Moore, J., & Pacheco, A. (2011). The impact of wind generation on the electricity spot-market price level and variance: The Texas experience. *Energy Policy*, 39, 3939-3944. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.03.084>
- [50] Sirin, S. M., & Yilmaz, B. N. (2020). Variable renewable energy technologies in the Turkish electricity market: Quantile regression analysis of the merit-order effect. *Energy Policy*, 144. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111660>
- [51] Jain, S., & Shrimalib, G. (2022). Impact of renewable electricity on utility finances: Assessing merit order effect for an Indian utility. *Energy Policy*, 168. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2022.113092>
- [52] Carvalho Figueiredo, N., & Pereira da Silva, P. (2019). The “Merit-order effect” of wind and solar power: Volatility and determinants. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 102. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.11.042>
- [53] Sensfuss, F., & Genoese, M. (2006). Agent-based simulation of the German electricity markets - An analysis of the German spot market prices in the year 2001. *Proceedings of the '9. Symposium Energieinnovationen'*, 15- 17.02.2006. Graz, Austria.
- [54] Linares, P., Santos, F., & Ventosa, M. (2008). Coordination of carbon reduction and renewable support policies. *Climate Policy*, 8, 377-394. <https://doi.org/10.3763/cpol.2007.0361>
- [55] Cramton, P., & Ockenfels, A. (2012). Economics and Design of Capacity Markets for the Power Sector. *Zeitschrift für Energiewirtschaft*. Retrieved 05 30, 2018, from <https://ideas.repec.org/p/pcc/pccumd/12cocap.html#author-abstract>
- [56] Gatti, S. (2013). *Project Finance in Theory and in Practice*. (Second ed.). Academic Press.

Annex 1

Table 5. Comparison of methodologies

	Woo, Horowitz, Moore & Pacheco (2011)	Gelabert, Labandeira & Linares (2011)	Welisch, Ortner & Resch (2016)	Luňáčková, Prusa & Janda (2017)	Present research
MOE results	From US\$0.32/MWh to US\$1.53/MWh for every 100MWh of Wind (depending Load zone)	-€1.9 for a 1GWh increase in "special regime" generation	A 1% increase of renewables (measured as % of Load) yields between 0.06/MWh and 0.9€/MWh MOE (depending Market)	All renewables: $\beta \approx -0.22$ PV: $\beta \approx 0.02$ to 0.07	All renewables: -0.10MXN/MWh per MWh Wind: -0.14MXN/MWh per MWh PV: -0.06MXN/MWh per MWh Wind ² : -0.0000472MXN/MWh per MWh ² PV ² : -0.0000685MXN/MWh per MWh ²
Data format	Levels	Differences	Levels	Log-Log	Levels
Data resolution	15-min interval	Daily averages	Hourly	Hourly, daily and monthly	Hourly
Market	Texas	Spain	Several European countries	Czech Republic	Mexico
Period	2007-2010	2005-2010	2012 or 2013	2011 - 2015	2017-2019
Type of renewable technology data	i) Wind	i) Renewables + Cogeneration under "special regime"	i) Wind ii) PV	i) Wind + Solar ii) PV	i) Wind + PV ii) Wind & Solar
Model specification and significance of variables					
Dependent Variable	Electricity Price	Electricity Price	Electricity Price	Electricity Price	Electricity Price
Renewable Energy	√***	√***	√***	√***	√***
Load	√***	√***	√***	√***	√***
Nuclear	√***	x			
Hydro		√***			
Gas Price	√***	√***			√***
Lag Price	√***		√***		√***
Net Exports	√***	√***	√***		x
Renewable ²		Significant results using data quartiles			√***

Load ²		Significant results using data quartiles	X		✓****
Weekly dummies	✓***	✓***	✓***	✓***	✓***
Monthly dummies	✓***	✓***	✓***	✓***	✓***
Holiday dummies		✓***		✓***	✓***
Time Trend				✓***	✓***
# of observations	3543 - 6492	2190	8330 - 8760	300 - 31296	25771
adj. R-sq	0.34 - 0.46	0.67	0.6 - 0.8	0.37 - 0.5	0.675
✓: means that the variable was used in the main regression or tested in the study as part of the variations					
Statistical significance of the variable: "*" = p < 0.10 "***" = p < 0.05 "****" = p < 0.01					
X: means that the variable was tested and prove not to be significant					

Annex 2

Correlation						
	Price (MXN\$/MWh)	Load (MWh)	Gas Price (US\$/GJ)	Wind Electricity (MWh)	PV (MWh)	Lag Price (MXN\$/MWh)
Price (MXN\$/MWh)	1					
Load (MWh)	0.6393	1				
Gas Price (US\$/GJ)	0.0298	-0.2827	1			
Wind Electricity (MWh)	-0.2385	-0.1051	-0.0025	1		
PV (MWh)	0.0505	0.3075	-0.262	0.1637	1	
Lag Price (MXN\$/MWh)	0.6953	0.5222	0.0313	-0.17	0.0504	1

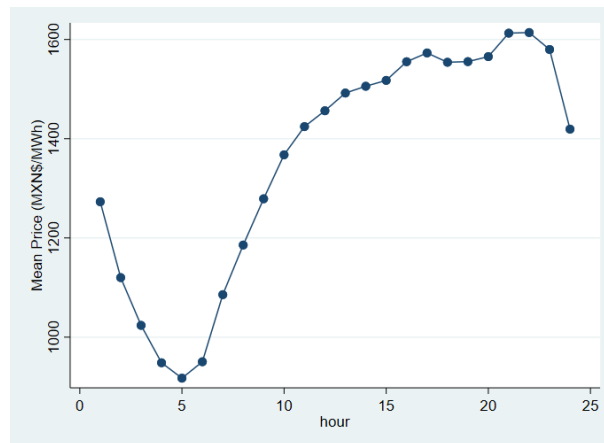


Figure 12. Average price per hour

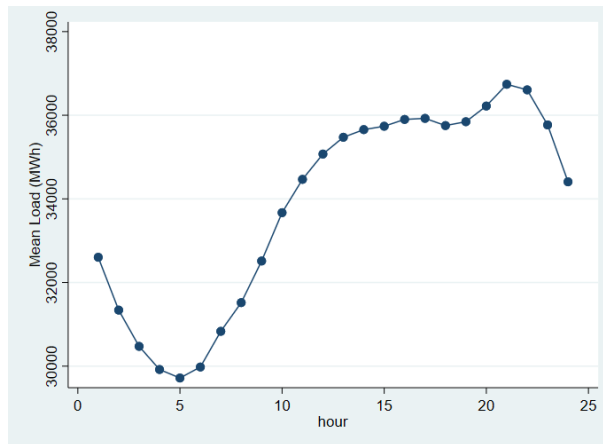


Figure 13. Average demand per hour

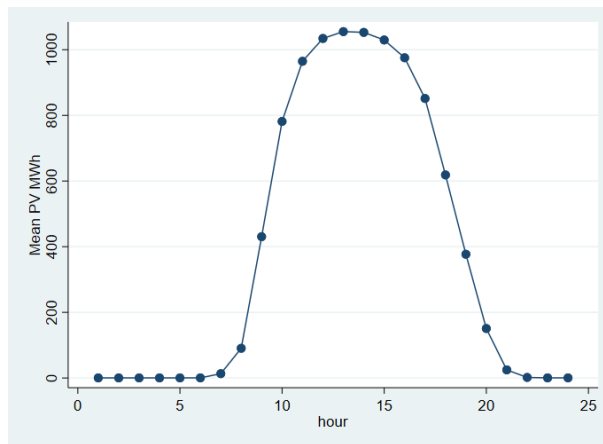


Figure 14. Average PV generation per hour

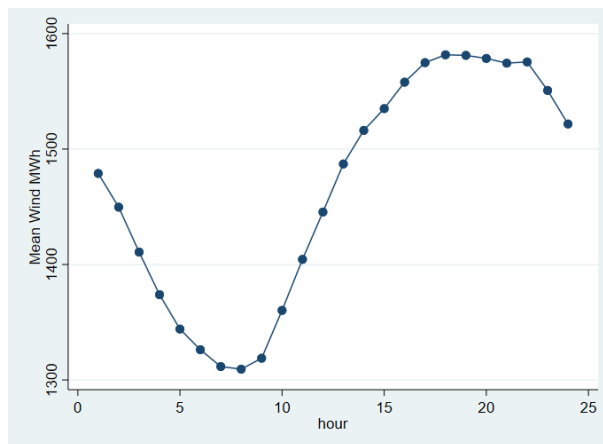


Figure 15. Average wind generation per hour

¹ “Renewables”, “renewable electricity” and “renewable power” are used as synonymous and defined as power sources “able to be regenerated or replenish by natural processes of the earth” (Cleveland, C. J. & Morris, C., 2015 - Dictionary of Energy) for the interest of this text.

² “Electricity markets” and “power markets” are used as synonymous and both refer to competitive wholesale markets for the interest of this text.

³ [Hirth \(2013\)](#) and [Hirth \(2015\)](#) make an easily understandable explanation of the “three dimensions of electricity markets”.

⁴ PRODESEN

⁵ Clean power defined by the Energy Ministry (SENER) in PRODESEN as hydro, geothermal, wind, photovoltaic and bioenergy, excluding nuclear and efficient gas cogeneration.

⁶ Demand and load are used as synonyms in the context of electricity markets given their physical characteristics that make it necessary to balance demand and supply at all times (see: [Kwoka & Madjarov, 2007](#))

⁷ Most electricity wholesale markets operate with 1-hour clearing intervals.

⁸ e.g. a closer look to the energy-mix and demand-side flexibilities can explain why Germany and Spain show a higher MOE than Denmark.

⁹ [López Prol, Steininger & Ziberman \(2020\)](#) research describes “solar” as PV and thermal energy.

¹⁰ [Würzburg et al. \(2013\)](#) do a comprehensive review of both empirical-based and model-based literature and provide comparable results.

¹¹ [López Prol, Steininger & Ziberman \(2020\)](#) research describes “solar” as PV and thermal energy.

¹² Data accessible at CENACE (System Operator) website.

¹³ Data accessible at CENACE (System Operator) website.

¹⁴ Data accessible at CENACE (System Operator) website.

¹⁵ Since only realized price information of natural gas price was available, contrastingly with day-ahead information of the other variables (i.e. the real price and not a forecast), the natural gas price figure used in the estimation for each day is the price of the previous day (e.g. the published price of Jan-31st is used as the observation of the estimation of Feb-1st).

¹⁶ Composed with over 8,800 observations across 24 distribution zones and injection points, in both MXN/GJ and USD/GJ, and with the currency exchange rate published by the Mexican Central Bank

¹⁷ Unfortunately, some data was missing from the CENACE (System Operator) website. Load files were missing from January 1st, 2019 to January 9th, 2019. Files of April 1st, October 28th and October 29th of 2018 were missing load data at 24hrs.

¹⁸ Is worth noting that the market’s MV is not the same as the mean price of the data set since mean price does not count system’s load of each hour. [Hirth \(2015\)](#) and [Lopez Prol et al. \(2020\)](#) use the latter.

¹⁹ Renewables effect on electricity price (MOE) = $\text{MXN}\$-0.10/\text{MWh}$; Mean renewable generation = 1,859.36MWh; Mean electricity price = $\text{MXN}\$1,357.26$; Average MOE: $\text{MXN}\$-0.10/\text{MWh} * 1859.36\text{MWh} = \text{MXN}\$-183.33/\text{MWh}$; Average MOE as a proportion of average price: $\text{MXN}\$-183.33/\text{MWh} / \text{MXN}\$1,357.26 = -13.51\%$.

²⁰ $t = | 18.7 |$

²¹ Trend control variable was dropped given these data sets are not time series.

²² $t = | 20.6 |$

²³ Calculation:

a) Wind MOE at high Load – Wind MOE at low Load = $0.170 - 0.114 = 0.056 \rightarrow 0.056 / 0.114 = 49.1\%$

b) PV MOE at high Load – PV MOE at low Load = $0.0389 - 0.0286 = 0.0103 \rightarrow 0.0103 / 0.0286 = 36\%$

²⁴ Calculation:

a) $\text{Wind}^2 \text{ MOE} * (\text{Mean Wind})^2 = -0.0000472\text{MXN}/\text{MWh} * (1465.38\text{MWh})^2 = -\text{MXN}\$101.35/\text{MWh} \rightarrow -\text{MXN}\$101.35/\text{MWh} / \text{Mean Price} = -7.5\%$

b) $\text{PV MOE} * (\text{Mean PV}) + \text{PV}^2 \text{ MOE} * (\text{Mean PV})^2 = (0.103 * 393.99\text{MWh}) + (-0.0000685 * (393.99\text{MWh})^2) = \text{MXN}29.95/\text{MWh} / \text{Mean Price} = 2.2\%$

²⁵ Is worth noting that the market’s MV is not the same as the mean price of the data set since mean price does not count system’s load of each hour. [Hirth \(2015\)](#) and [Lopez Prol et al. \(2020\)](#) use the latter.

Inversión en energía geotérmica para uso doméstico en México

José Carlos Trejo García¹ - Instituto Politécnico Nacional, México

Pedro Emmanuel García Ríos² - Instituto Politécnico Nacional, México

Miguel Ángel Martínez García³ - Instituto Politécnico Nacional, México

Resumen

Esta investigación busca identificar los posibles efectos del incremento en la inversión en energía geotérmica para su uso en los hogares mexicanos y su beneficio económico en las tarifas domésticas que han registrado un alza del 35% durante los últimos 10 años. Mediante el modelo econométrico panel de efectos fijos se identificaron resultados donde muestra que para el tipo de tarifa más común en la zona central, el aumento de la inversión en centrales geotérmicas está en función de la demanda cuando hay aumento de ventas internas y reducción en costos de producción. Lo anterior incentivaría a detonar el sector geotérmico para empresas del estado y privadas con beneficios monetarios y ambientales. Debido a la escasez de información en tal sector, se utilizaron únicamente los datos públicos disponibles de la Secretaría de Energía. La originalidad de la investigación permite identificar el efecto económico y la apertura de la geotermia en el mercado energético en beneficio de los mexicanos. Se concluye que con un factor de planta elevado en centrales geotérmicas, estimularía la inversión con la consiguiente reducción en las tarifas.

Clasificación JEL: Q4, Q2, L7, L5, L8.

Palabras clave: Electricidad, geotermia, factor de planta, precios medios, tarifa eléctrica.

Investment in geothermal energy for domestic use in Mexico

Abstract

This research aims to identify the possible effects of the increase in investment in geothermal energy for its use in Mexican homes and its economic benefit in domestic rates that have registered an increase of 35% during the last 10 years. Using the fixed effects panel econometric model, the identified results showed that for the most common type of rate in the central zone, the increase in investment in geothermal plants is a function of demand, because when there is an increase in internal sales and a reduction in costs of production. The foregoing would encourage the detonation of the geothermal sector for state and private companies with monetary and environmental benefits. Due to lack of information in this sector, only the public data available from the Secretaría de Energía were used. The originality of the research allows identify the economic effect and the opening of geothermal energy in the energy market for the benefit of Mexicans. It is concluded that with a high plant factor in geothermal plants, it would stimulate investment with the consequent reduction in rates.

JEL Classification: Q4, Q2, L7, L5, L8.

Keywords: Electricity, geothermal, plant factor, average prices, electricity rate.

¹ Profesor, Coordinador e Investigador SNI Nivel I (CONACyT). <https://orcid.org/0000-0003-0046-5310>. Mail: jtrejog@ipn.mx

² Autor de correspondencia. Maestro en Ciencias Económicas por la Escuela Superior de Economía e Ingeniero en Control y Automatización por la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica. Profesor. Mail: pedroemm101@hotmail.com

³ Profesor-Investigador de la Escuela Superior de Economía del Instituto Politécnico Nacional. Miembro del SNI Nivel I. <https://orcid.org/0000-00018410-2538>. Mail: mmartinezga@ipn.mx

*Sin fuente de financiamiento para el desarrollo de la investigación



1. Introducción

Las energías alternativas han adquirido gran importancia desde comienzos del siglo XXI, tal ha sido su influencia, que numerosos investigadores han aprovechado su viabilidad en el desarrollo de sistemas que permitan la reducción de costes económicos y ambientales. En México, el empleo de combustibles fósiles para la generación eléctrica es muy elevado, representando un 70% (Secretaría de Energía, 2019) de la capacidad total instalada en el país con tendencia a seguir usando dicha fuente para los siguientes años.

Como resultado de los problemas en las tarifas eléctricas domésticas que están aquejando actualmente a los mexicanos, es imperativo desarrollar soluciones que garanticen el bienestar de las familias, reduciendo a su vez los agentes contaminantes más severos. Es de suma importancia considerar que el consumo eléctrico ha crecido en forma constante por la cada vez mayor dependencia del uso de la electricidad en dispositivos electrónicos que han facilitado las tareas diarias del usuario en los últimos años y, cuya dependencia hacia ellos, es mayor con el paso del tiempo.

Para contrarrestar la fuerte demanda diaria del sector eléctrico donde se ofertan diferentes tipos de tarifa en relación al consumo doméstico, resaltando el Mercado Eléctrico Mayorista, producto de la reforma eléctrica del 2013, se propone una fuente de energía que ha cobrado impulso en el ámbito de las energías renovables: la energía geotérmica; este tipo de energía limpia es una alternativa óptima debido a la alta actividad volcánica del país, a su escasa emisión de gases contaminantes, las centrales geotérmicas tienen un periodo de vida de 30 años (Vaca, 2008), aunado a los impactos positivos en la productividad, al gasto y consumo eléctrico desde el ciudadano común hasta las grandes industrias (Huenges et al, 2011).

La parte innovadora de la investigación radica en una hipótesis en la que si existe mayor impulso al desarrollo del campo geotérmico en México; cuya finalidad sea detonar la inversión en la construcción de nuevas centrales geotérmicas con tecnología de punta y aprovechar su eficiencia con el fin de ofrecer tarifas eléctricas menores a los usuarios, entonces los beneficios serían sustanciales para el sector empresarial debido al bajo costo de producción que las plantas geotérmicas pueden tener en comparación con las actuales alternativas de generación. Así, el objetivo de esta investigación es identificar los efectos del incremento de la inversión en la energía geotérmica para la optimización de los hogares mexicanos desde el punto de vista de las tarifas eléctricas, ya que, un bajo costo en la producción de electricidad implicaría reducir el precio ofertado para los usuarios finales, pues si hay una disminución en el precio de la energía eléctrica, conllevaría a una maximización del costo de vida para los consumidores domésticos, permitiendo, a su vez, un mayor consumo de energía eléctrica con el mismo ingreso. Por tanto, se considera que, si hay una mayor inversión en el campo de la energía geotérmica para la generación de electricidad, entonces disminuirán las tarifas eléctricas en los hogares mexicanos; así mismo, se reducirá el gasto con el mismo consumo, logrando de esta forma mejorar el costo de vida de las familias mexicanas.

Para llevar a cabo el análisis en esta investigación, se considera a la zona centro en México (Michoacán, Jalisco, Guanajuato, Hidalgo, Puebla y Querétaro) con recursos geotérmicos económicamente viables (Hiriart, 2011); la región está administrada por la Comisión Federal de Electricidad (CFE).

Para lograr lo anterior, se propone la transformación de la industria eléctrica mexicana a una industria libre de combustibles fósiles para la zona centro del país con proyección al 2032 (PROSEDEN 2018) mediante la energía geotérmica cuya solución represente un gasto menor en las familias con el mismo consumo eléctrico, esto, con el aumento de la inversión en nuevas plantas generadoras de electricidad donde utilicen la energía geotérmica como insumo.

2. Resultados de investigaciones previas respecto al mercado eléctrico y la geotermia en México.

Debido a la poca información en investigaciones relacionadas al sector de la energía geotérmica y su repercusión en las tarifas eléctricas, se consultan las bases de datos de Secretaría de Energía, Comisión Federal de Electricidad y Comisión Reguladora de energía.

La Secretaría de Energía (2019), argumenta que en 2013, con la entrada de la nueva Ley de la Industria Eléctrica en México, el mercado bilateral se modificó en su cadena de valor, y con ella, la relación entre generadores y usuarios finales. La Ley dio el origen y desarrollo al Mercado Eléctrico Mayorista (MEM); este mecanismo estipula que los usuarios finales con una demanda mayor a 1 megavatio (MW) cuentan con alternativas distintas al suministro básico de la CFE para abastecerse de energía bajo la figura de usuario calificado. Esta nueva organización ha modificado el mercado para enfocarse principalmente en costos de generación ya que anteriormente las empresas privadas sólo podían generar y comercializar electricidad a baja escala, como el sector doméstico. De acuerdo con la Comisión Reguladora de Energía (CRE), en 2017, la capacidad instalada en México sumaba 75,685 MW con un 20.55% en proyectos renovables, a su vez, el crecimiento del mercado bilateral continúa creciendo. Once empresas están involucradas en proyectos eléctricos solamente a nivel nacional para el año 2017.

Jaime M.E Vaca Serrano (2008), presenta un modelo de costeo de nueve pozos en las zonas geotérmicas de Cerro Prieto, BC; el modelo de costeo se basa en el costo por pozo, la producción inicial de vapor, la declinación por año de vapor, intereses de las obras de perforación y el punto de equilibrio de cada pozo geotérmico. Sus resultados permiten conocer el costo por tonelada de vapor y el precio de venta para determinar la tasa de descuento y el tiempo de retorno de la inversión inicial.

Alejandro Molina Vargas (2017), aborda en su investigación sobre el giro del mercado de la industria eléctrica mexicana; los Productores Independientes de Energía (PIE) producen la energía eléctrica a un menor costo que el resto del sistema, pero dadas las restricciones aún existentes en las redes de transmisión de la CFE, los PIE no pueden comercializar electricidad y, por lo tanto, la competencia que existe en la actividad de la generación no se traduce en menores tarifas eléctricas para el usuario, pero existen elementos para una política de reestructuración en la industria eléctrica mexicana.

Alejandra Enríquez et al (2019), abordan que los precios han continuado aumentando año con año a pesar de la inclusión de nuevos competidores en el sector eléctrico nacional; las restricciones en la transmisión de electricidad (que elevan las tarifas por congestión eléctrica) tienen un papel central en el incremento de los precios, como también, a la falta de inversión en la red de transmisión eléctrica. Este fenómeno se ha acrecentado a partir de la implementación de la reforma

energética durante el 2016 – 2017, destacando la península de Yucatán como la principal zona que tiene congestiones en la transmisión eléctrica.

El modelo que se utiliza en el artículo de Alejandra Enríquez et al (2019) para determinar el costo de producción de electricidad es un modelo estimado por efectos fijos ya que considera que el precio de los insumos son factores fijos durante todo el año, los salarios son negociados por los sindicatos de electricistas a principios de año, el costo común de los combustibles utilizados en las centrales eléctricas se distribuye de manera uniforme en todo el territorio nacional (independientemente de la tecnología utilizada en las plantas generadoras) y, finalmente, el capital es relativamente fijo durante el año si no hay construcción de nuevas plantas generadoras de electricidad.

En el Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2018-2032 (2019), considera que en los últimos años la Comisión Federal de Electricidad (CFE) ha retirado algunos reactores de las plantas geotérmicas más antiguas, como Cerro Prieto en Baja California; estos cambios en la infraestructura de las centrales geotérmicas ha generado, a su vez, una disminución en la oferta de electricidad para los consumidores, sin embargo, la empresa estatal espera adicionar nueva infraestructura que permita potenciar la capacidad instalada de las centrales existentes para producir electricidad, como también, construir nuevas centrales geotérmicas, y, de esta forma, elevar la capacidad instalada a nivel nacional.

Según datos de la CFE, México cuenta con cuatro centrales geotérmicas operativas en todo el territorio nacional que representan el 1.2% de la capacidad total (958 MW) y el 1.8% de la generación de electricidad del país que corresponde a 6,041 gigavatios por hora (GWh), como se puede observar en la Tabla 1 y Mapa 1.

Tabla 1. Evolución de la capacidad instalada de centrales geotérmicas 2018 – 2032

Central Geotérmica	Estado	Capacidad Instalada (MW)
Cerro Prieto	Baja California	720
Las Tres Vírgenes	Baja California Sur	10
Los Azufres	Michoacán	188
Los Humeros	Puebla	40
		Total: 958 MW

Fuente: Elaboración propia con datos de la Secretaría de Energía, 2019.

Mayormente, la inversión se concentrará a partir del año 2025 al 2032 con una inversión estimada de \$29,092 millones de pesos. La inversión destinada a centrales generadoras de electricidad permitirá generar 842 MW de capacidad bruta adicionales, como se observa en el Mapa 1.



Mapa 1. Capacidad adicional en centrales geotérmicas 2018-2032

Fuente: Elaborado por la SENER, 2019.

Comisión Reguladora de Energía (2011), argumenta que mediante una simulación Montecarlo y, con fundamento en un modelo volumétrico y un modelo de descompresión gradual, el Dr. Gerardo Hiriart estudia zonas con recursos geotérmicos viables para su uso en generación de electricidad en todo el país. Considerando la zona central del país en el presente artículo, se analizan doce zonas con recursos geotérmicos viables, dando como resultado, un total aproximado de 389 MW en adición a los 951 MW actuales que generan las centrales geotérmicas (Secretaría de Energía, 2019). Por otra parte, el Instituto de Investigaciones Legislativas del Senado de la República (2003), describe las tarifas eléctricas en relación a la región y el clima, ya que estos factores hacen que sean diferentes.

Al no existir regiones en el país donde el clima sea frío e inferior a la temperatura media mensual en verano (CFE contempla los 25 °C), no existen tarifas por debajo de los 0°C. Sin embargo, no solamente están sujetas las tarifas eléctricas en función de la temperatura climática; si un consumidor doméstico registra un consumo eléctrico superior al tipo de tarifa se le sujeta a la denominación: Tarifa Doméstica de Alto Consumo, como se observa en la Tabla 2 y Mapa 2.

Tabla 2. Tarifas eléctricas para el sector doméstico

Tipo de tarifa eléctrica	Temperatura media mensual en verano (°C)	Cantidad consumida (kWh/mes)
Tarifa 1	--	250 kWh/mes
Tarifa 1A	25 °C	300 kWh/mes
Tarifa 1B	28 °C	400 kWh/mes
Tarifa 1C	30 °C	850 kWh/mes
Tarifa 1D	31 °C	1000 kWh/mes
Tarifa 1E	32 °C	2000 kWh/mes
Tarifa 1F	33 °C	2500 kWh/mes

Fuente: Elaboración propia con datos del Instituto de Investigaciones Legislativas del Senado de la República, 2003.



Mapa 2. Distribución de los tipos de tarifas en la zona centro y occidente del país

Fuente: Elaboración propia con datos del Instituto de Investigaciones Legislativas del Senado de la República, 2003.

3. Metodología

Considerando las variables propuestas del presente estudio, se tienen las mismas por cada entidad federativa o estado (con un total de 5 estados estudiados). El periodo de tiempo a analizar es del 2010 al 2017 donde se consideró ordenar la información en una base de datos de panel debido a que incluye un conjunto de agentes económicos para un periodo determinado de tiempo y combina ambos tipos de datos (horizonte temporal y estructural). Adicionalmente, en el estudio y en el mismo periodo se tienen datos con una serie temporal y datos en corte transversal (que son los estados

analizados). Aplicar una estimación en datos de panel permite analizar dos aspectos que forman parte de la heterogeneidad no observable dentro de un problema de estudio: efectos individuales específicos y los efectos temporales.

Los efectos individuales específicos afectan de manera diferente a cada una de las variables de estudio incluidas en una muestra donde son invariantes en el tiempo y afectan de forma directa las decisiones que se tomen en tales variables, mientras que los efectos temporales afectan por igual a todas las variables. Un ejemplo de este último aspecto es el INPP (Índice Nacional de Precios al Productor) orientado al sector eléctrico residencial y los tipos de tarifas que son ofertados a nivel nacional.

El modelo de regresión en datos de panel o estimación en datos de panel es el siguiente:

$$Y_{it} = a_{it} + b_1X_{1it} + b_2X_{2it} + \dots + b_kX_{kit} + U_{it} \quad \text{con } i = 1, \dots, n; t = 1, \dots, T \quad (1)$$

Donde i es cada unidad de estudio (información de corte transversal), t a la dimensión en el tiempo, a es un vector de intercepto que puede contener entre 1 y $n + t$ parámetros, b es un vector de K parámetros, X_{it} es la i -ésima observación del momento t para las K variables explicativas $X_1, X_2, X_3, \dots, X_K$. La muestra total de las observaciones involucradas en el modelo de regresión en datos de panel o estimación en datos de panel está dada por $n \times T$. El modelo, a su vez, se representa en la Tabla 6 con la siguiente estructura ya con algunas variables del presente estudio:

Tabla 3. Estructura sintética de datos de panel de las principales variables comprendidas (periodo 2010 – 2017)

Tiempo	Estado	Inversión en centrales geotérmicas (millones de pesos) Y	Consumo eléctrico por estado (Kilowatt - hora) X_1	Tasa de crecimiento del INPP (sector eléctrico doméstico) X_2	Ventas internas de la tarifa 1A Doméstico (Kilowatts - hora) X_3	Precios medios de la tarifa 1A Doméstico (centavos por Kilowatts - hora) X_4
Ene 2010	Guanajuato	0	757,989,090	0.0357	163,982,838	101.08
...	Guanajuato	...	...	...	...	...
Dic 2017	Guanajuato	1,052,000,000	1,218,810,000	0.0137	278,425,375	105.95
Ene 2010	Hidalgo	0	194,566,260	0.0357	163,982,838	101.08
...	Hidalgo	...	...	...	...	...
Dic 2017	Hidalgo	1,052,000,000	395,830,000	0.0137	278,425,375	105.95

Fuente: Elaboración propia con fundamento en el artículo "Datos de Panel". (ver Baronio y Vianco, 2014)

Sin embargo, el consumo aumenta de forma gradual a pesar de tener un comportamiento oscilatorio y de la misma manera las tarifas ya que en ambos casos tienen un comportamiento estacional predeterminado. Se debe considerar que la inversión en centrales geotérmicas es la variable dependiente de las tarifas, consumo eléctrico doméstico, INPP enfocado al sector eléctrico doméstico, como también en la capacidad instalada de las centrales geotérmicas por estado y a nivel nacional. Debido a que las principales variables tienen comportamientos estacionarios y no son aleatorias: donde el error constante por cada individuo o variable v_i es aleatorio, significa que no hay

seguridad del valor exacto en el origen que pueda tener para cada individuo o variable, el modelo regresor de efectos fijos es el adecuado para el estudio (Montero, 2011). Lo anterior tiene justificación con la prueba de Hausman. Este modelo es el que tiene menos suposiciones sobre el comportamiento de sus residuos.

La estructura del modelo Regresor de Efectos Fijos es la siguiente:

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta X_{it} + u_{it} \quad (2)$$

Donde: $\alpha_i = \alpha + v_i$, por lo tanto, la ecuación (2) quedaría de la siguiente manera:

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta X_{it} + v_i + u_{it} \quad (3)$$

Donde, α es un vector de intercepto que puede contener entre 1 y $n + t$ parámetros, X_{1it} es la i -ésima observación del momento t para las K variables explicativas $X_1, X_2, X_3, \dots, X_K$, β es un vector de K parámetros, v_i es la parte fija y u_{it} la parte aleatoria que cumple con los requisitos de los Mínimos Cuadrados Ordinarios que el error ε_{it} tiene.

Para llevar a cabo esta operación, se utilizan variables ficticias de carácter cualitativo “dummy” (variable ficticia que toma sólo valores de: 0 no existe y 1 como existe) y se introducen por cada individuo y se estima mediante el método de MCO. La ecuación (3) puede quedar de la siguiente forma:

$$\bar{Y}_{it} = \alpha_i + \bar{X}_{it}\beta + v_i + \bar{u}_i \quad (4)$$

Y la diferencia de la ecuación (3) y (4) quedaría de la siguiente manera:

$$Y_{it} - \bar{Y}_{it} = (X_{it} - \bar{X}_{it})\beta + (u_{it} - \bar{u}_i) \quad (5)$$

Una vez seleccionado el modelo a utilizar en la investigación, se describen a continuación las variables a utilizar en la estimación de datos de panel y en la estimación de efectos fijos. En total son 27 variables, incluyendo la variable dependiente (inversión en centrales geotérmicas). La inversión en centrales geotérmicas está sustentada por los estudios de las zonas con recursos geotérmicos realizados por el Dr. Gerardo Hiriart (Comisión Reguladora de Energía, 2011) en cinco estados del área geográfica central y, por administración de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) en el área central y occidental; por lo que los estados estudiados son: Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Michoacán y Puebla. En total, hay doce zonas con recursos geotérmicos económicamente viables para su desarrollo y construcción de centrales geotérmicas donde la inversión en centrales geotérmicas generaría un estimado de 389 a 409 MW de energía eléctrica. Antes de evaluar económicamente si todas las variables son significativamente explicativas respecto a la inversión, en la Tabla 4 se muestran todas las variables involucradas con fundamento a la información obtenida, donde se muestra el nombre a utilizar en el modelo econométrico, la unidad de medida y el tipo de variable.

Tabla 4. Descripción de las variables a utilizar para la estimación en datos de panel y estimador de efectos fijos

Nombre de la variable real	Nombre de la variable a utilizar en el modelo	Unidad de medida	Tipo de variable
Capacidad de centrales geotérmicas por estado	<i>capacidad_centrales_estado</i>	Kilowatts	Independiente
Capacidad efectiva de producción de electricidad mediante geotermia a nivel nacional	<i>capacidad_energ_geotermia</i>	Kilowatts-hora	Independiente
Consumo de energía eléctrica por entidad federativa	<i>consumo_energ_por_entidad</i>	Kilowatts-hora	Independiente
Tasa de crecimiento del Índice Nacional de Precios al Productor	<i>tasa_crecimiento_INPP</i>	Porcentaje	Independiente
Inversión en centrales geotérmicas	<i>inv_generación_uso_de_energía_g</i>	Millones de pesos	Dependiente
Precios medios de energía eléctrica por tarifa a nivel nacional: residencial	<i>PMResidencial</i>	Centavos por kilowatts-hora	Independiente
Precios medios de energía eléctrica por tarifa a nivel nacional: Tarifa tipo 1	<i>PM1Doméstico</i>	Centavos por kilowatts-hora	Independiente
Precios medios de energía eléctrica por tarifa a nivel nacional: Tarifa tipo 1A	<i>PM1ADoméstico</i>	Centavos por kilowatts-hora	Independiente
Precios medios de energía eléctrica por tarifa a nivel nacional: Tarifa tipo 1B	<i>PM1BDoméstico</i>	Centavos por kilowatts-hora	Independiente
Precios medios de energía eléctrica por tarifa a nivel nacional: Tarifa tipo 1C	<i>PM1CDoméstico</i>	Centavos por kilowatts-hora	Independiente
Precios medios de energía eléctrica por tarifa a nivel nacional: Tarifa tipo 1D	<i>PM1DDoméstico</i>	Centavos por kilowatts-hora	Independiente
Precios medios de energía eléctrica por tarifa a nivel nacional: Tarifa tipo 1E	<i>PM1EDoméstico</i>	Centavos por kilowatts-hora	Independiente
Usuarios de energía eléctrica por tarifa a nivel nacional: Tarifa tipo 1	<i>UE1Doméstico</i>	Número de usuarios	Independiente
Usuarios de energía eléctrica por tarifa a nivel nacional: Tarifa tipo 1A	<i>UE1ADoméstico</i>	Número de usuarios	Independiente
Usuarios de energía eléctrica por tarifa a nivel nacional: Tarifa tipo 1B	<i>UE1BDoméstico</i>	Número de usuarios	Independiente

Nombre de la variable real	Nombre de la variable a utilizar en el modelo	Unidad de medida	Tipo de variable
Usuarios de energía eléctrica por tarifa a nivel nacional: Tarifa tipo 1C	<i>UE1CDoméstico</i>	Número de usuarios	Independiente
Usuarios de energía eléctrica por tarifa a nivel nacional: Tarifa tipo 1D	<i>UE1DDoméstico</i>	Número de usuarios	Independiente
Usuarios de energía eléctrica por tarifa a nivel nacional: Tarifa tipo 1E	<i>UE1EDoméstico</i>	Número de usuarios	Independiente
Usuarios de energía eléctrica por tarifa a nivel nacional: Tarifa tipo DAC (Alto consumo)	<i>UEDACDoméstico</i>	Número de usuarios	Independiente
Ventas internas de energía eléctrica por tarifa a nivel nacional: Tarifa tipo 1	<i>VI1Doméstico</i>	Kilowatts-hora	Independiente
Ventas internas de energía eléctrica por tarifa a nivel nacional: Tarifa tipo 1A	<i>VI1ADoméstico</i>	Kilowatts-hora	Independiente
Ventas internas de energía eléctrica por tarifa a nivel nacional: Tarifa tipo 1B	<i>VI1BDoméstico</i>	Kilowatts-hora	Independiente
Ventas internas de energía eléctrica por tarifa a nivel nacional: Tarifa tipo 1C	<i>VI1CDoméstico</i>	Kilowatts-hora	Independiente
Ventas internas de energía eléctrica por tarifa a nivel nacional: Tarifa tipo 1D	<i>VI1DDoméstico</i>	Kilowatts-hora	Independiente
Ventas internas de energía eléctrica por tarifa a nivel nacional: Tarifa tipo 1E	<i>VI1EDoméstico</i>	Kilowatts-hora	Independiente
Ventas internas de energía eléctrica por tarifa a nivel nacional: Tarifa tipo DAC (Alto consumo)	<i>VIDACDoméstico</i>	Kilowatts-hora	Independiente

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la Secretaría de Energía (SENER), Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI), así como el uso del paquete econométrico *Stata*, 2021.

Una vez comprendida toda la información de la base de datos y organizada en datos de panel, se procede a hacer las siguientes evaluaciones econométricas para depurar variables que no sean estadísticamente significativas en el modelo: regresión lineal mediante Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO), prueba de multicolinealidad mediante el Factor de Inflación de la Varianza (VIF) y prueba de correlación mediante la matriz de correlación.

Para la prueba de multicolinealidad, se utiliza el Factor de Inflación de la Varianza (VIF) con la finalidad de determinar en qué medida la multicolinealidad afecta a la estimación y el contraste de un modelo.

$$VIF(\hat{\beta}_j) = \frac{1}{1-R^2_j} \tag{6}$$

Donde $VIF(\hat{\beta}_j)$ es la razón entre la varianza observada y la que se pudiera obtener si las variables independientes X_{Kj} pudieran no estar correlacionadas con el resto de los regresores del modelo. El Factor de Inflación de la Varianza (VIF) describe en qué medida aumenta la varianza del estimador a consecuencia de la no ortogonalidad (que no sea perpendicular) de los regresores. Se considera que hay un problema de multicolinealidad cuando el Factor de Inflación de la Varianza (VIF) de algún coeficiente de las variables analizadas es mayor a 10, esto se traduce también si el coeficiente de determinación obtenido de la regresión de X_{Kj} sea mayor a 0.90, en otras palabras, si $R^2_j > 0.90$. Si el Factor de Inflación de la Varianza VIF es menor a 10, se considera que no hay problema de multicolinealidad.

De las 26 variables independientes que se someten respecto a la variable dependiente mediante el software estadístico *Stata* (donde se hacen las pruebas de regresión lineal múltiple y la prueba del Factor de Inflación de la Varianza), se obtienen sólo 6 variables independientes estadísticamente significativas respecto a la variable dependiente (inversión en centrales geotérmicas); las 20 variables independientes restantes tuvieron graves problemas de multicolinealidad respecto a la variable dependiente.

A continuación, se muestran las variables independientes que son representativas respecto a la inversión en centrales geotérmicas:

Tabla 5. Descripción de las variables a utilizar para la estimación en datos de panel y estimador de efectos fijos

Nombre de la variable real	Nombre de la variable a utilizar en el modelo	Unidad de medida	Tipo de variable
Inversión en centrales geotérmicas	<i>inv_generaciónusodeenergíag</i>	Millones de pesos	Dependiente
Ventas internas de energía eléctrica por tarifa a nivel nacional: Tarifa tipo 1	<i>VI1Doméstico</i>	Kilowatts-hora	Independiente
Ventas internas de energía eléctrica por tarifa a nivel nacional: Tarifa tipo 1A	<i>VI1ADoméstico</i>	Kilowatts-hora	Independiente
Ventas internas de energía eléctrica por tarifa a nivel nacional: Tarifa tipo 1C	<i>VI1CDoméstico</i>	Kilowatts-hora	Independiente
Precios medios de energía eléctrica por tarifa a nivel nacional: Tarifa tipo 1	<i>PM1Doméstico</i>	Centavos por kilowatts-hora	Independiente

Tasa de crecimiento del Índice Nacional de Precios al Productor	<i>tasa_crecimiento_INPP</i>	Porcentaje	Independiente
Capacidad efectiva de producción de electricidad mediante geotermia a nivel nacional	<i>capacidad_energ_geotermia</i>	Kilowatts-hora	Independiente

Fuente: Elaboración propia con datos del paquete econométrico *Stata*.

4. Resultado y discusión

El modelo Regresor de Efectos Fijos está directamente relacionado con el estimador de Panel de Datos debido al tipo de información analizada; se tienen series periódicas e información en corte transversal. Por lo tanto, el modelo Regresor de Efectos Fijos resulta viable para estimar el comportamiento de las variables estudiadas en la investigación. Se debe tener en cuenta que, de las 26 variables independientes observadas, únicamente consiguieron ser significantes estadísticamente 6 de ellas respecto a la variable dependiente (Tabla 5). Para minimizar la alta variabilidad y problemas de heteroscedasticidad, se utilizaron logaritmos naturales. La forma del modelo Regresor de Efectos Fijos que utiliza la paquetería estadística *Stata* con las variables a utilizar es el siguiente:

$$Y_{it} - \bar{Y}_{it} = (X_{it} - \bar{X}_{it})\beta + (u_{it} - \bar{u}_i) \quad (7)$$

Donde,
 Variable dependiente

$$Y = \text{Ln} \text{inv}_{\text{generación usodeenergíag}}$$

Variables independientes

$$\begin{aligned} A &= \text{LnVI1Doméstico} \\ B &= \text{LnVI1ADoméstico} \\ C &= \text{LnVI1CDoméstico} \\ D &= \text{LnPM1Doméstico} \\ E &= \text{tasa_crecimiento_INPP} \\ F &= \text{Lncapacidad_energ_geotermia} \end{aligned}$$

Quedando,

$$Y - \bar{Y} = [(A, B, C, D, E, F) - \overline{(A, B, C, D, E, F)}]\beta + (u_{it} - \bar{u}_i) \quad (7.1)$$

Donde: $(u_{it} - \bar{u}_i)$ es la diferencia con la parte absoluta de u_i y, es a su vez, la parte aleatoria que cumple con los requisitos de MCO que el error ε_{it} puede tener β , que es un vector de las 6 variables independientes conformadas. En la Tabla 6 se muestran los resultados del modelo:

Tabla 6. Resultados del modelo Regresor de Efectos Fijos

<i>Lninv_generaciónusodeenergíag</i>	Coef.	Std. Err.	t	P>| t |
<i>LnVI1Doméstico</i>	8.75	2.750241	3.18	0.00
<i>LnVI1ADoméstico</i>	4.43	.6516821	6.80	0.00
<i>LnVI1CDoméstico</i>	-1.71	.361071	-4.74	0.00
<i>LnPM1Doméstico</i>	-8.46	2.717341	-3.11	0.00
<i>tasa_crecimiento_INPP</i>	-5.12	2.239195	-2.29	0.02
<i>Lncapacidad_energ_geotermia</i>	-16.4962	2.472734	-6.67	0.00

Fuente: Elaboración propia con datos del paquete econométrico *Stata*.

En la Tabla 6 se muestra la relación que tienen las variables independientes respecto a la inversión con base en el valor del coeficiente de cada una de ellas; la variable independiente *LnVI1Doméstico* (que corresponde a las Ventas Internas de la Tarifa Tipo 1 Doméstico) tiene una relación positiva respecto a la inversión en centrales geotérmicas, ya que, por cada unidad logarítmica que aumenten las ventas internas de energía eléctrica por tarifa a nivel nacional (Tarifa tipo 1) la inversión en centrales geotérmicas se verá impulsada positivamente en ocho punto setenta y cinco veces; en otras palabras, la inversión aumenta ya que esta está en función de las necesidades del mercado por el lado de la demanda de las zonas aledañas a las plantas geotérmicas. Lo anterior, aun cuando no han existido investigaciones en este sector previamente, mediante la técnica econométrica propuesta, ayuda a contar con elementos importantes para continuar su análisis en el campo de la geotermia que abone información para su estudio y optimización; de esta manera, se puede justificar que la Tarifa Tipo 1 Doméstico es la que tiene mayor número de usuarios, como se muestra en el Gráfico 1:

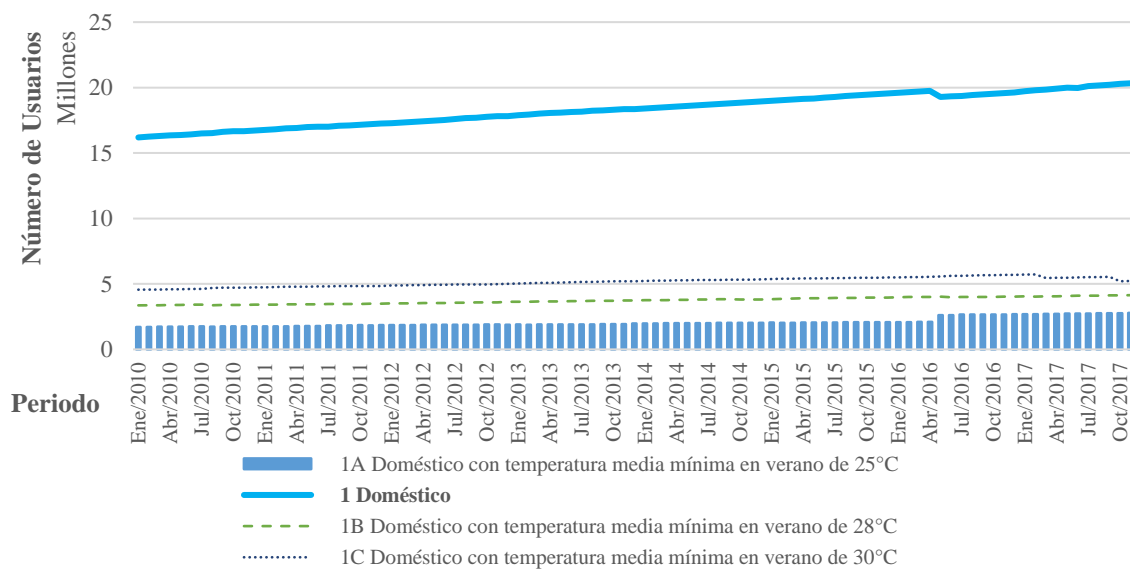


Gráfico 1. Número de usuarios por tipo de tarifa a nivel nacional

Fuente: Elaboración propia con datos del Sistema de Información Energética (SIE) de la Secretaría de Energía (SENER), 2019.

A pesar de que las variables de Usuarios Domésticos por Tarifa: *UE1Doméstico*, *UE1Adoméstico*, *UE1Bdoméstico*, *UE1Cdoméstico*, *UE1Ddoméstico*, *UE1Edoméstico*, *UEDACAltoconsumo* no tienen relevancia estadística y presentan problemas de multicolinealidad, si tienen relevancia para determinar las ventas internas por tipo de tarifa, ya que si hay mayor número de usuarios en un tipo de tarifa (1A), habrá mayores ventas. La variable independiente: *LnVI1Adoméstico* (que corresponde a las Ventas Internas de la Tarifa Tipo 1A Doméstico) tiene una relación positiva respecto a la inversión en centrales geotérmicas, ya que, por cada unidad logarítmica que aumenten las ventas internas para este tipo de tarifa, la inversión en centrales geotérmicas crecerá por la demanda de dicha tarifa cuatro veces. Sin embargo, en el Gráfico 1 se mostró que el número de usuarios de la Tarifa 1A no es subsecuente en relación al número de usuarios de la Tarifa Tipo 1 a nivel nacional, pero si lo es para la región central y occidente del país, según administración geográfica de la Comisión Federal de Electricidad (ver Mapa 2. Distribución de los tipos de tarifas de la zona centro y occidente del país).

La variable independiente: *LnVII1Cdoméstico* (que corresponde a las Ventas Internas de la Tarifa Tipo 1C Doméstico) tiene una relación negativa respecto a la inversión en centrales geotérmicas, ya que, por cada unidad logarítmica que aumente la demanda de ventas internas para este tipo de tarifa, la inversión en centrales geotérmicas decrecerá uno punto siete veces. Esto se debe a que para la región central del país, este tipo de tarifa sólo se encuentra en el área central del estado de Michoacán, precisamente para la región de "Tierra Caliente" (ver Mapa 2. Distribución de los tipos de tarifas de la zona centro y occidente del país). La variable independiente: *PM1Doméstico* (que corresponde a los Precios Medios Ofertados de la Tarifa Tipo 1 Doméstico), tiene una relación negativa respecto a la inversión en centrales geotérmicas, ya que, por cada unidad logarítmica que aumenten los precios medios ofertados de este tipo de tarifa, el rendimiento de la inversión en centrales geotérmicas decrecerá ocho veces. Lo anterior se justifica debido a que los precios medios están directamente relacionados con los costos totales de producir electricidad a base de geotermia, ya que, si se tiene un factor de planta para cada central geotérmica superior al 60%; donde es el cociente de la generación bruta de electricidad generado por la capacidad instalada total de la planta por horas al año en pleno funcionamiento (Zweifel et al, 2017), los costos totales de producción se reducen y resulta una opción más rentable que las demás alternativas de generación, lo que se traduce en un aumento de la inversión en centrales geotérmicas si el factor de planta es elevado (Gehring et al, 2012). Como antecedente, las plantas geotérmicas del país tienen un promedio de factor de planta del 67.84% desde enero de 2010 hasta diciembre de 2017, según Secretaría de Energía (2019).

Por otro lado, la variable independiente *tasa_crecimiento_INPP* (que corresponde a la Tasa de Crecimiento del Índice Nacional de Precios al Productor para el mercado eléctrico doméstico), tiene una relación negativa respecto a la inversión en centrales geotérmicas (variable dependiente), ya que, por cada unidad logarítmica que aumente la Tasa de Crecimiento del INPP, la inversión en centrales geotérmicas decrecerá cinco veces por el aumento de los costos de producción, por lo tanto, se traduce en mayores precios de insumos, menor producción y esto impactaría en las tarifas ofertadas, pues estas tendrían que aumentar para conseguir los beneficios esperados. Esto se justifica debido a que la CFE tiene una estructura de mercado oligopólica donde tiene control absoluto de los precios ofertados de energía eléctrica, a su vez, esta estructura de mercado no ha

tenido grandes modificaciones desde que la empresa tiene el control y dominio del mercado eléctrico. Por tal situación y, considerando que empresas como: Iberdrola, Mexichem, Grupo México, Minera Autlán, Enel Green Power, Acciona, Ilios, Intergen, Genermex y AES Corporation (SENER, 2019), estas le venden su producto y participación en el mercado eléctrico a la CFE. Es de esperar que el INPP enfocado al mercado eléctrico doméstico dependa intrínsecamente de los beneficios que pueda obtener la CFE por producir electricidad mediante energía geotérmica.

Por tal motivo, y, con fundamento al estudio realizado por Alejandra Enríquez et al (2019), la CFE no encuentra beneficio alguno en incentivar la construcción de centrales eléctricas que ofrezcan una capacidad operativa inferior a 1500 MW, pues tal capacidad de generación son la brecha entre obtener beneficios o no tenerlos. Adicionalmente, el INPP está directamente relacionado por la fluctuación de precios que puede tener el petróleo y sus derivados; si se considera que México genera el 70% de electricidad mediante combustibles fósiles y sólo 2% con energía geotérmica (donde la CFE tiene el control operacional en este tipo de centrales), esto ocasiona pérdidas de beneficios que la CFE puede obtener si genera electricidad mediante tecnologías no rentables para la empresa y el consiguiente aumento de las tarifas ofertadas para compensar su pérdida.

Por último, la variable independiente *Lncapacidad_energ_geotermia* (que corresponde a la Capacidad efectiva de producción de electricidad mediante geotermia a nivel nacional). tiene una relación negativa respecto a la inversión en centrales geotérmicas, ya que, por cada unidad logarítmica que aumente la capacidad efectiva de electricidad mediante geotermia a nivel nacional, la inversión en centrales geotérmicas decrecerá aproximadamente dieciséis veces. Esta relación se debe a la ausencia de datos de más centrales geotérmicas operativas, por tal motivo, se considera la capacidad instalada a nivel nacional, donde solamente hay cuatro centrales geotérmicas, dos de ellas, ubicadas en el área central-occidental (según administración geográfica de la CFE). Es necesario mencionar que se generó una variable "dummy" que considerara cualitativamente si hay central geotérmica en ese estado o no la hay ("1" si la hay "0" si no) donde económicamente no tuvo relevancia estadística y con ello se prescindió de su uso en el modelo.

Si aumenta la inversión en centrales geotérmicas, habría mayores ventas de energía eléctrica para dos tipos de tarifa domésticas, a su vez, los precios medios ofertados del tipo de tarifa con mayor número de usuarios (que corresponde al Tipo 1) decrecerían, traducéndose en menores costos de producción debido al uso de esta tecnología que ha demostrado tener mayor eficiencia respecto a las actuales soluciones contaminantes y no contaminantes, teniendo en consecuencia, un efecto positivo en el consumo de electricidad para los usuarios domésticos. Con el advenimiento de nuevas tecnologías y el uso cada vez más intensivo de ellas, el consumo eléctrico seguirá aumentando con el paso de los años, por ello, se requiere incentivar el uso de energías no contaminantes para producir electricidad como la energía geotérmica que represente un gasto menor para los hogares.

5. Conclusiones

A pesar del bajo desarrollo que ha tenido la energía geotérmica en la construcción de centrales eléctricas en territorio nacional mexicano, sigue siendo una alternativa viable si se desea bajar los altos índices de contaminación como también las principales tarifas ofertadas a los usuarios domésticos. Es importante destacar que uno de los retos en el desarrollo de la metodología aplicada fueron los escasos datos para poder proyectar y justificar el aumento de la oferta eléctrica mediante la inversión en centrales geotérmicas en adición al estudio de la demanda con las ventas internas de energía. Los resultados obtenidos muestran la escasez de centrales en el territorio central del país donde sólo se cuentan con dos unidades operativas en dos estados de los cinco estudiados en la investigación. Por esto, resulta importante destacar que, empíricamente, si hubiera un aumento de la oferta eléctrica para los usuarios, sería como consecuencia de una mayor inversión en la construcción de nuevas centrales eléctricas donde utilicen la geotermia como insumo principal; en una primera parte, justifica los resultados obtenidos versus la hipótesis y objetivo en donde se identificó que el país y su administración requieren mayor atención al sector para la apertura del mercado de la energía geotérmica que ayude a cubrir necesidades de la población en regiones aledañas y necesitadas (menores costos y con mejor uso de los recursos naturales).

Si la CFE incentivara la inversión en centrales geotérmicas, no habría necesidad de aumentar la infraestructura de transmisión para el sector central-occidental (según administración de CFE), cuando menos para el corto plazo, siempre y cuando se encuentren yacimientos geotérmicos adicionales a los estudios realizados que sean causantes de sobrecargas en las líneas de transmisión operativas. Sin embargo, con la investigación se muestra que la CFE no tiene incentivos por invertir en centrales generadoras a base de energía limpia, pues ninguna de ellas tiene un margen superior en capacidad efectiva de generación eléctrica, mismos que para la CFE son la brecha entre tener beneficios o no tenerlos. A pesar de lo anterior, la empresa estatal sigue con la proyección de mejorar su infraestructura actual con la adición de nuevos reactores en las centrales geotérmicas ya existentes, como también, en la construcción de nuevas centrales a partir del año 2025; dando como resultado, un aumento en la producción eléctrica de 557 MW en adición a los 958 MW actuales según PROSEDEN 2018 - 2032. Un proyecto futuro de los que actualmente tiene la CFE es el de la región de Carapan, Michoacán, donde prevé la construcción de una central eléctrica de tecnología geotérmica con una capacidad de producción bruta de 100 MW para el 2027.

En respuesta al panorama limitado en el sector de la geotermia por parte de la CFE (pues sólo son prospectivas de crecimiento), las empresas privadas podrían tener protagonismo si se quiere incentivar la inversión en este tipo de centrales, pues podrían obtener beneficios al producir electricidad mediante esta energía, mismos que la empresa estatal no tiene. Para lograr lo anterior, las empresas de la iniciativa privada tendrían que depender lo menos posible de la CFE de tal manera que puedan ofertar su energía eléctrica directamente a los usuarios (sin tener que vender su energía generada) donde esta empresa sea la que oferte sin intervención de la empresa estatal. Para ello, los ofertantes privados deberían tener su propia infraestructura de transmisión y distribución eléctrica, con la recomendación de que, en la etapa inicial, se oferte energía eléctrica a los usuarios domésticos que se encuentren cerca de la central generadora, así las empresas no tendrían un gasto mayor en

transmisión de electricidad a larga distancia. Lo anterior sería posible si se consideran las abundantes zonas con recursos geotérmicos viables en la región central del país.

Con una mayor apertura en el mercado eléctrico, las empresas privadas podrían ofertar energía eléctrica a un precio menor debido a menores costos de producción, así como al factor de planta que las centrales geotérmicas pueden tener (donde en la investigación se muestra que, teniendo un factor de planta superior al 60%, los costos por producir son menores que las demás soluciones de generación eléctrica).

Finalmente, el consumo eléctrico irá aumentando en proporción al número de usuarios que utilicen la energía eléctrica como medio principal para satisfacer sus actividades diarias, por lo que se requieren soluciones que permitan ofertar energía eléctrica sin ocasionar más daños ambientales (emisiones de gases, uso de combustibles, entre otros), como también, que sean soluciones cuyo objetivo sea reducir el precio final ofertado hacia los usuarios. Es necesario que México transite hacia el camino de la vanguardia tecnológica de generación eléctrica para los próximos años: una garantía de servicio eléctrico de mayor calidad y no contaminante a las próximas generaciones, disponible y sin afectaciones al ingreso familiar. La energía geotérmica es prueba de ello, pues es un recurso casi permanente.

Referencias

- [1] Baronio, A. & Vianco, A. (2014). *Panel de Datos*. Universidad Nacional de Río Cuarto, 1, 24.
- [2] Castillo, J. (2017). *Empresas que competirán con la Comisión Federal de Electricidad. 2020*, de cceea Sitio web: <https://cceea.mx/blog/tecnologia/empresas-que-competiran-con-la-comision-federal-de-electricidad>
- [3] Comisión Federal de Electricidad. (2022). *Comisión Federal de Electricidad. 2022*, de Comisión Federal de Electricidad Sitio web: <https://www.cfe.mx/Pages/default.aspx>
- [4] Comisión Reguladora de Energía, Hiriart, G., Gutiérrez, A., Quijano, F., Ornelas, L., Espíndola, S., & Hernández, I. (2011, mayo). *Evaluación de la Energía Geotérmica en México* (No. 1). Comisión Reguladora de Energía. <https://doi.org/10.1787/9789264280960-7-es>
- [5] Gehringer, M. & Loksha, V. (junio 2012). *Manual de geotermia: cómo planificar y financiar la generación de electricidad*. Programa de Asistencia para la Gestión del Sector Energético, Banco Mundial 2, 1 - 117.
- [6] Geothermal Training Programme, Flores, M., Ramírez, M., & Morales, L. (2014, marzo). *Geothermal Activity And Development In Mexico - Keeping The Production Going* (N.º 1). United Nations University.
- [7] Huenges, E., & Ledru, P. (Eds.). (2011). *Geothermal energy systems: exploration, development, and utilization*. John Wiley & Sons. ISBN 978-3-527-40831-3 <https://doi.org/10.1002/9783527630479.index>
- [8] Instituto de Investigaciones Legislativas del Senado de la República. (2003, febrero). *Información Básica de las Tarifas Eléctricas en México*. Instituto de Investigaciones Legislativas.
- [9] Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2021). *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*, de Instituto Nacional de Estadística y Geografía Sitio Web: <https://www.inegi.org.mx> <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780199366439.013.575>
- [10] Molina, A. (enero - junio 2017). *Estructura de la industria eléctrica mexicana: El modelo de Comprador Único*. Economía. Teoría y Práctica, 46, 71-95. <https://doi.org/10.24275/etypuam/ne/462017/molina>
- [11] Montero, R. (2011): *Efectos fijos o aleatorios: test de aplicación*. Documentos de Trabajo en Economía aplicada. Universidad de Granada. España. <https://doi.org/10.4272/978-84-9745-525-1.ch1>

- [12] Secretaría de Energía. (2019). *Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2018-2032*. Secretaría de Energía, 1, 330. 2017, De CENACE y SIE Base de datos.
- [13] Secretaría de Energía. (2019). *Sistema de Información Energética*. 2020 de Secretaría de Energía Sitio web: <http://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=temas&fromCuadros=true>
- [14] Taylor, P. & Lavagne, O. (julio 2008). *Energy Efficiency Indicators for Public Electricity Production from Fossil Fuels*. IEA Information Paper, 1, 23. 2008, De Office of Energy Technology and R&D in co-operation with Energy Statistics Division Base de datos. <https://doi.org/10.1787/9789264061996-en>
- [15] Vaca, J. (enero - junio 2008). *Modelo de costeo de pozos geotérmicos aplicado para el caso del campo geotérmico de Cerro Prieto*, BC. Geotermia, 21, 51 - 58.
- [16] Zweifel, P., Praktiknjo, A., & Erdmann, G. (2017). *Energy Economics: Theory And Applications*. Berlin, Germany: Springer. ISSN 2192 - 4333 <https://doi.org/10.1007/978-3-662-53022-1>

Economía circular: contribución a la Agenda 2030

Aníbal Carlos Zottele Allende¹ - Universidad Veracruzana, México

Luz Elena Nájera Jiménez - Universidad Veracruzana, México

Resumen

El presente artículo tiene como objetivo analizar el panorama general existente en torno a la problemática ambiental y la búsqueda de alternativas éticas y responsables en los distintos ámbitos y a través de los distintos actores involucrados como lo son gobierno, sector empresarial y sociedad civil como consumidores. Considera a la economía circular como una opción para mitigar los daños medioambientales y alcanzar los objetivos de la agenda 2030.

El estudio se realiza a través de una revisión de literatura amplia y extensa, con un enfoque analítico. Incluye ejemplos o casos destacados de acuerdo con cada tema de investigación o tratado en el artículo.

Los resultados reflejan las iniciativas existentes para contribuir al cuidado del medio ambiente y los casos considerados como de éxito, pero también de aquellos señalados como poco éticos que se han desarrollado principalmente en torno a las empresas. La problemática ambiental demanda una enérgica búsqueda de alternativas responsables en los distintos ámbitos que caracterizan a la vida social de las naciones, al final del artículo se presentan algunas consideraciones finales.

Clasificación JEL: Q5, Q56, Q57, Q2.

Palabras clave: Economía circular, Desarrollo sostenible, Medio Ambiente, Agenda 2030.

Circular Economy: Contribution to the 2030 Agenda

Abstract

The purpose of this article is to analyze the general panorama of environmental issues and the search for ethical and responsible alternatives in different areas and through the different actors involved, such as the government, the business sector and civil society as consumers. It considers the circular economy as an option to mitigate environmental damage and achieve the objectives of the 2030 agenda.

The study is conducted through a broad and extensive literature review, with an analytical approach. It includes examples or highlighted cases according to each research topic or addressed in the article. The results reflect the existing initiatives to contribute to the care of the environment, the cases considered as successful, but also those considered as unethical that have been developed mainly around companies. The environmental problem demands an energetic search for ethical and responsible alternatives in the different areas that characterize the social life of nations, and some final considerations are presented at the end of the article.

JEL Classification: Q5, Q56, Q57, Q2.

Keywords: Circular economy, Sustainable development, Environment, 2030 Agenda.

¹ Autor de correspondencia. Secretario Técnico del Consorcio Mexicano de Centros de Estudios APEC (CONMEX-CEAPEC). Centro de Estudios China- Veracruz (Cechiver) Universidad Veracruzana. E-mail: azottele@uv.mx

*Sin fuente de financiamiento para el desarrollo de la investigación



1. Introducción

La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible convenida por los países miembros del sistema de Naciones Unidas comienza a mostrar aristas que parecen constituirse en una nueva quimera basada en esperanzas y supuestos lejanos a la realidad geopolítica y económica que caracterizan al sistema mundo.

Los aspectos que dominan a las sociedades contemporáneas se alejan de los principios de justicia y prosperidad social y del presupuesto de la paz universal considerados como prerequisites con el programa trazado para cumplir con las metas 2030. Ello no significa que varios de los diecisiete objetivos no puedan ser alcanzados, pero es claro que, en estos últimos y aciagos años, las recurrentes crisis económicas, la pandemia, el desacoplamiento en las cadenas globales de valor y los conflictos militares se ven reflejados en el comportamiento de las principales variables que afectan a la calidad de vida de pueblos y naciones.

En este documento se hace referencia a uno de los temas que contribuyen parcialmente al objetivo más amplio y completo que demanda el desarrollo sostenible. En este caso las reflexiones que se presentan se refieren a las actividades económicas de producción y consumo de bienes y servicios basadas en tecnologías que contaminan el ambiente y sobre algunos paliativos en el orden de la economía circular.

El desafío de los problemas ambientales y sociales parece superar a las limitadas respuestas, insuficientes para enfrentar el cambio climático y sus implicaciones, así como la disminución de la diversidad de seres vivos, la seguridad alimentaria y nutricional, la menor disponibilidad de recursos hídricos y del suelo, y las desigualdades sociales. También con frecuencia se percibe una legislación inadecuada respecto al tratamiento de algunos desechos que podrían ser considerados como insumos en otras actividades productivas.

Aquí se propone revisar el papel de la llamada economía circular para mitigar algunos de los lacerantes problemas citados. Además, se revisan tópicos relacionados con la utilización desleal de políticas que, bajo el supuesto de lograr progresos en áreas sensibles respecto a la degradación ambiental, son utilizadas en forma engañosa o fraudulenta no solo frente a las reglamentaciones oficiales sino también frente a los consumidores.

2. Desarrollo sostenible y economía circular

La problemática ambiental demanda una enérgica búsqueda de alternativas en los distintos ámbitos que caracterizan a la vida social de las naciones. Entre otras acciones requieren que el desempeño de la producción y el consumo, tanto a nivel de bienes como de servicios, se implementen privilegiando el desarrollo sostenible y dentro de él, especialmente, que disminuya en forma ostensible el riesgo de acentuar la afectación a la biodiversidad del planeta.

Conceptos como desarrollo sostenible y sustentable, economía circular y economía verde han surgido como parte de las alternativas para el cuidado del ambiente, de las personas y del incentivo al retorno de los sistemas tradicionales. Sin embargo, en ocasiones el uso inapropiado de estos

conceptos y hasta su tratamiento como sinónimos, provocan distorsiones porque parten de una base común, aunque se refieren a aspectos disímiles respecto a la problemática que los contiene.

Como es aceptado generalmente, el término desarrollo sustentable se refiere a la conservación de recursos naturales para que puedan ser utilizados en el corto y largo plazo. Esta definición surgió en la Conferencia de las Naciones Unidas a partir de la Declaración de Estocolmo en 1972, y desde allí, se consideró que la utilización masiva de recursos naturales podría generar efectos negativos permanentes.

Por otro lado, el término desarrollo sostenible que emitió la Declaración de Johannesburgo en 2002, se presentó como un proceso más amplio en el que se cubren las necesidades fundamentales de la población en temas como la economía, la cultura y el ambiente, sin afectar el riesgo de la subsistencia de las próximas generaciones.

Por lo tanto, con estas precisiones quedan establecidos los principios que diferencian al desarrollo sustentable respecto al sostenible. El primer concepto alude a la protección y a la preservación de los recursos naturales; mientras que el segundo, supone el cuidado del ambiente aunado a la satisfacción de las necesidades básicas en el presente.

En los programas de crecimiento establecidos por los gobiernos de México y de otros países de América Latina y el Caribe, las incorporaciones de los criterios relacionados con el desarrollo sostenible son insoslayables. En tal sentido, a modo de ejemplo, aquí se destaca uno de los proyectos más ambiciosos y de gran importancia para el país, como lo es el del Corredor Interoceánico del Istmo de Tehuantepec, donde una de las principales características que se plantea taxativamente es su materialización en el marco del desarrollo sostenible. Cabe señalar que, para su planeación, organización y realización intervino el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) en México, quien gestionó diversas consultas entre comunidades indígenas para recibir opiniones, sugerencias y planteamientos para ser incorporados en el diseño e implementación de esta política pública, constituyendo así también oportunidades únicas para avanzar en el cumplimiento del Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 16: Paz, justicia e instituciones sólidas de la Agenda 2030, garantizando la adopción, en todos los niveles, de decisiones inclusivas (ONU, 2015).

El proyecto del Istmo de Tehuantepec busca conectar a los océanos Atlántico y Pacífico, pero su objetivo central es aumentar la actividad económica regional, los niveles de ingreso de una comunidad de aproximadamente 2,6 millones de habitantes y mejorar la calidad de vida de las comunidades que se encuentran ubicadas en los 79 municipios del corredor, contemplando en su planeación y desarrollo la inclusión, la sustentabilidad, el pleno respeto a la historia, la cultura, el lenguaje, tradiciones de dicha región y la cosmovisión de la relación entre los hombres y la naturaleza (UNDP, 2020). Este es uno de los buenos ejemplos en medio de las crecientes dificultades observadas a escala global.

Por otro lado, el Programa de la Organización de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) ha definido a la economía verde como “aquella economía que resulta en un mejor bienestar humano y equidad social, reduciendo significativamente los riesgos ambientales y las escaseces ecológicas” (PNUMA, 2012). En otros términos, una economía verde implica un menor consumo de carbón y una adecuada utilización de los recursos.

En años recientes se estructuraron modelos para el manejo de residuos en forma integral calificada como “economía circular”; modelo de producción que ofrece nuevos mecanismos a partir de la utilización de productos ya existentes. El término de circularidad es adoptado desde hace más

de un siglo, con algunas vertientes filosóficas e históricas, pero fue hasta después de la Segunda Guerra Mundial, que este concepto se retomó en países industrializados con diversas escuelas de pensamiento.

Walter R. Stahel (1982) y sus argumentos para extender la vida útil de los bienes es referencia del inicio en los procesos de sostenibilidad. Las aportaciones contenidas en sus informes dirigidos a las economías industriales conllevaron a sentar las bases y conceptualización de la economía circular a través de la optimización de la vida útil de un bien y con ello contraer el agotamiento de los recursos naturales.

El arquitecto suizo manifestó que sería importante "...comenzar una transición gradual hacia una sociedad sostenible en la que el progreso sea coherente con la base de recursos finitos del mundo y, en segundo lugar, una estrategia coherente con un papel activo e independiente del sector privado. (...) Extender la vida útil del producto optimiza la vida útil total de los bienes y reduce el agotamiento de los recursos naturales y, en consecuencia, el desperdicio" (Stahel, 1982).

Mientras que la economía circular se caracteriza por la reducción del uso de materias primas, por reciclar desechos o reutilizar los componentes. Desde esa perspectiva se extiende la vida útil y el valor de los bienes, mejorando los elementos y recursos a partir de su reutilización.

Se reconoce que la extracción continua de recursos finitos acompañada de un sistemático deterioro de los materiales no puede extenderse en el tiempo por lo que la aplicación de la economía circular ofrece soluciones parciales para los diferentes retos mundiales que se presentan como el calentamiento global, el aumento de residuos y la contaminación del ambiente.

Sin embargo, los cambios hacia una economía circular difieren según factores vinculados con el desarrollo tecnológico y la infraestructura de recursos materiales y humanos, así como la disponibilidad de recursos financieros.

En la actualidad India, China y Europa muestran progresos de economías verdes. Las acciones ejecutadas por estos países tienen un impacto de alcance global.

China ha realizado un importante plan de reforestación con el cual amplió sus bosques y en el 2019 fue responsable del 42% de las nuevas zonas verdes en el planeta, decisión con la cual contribuyó a contener el exceso del CO₂ y contrarrestar los efectos del cambio climático. India ha aumentado en un 82 por ciento las áreas de cultivo y ha ampliado sus zonas verdes, gracias a los fertilizantes y el riego.

2.1 Aplicación de la economía circular

Desde hace poco más de siete décadas, el gobierno chino dio particular importancia a los programas y leyes que normalizan los procesos de reciclaje, situación que conllevó a la implementación de un sistema en el que pequeñas empresas reciclan más de 7 mil millones de toneladas en un año. Empero, ante la necesidad de una normatividad formal para el reciclaje, la RPCh impulsó políticas desde años atrás, a través de la publicación de las "Instrucciones para mejorar la recolección y utilización de desechos", en este documento únicamente se integran a los desechos con mayor valor como residuos químicos, de metales o fibras.

Por ello, el gobierno de la República Popular China consideró, según lo señalado por el Observatorio Parlamentario de Chile, que:

“...el reciclaje es una de las principales medidas para el desarrollo, por lo que expresó la necesidad de establecer una economía circular. En consecuencia, el año 2009 se publicó la Ley de Promoción de Economía Circular que consiste en reducir, rehusar y reciclar, tanto en los procesos de producción como de consumo. Actualmente esta ley establece los principios que sirven de base a las políticas de reciclaje en el país asiático” (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile , 2018).

En los años noventa académicos de ese país propusieron el modelo circular adaptado a las particularidades nacionales. La estrategia de economía circular de China busca integrar, reutilizar y reciclar en los proceso de producción completos, así como la actividad industrial, la agricultura y servicios, para la optimización de procesos industriales; el incremento de la industria del reciclaje, centrándose también en las energías renovables y la reparación y, finalmente, la promoción de valores circulares que permitan orientar a la población hacia un consumo responsable, inteligente y seguro respecto al uso y tratamiento de los recursos.

Europa también es considerada pionera, por la aplicación de políticas como el pacto verde europeo, que es un agregado de iniciativas que persiguen situar a la Unión Europea en una transición ecológica, con la finalidad de alcanzar la neutralidad climática al 2050. Algunas de estas metas están condicionadas por los conflictos recientes que vaticinan una disminución en el uso de los recursos energéticos procedentes de Rusia y que están obligando a extender el uso del carbón para la producción de energía eléctrica.

También ha lanzado su primer Plan de Acción para la Economía Circular, que muestra el rumbo hacia una economía competitiva y con aumento de las estrategias en los distintos niveles al interior de cada país.

De acuerdo con un informe realizado por la ONU Medio Ambiente, desactualizado, por las actuales circunstancias de los conocidos conflictos que se están verificando en Europa, señaló que la economía circular puede reducir la casi totalidad de los desechos industriales y emisiones que se derivan de esos procesos productivos.

Por otra parte, la propuesta de reducción en el uso y la extracción de los recursos naturales está en contradicción con las crecientes presiones para que las economías de ALC suplan algunas de las necesidades que, anteriormente cubría Rusia como gran proveedor de energía y materias primas.

3. Agenda 2030 y la sostenibilidad

La Agenda 2030 es una propuesta de alcance global que permita la existencia de sociedades más equilibradas y en una relación más armónica con el ambiente. A través de los diecisiete objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) que la integran, y que son considerados universales, tiene una visión transformadora hacia la sostenibilidad económica, social y ambiental, tratando aspectos diversos como son los temas de educación, alimentación segura, de servicios básicos, gestión del riesgo y respeto a los bienes de interés público tales como la protección de la biodiversidad, de mares y océanos y de la atmósfera.

Esta agenda fue establecida en el 2015, por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) y exige transformaciones importantes en los medios tradicionales de producción y de consumo, dando prioridad a aquellos medioambientalmente sostenibles, pero también al empleo digno y de calidad como parte crucial para el desarrollo social (CEPAL, Comisión Económica para América Latina y el Caribe).

En ese tiempo la situación internacional permitía observar con mayor optimismo el resultado de esas metas. Como ya se indicó, los presupuestos de cooperación a través de las cadenas globales de valor, la relativa estabilidad política y militar del mundo y la ausencia de problemas como el que caracterizó a la pandemia, permitían suponer un espacio para alcanzar alguna de las metas imprescindibles para el futuro de la humanidad. Sin embargo, desde el comienzo de la administración Trump surgieron cuestionamientos a un orden mundial que beneficiaba especialmente a los países más competitivos en materia de producción de insumos para las redes de suministros y que se constituyó en un primer paso para desacelerar algunos de los puntos de coincidencia internacional respecto a la Agenda 2030.

Además, en 2015 no se preveían los acontecimientos relacionados con el conflicto bélico que puede tener una extensión y una complejidad que trasciende el campo militar y se proyecta hacia una reformulación profunda de las alianzas económicas y políticas.

Otro aspecto que está afectando al cumplimiento de los objetivos de la Agenda fue la COVID-19. Si bien la inicial desaceleración de la actividad económica generó en algunas regiones del mundo, en forma circunstancial, la disminución de actividades contaminantes al no ser estas resultados de políticas planificadas para tal fin, los problemas ambientales que se tenían se potenciaron con el retorno a las actividades productivas.

La COVID-19 ha tenido desfavorables consecuencias en la casi totalidad de las naciones. La pandemia no solo saturó los sistemas de salud. También provocó el cierre de empresas y tuvo un impacto negativo en los niveles de empleo. Se generaron residuos por la incorporación del consumo de productos relacionados con la protección personal, así como los bienes hospitalarios que incluyeron la creciente utilización de guantes, máscaras, equipos electrónicos, productos para limpieza y desinfección que están compuestos por plásticos, metales, y componentes electrónicos que demandan el despliegue de una economía circular más vigorosa.

A nivel global, el consumo y la producción sostenible y responsable, además de la relación directa que tiene con el cuidado de los recursos y el medio ambiente, también contribuye a la disminución de la pobreza y a la transición hacia economías verdes y economías circulares y con bajas emisiones de carbono (UN GLOBAL COMPACT, s.f.).

Si bien la Agenda consiste en un acuerdo conjunto de carácter global, los países de forma individual se encuentran frente a situaciones específicas en el marco de sus objetivos acerca del desarrollo sostenible. Por ello, establecen sus metas nacionales en consideración a la disponibilidad de recursos y de la situación geopolítica que sobre determina la aplicación de sus recursos en la actividad económica.

La transición a sistemas de producción y consumo responsables es un camino largo, pero que las mismas características medioambientales y sociales exigen un actuar inmediato para minimizar los daños existentes y aprovechar al máximo el potencial que pueda generarse de las nuevas alternativas.

Para la consecución de los ODS, los estados nacionales son responsables de asegurar el seguimiento de la Agenda 2030, pero las empresas también tienen un papel fundamental en la evolución hacia un desarrollo más sostenible a través de la integración de los aspectos medioambientales, de sus estrategias corporativas y sus sistemas de producción, a través de su actividad económica.

Anteriormente, la sostenibilidad empresarial estaba asociada a cuestiones filantrópicas, a donaciones, a acciones sociales y al voluntariado empresarial, lo cual generaba un costo extra; sin embargo, hoy en día, las compañías comienzan a considerarlo “como una inversión estratégica, dando lugar al concepto de Responsabilidad Social Corporativa (RSC) con un modelo de gestión ético, responsable con el medio ambiente y la sociedad y que busca conseguir un beneficio más allá del económico” (ONU, s.f.).

3.1 Responsabilidad Social Corporativa y normatividad internacional

La integración de la sostenibilidad en estrategias empresariales, contribuye al mejoramiento social, económico y ambiental, implicando una gran variedad de oportunidades para los negocios, los cuales varían en función de los sectores a los que pertenezcan y de los contextos de ubicación, pero, sin lugar a dudas, implica una coyuntura para las empresas como una opción de diferenciación en el mercado, acceso a productos financieros, incremento del valor de la marca o nombre de la institución, satisfacción de las expectativas de los consumidores, entre otros.

Para facilitar la tarea de la implementación de la Responsabilidad Social Corporativa se ha incorporado el uso de diversas normas y certificaciones, las cuales a través de determinados parámetros brindan la certeza que productos, procesos o empresas realizan sus actividades de forma responsable y en contribución con el cuidado del medio ambiente.

Específicamente y relacionado con la Responsabilidad Corporativa o Empresarial, destaca la norma ISO 26000, de aplicación voluntaria, que orienta a organizaciones públicas o privadas que, en su desempeño social, a contribuir al desarrollo sostenible mejorando las relaciones con los distintos grupos de interés. Sin embargo, al no ser una norma certificable carece de requisitos específicos, pero sí contiene recomendaciones básicas sobre las que las organizaciones pueden trabajar para alcanzar un comportamiento responsable (ISOTools, s.f.).

También la norma certificable internacional ISO 14001, que brinda a las organizaciones la opción de establecer un Sistema de Gestión Medioambiental que demuestre su desempeño ambiental, es utilizable para cualquier institución, siempre y cuando persiga en su actividad disminuir las consecuencias sobre el entorno en concordancia con la legislación ambiental vigente (Ibídem).

En Europa la primera norma en regular e integrar aspectos ambientales, sociales y de buen gobierno en la gestión de empresas y organizaciones de todo tipo, es la SGE21, a través de Forética, una compañía de España, que persigue impulsar la función ética y socialmente responsable.

Las fases iniciales para concretar el proceso de reciclaje de un plástico requieren de una gestión e identificación del residuo, y es en estas actividades en las que se involucra el comité de plásticos de ASTM International (D20), esta organización, a través de sus estándares aprobados para la utilización eficaz de los plásticos, incluida la preparación de muestras, especificaciones de

materiales y metodologías para pruebas mecánicas, térmicas, ópticas y analíticas, trabaja con diversas partes interesadas para mejorar la reutilización y comercialización de los plásticos.

En la actualidad, señala Hunt, el comité de esta sociedad realiza la supervisión de numerosos estándares como definiciones, especificaciones, nomenclaturas, prácticas recomendadas y métodos de ensayo. Conforme a esta información se especifica que:

...Los estándares comprenden los componentes de los plásticos, los ingredientes de los compuestos y las materias primas, que pueden ser de origen fósil (como el petróleo, gas natural o carbón) o renovables (derivados de la caña de azúcar o del maíz, entre otros). Los estándares también comprenden los productos plásticos terminados, como láminas, varillas, tubos, tuberías, materiales celulares y artículos moldeados o fabricados. Además, apoyan áreas críticas como la preparación de muestras y metodologías para los ensayos mecánicos, térmicos, ópticos y analíticos (Hunt, 2021).

4. Regulaciones gubernamentales, políticas públicas e incentivos para la economía circular

A pesar de la existencia de normas y certificaciones internacionales que brindan certeza en la regulación de los procesos y productos de las empresas como responsables con su entorno, la política pública desempeña un papel esencial para mejorar la transición a una economía circular, por lo que, a medida que los gobiernos y las industrias de todo el mundo avanzan hacia una economía circular, es necesario realizar ajustes a los lineamientos para que, junto a los sectores públicos y la sociedad civil, puedan hacer efectivas las estrategias y las iniciativas en pro del desarrollo sostenible y el cuidado del medio ambiente.

Las políticas públicas establecen las condiciones para que las empresas se ajusten a las metas de desarrollo sostenible que establece cada nación, ellas deben tener la posibilidad de controlar las acciones del sector privado y establecer mecanismos compensatorios cuando estos se ven afectados significativamente. De esta forma, es posible generar recompensas de orden fiscal y con ello permitir la producción de bienes caracterizados como “productos circulares” y el uso de energías renovables.

Estos procedimientos tienen un vínculo privilegiado con los mecanismos que sostienen créditos blandos hacia las inversiones en procesos que enfatizan en las ventajas de la economía circular. Al respecto, debe notarse que en los últimos años han crecido en gran parte de las naciones los fondos privados de promoción.

El XIV Plan Quinquenal (2021-2025) establecido por la República Popular China incluye consideraciones muy importantes en torno a la mejoría de la protección del medio ambiente. Este Plan estableció como meta que, en el 2030, China alcanzará el pico máximo de emisiones de CO₂ y, se propone que, para el 2060, su actividad productiva sea neutral respecto al carbono. Para ello, también se programan elevados volúmenes de financiamiento en favor de la economía verde, utilizando la banca pública y privada y, un estímulo permanente y bajo en la emisión de carbono.

Para el caso de América Latina y con datos del 2021, las inversiones verdes han experimentado un repunte vertiginoso, sin embargo, el desarrollo desigual de estos esfuerzos provoca el temor de que las actuales consecuencias de la pandemia y las crisis climáticas tengan un impacto muy negativo en una región que contiene una gran diversidad, pero ecosistemas altamente vulnerables.

Para dicha región, Brasil, Chile y México emitieron el 85% de bonos verdes, ofreciendo así una gran oportunidad para las inversiones, abarcando el sector agrícola, de energía y transporte, alimentación, bosques y saneamiento (FORBES México, 2021).

Los cambios hacia una economía circular son imprescindibles y presentan importantes desafíos, pero, además, ventajas de orden ambiental, económico y social. Ello permitirá transformaciones que demandarán comportamientos y compromisos de parte de los sectores públicos y privados, y de la sociedad civil.

5. Aplicación práctica de la economía circular: casos de éxito en empresas

Como ya se ha mencionado, las aplicaciones de la economía circular en los distintos procesos productivos de las empresas pueden variar de acuerdo con los avances tecnológicos y de innovación existentes en cada país.

Pueden encontrarse diversos casos sobre la aplicación de la economía circular, tales como Ecoalf: proyecto Upcycling the Oceans, que surge en el 2009; esta empresa persigue elaborar la primera generación de bienes de moda utilizando materiales reciclados que conserven el diseño, calidad y las características de los productos no reciclados.

A partir de la basura marina, se establece un sistema de reciclaje conocido como polimerización y con el hilo obtenido, esta organización empresarial produce distintos tipos de calzados, abrigos y textiles en general. De esta forma, gran parte de los desechos recogidos en el mar se obtiene gran cantidad y variedad de bienes, estableciendo una contribución al desarrollo sostenible mitigando parte de los inconvenientes que amenazan al ambiente. Sus resultados positivos le han llevado a interactuar con multinacionales.

Otro caso de interés es el de S.A Industrias Celulosa Aragonesa (SAICA) que lidera la industria del papel en España, y que ha producido medidas sostenibles para el tratamiento, acondicionamiento y recuperación del papel y cartón ondulado.

Entre los ejemplos destacados que han ofrecido resultados positivos, a partir de la aplicación de la economía circular debe mencionarse la tequilera de Jalisco, que aplica procedimientos basados en la reutilización de residuos y diversas acciones que promueven la sustentabilidad y la protección del ambiente. De esta forma, se consumen toneladas de agave, con el aprovechamiento de las hojas de la planta que no son utilizada en el proceso de producción de tequila.

En la actualidad, este material es comprado por las tequileras a un proveedor que ayuda al aumento de sus cosechas. Ello permite utilizar el residuo y minimizar los costos de producción. Además, provoca que los desperdicios de una materia prima promuevan una economía de nuevas características.

Otro caso empresarial de éxito es el de la empresa Ewar S.A. que genera madera plástica o biosintética, con grandes ventajas comparado con la madera natural, la cual es realizada a partir del reciclado del polietileno, polipropileno y cáscara de arroz, y de la empresa Arqlite, que permite la producción de piedras plásticas, evitando la explotación de canteras de canto rosado. La empresa da un tratamiento de plásticos de todo tipo, permitiendo la construcción de estructuras livianas, con aislamiento térmico y de alta resistencia (ECOPLAS, 2019).

6. Exportaciones e importaciones de residuos

Durante casi cuatro décadas, China fue considerada “el gran basurero del mundo”, ya que importaba desde distintos lugares, desechos para su reciclaje.

Sin embargo, en 2017, China fue prohibiendo esta actividad, a través de la “Operación Espada Nacional” con la que “solo aceptaría basura bien ordenada y que no tuviera más del 0.5% de desperdicios que no deberían estar en los enviados” (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile , 2018)

Fueron varias razones las que llevaron a China a deslindarse del papel de receptor de residuos. A partir de inicios del 2021, la República Popular China solo permitió materiales previamente reciclados en el exterior. Por ejemplo, desde ese entonces admitió la pulpa de papel, pero no los residuos de ese material.

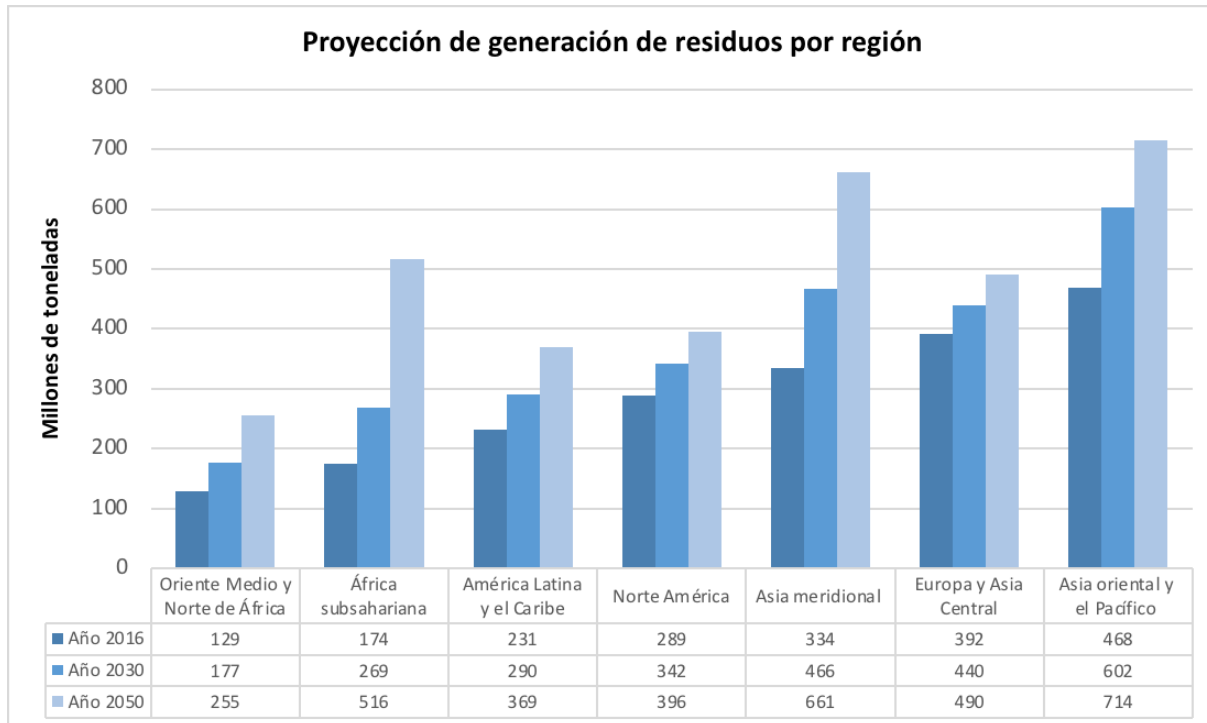
Por otra parte, con su economía fortalecida, China, en la actualidad se dedica al tratamiento de sus propios desechos con el interés de mejorar la protección del ambiente y la salud de su población.

Además, otros países han reemplazado a China, como importadores de residuos y surgen como alternativas para ello.

Sin embargo, este proceso muestra algunos problemas al manejar grandes cantidades de desechos, que frecuentemente acaban en vertederos gigantes y fuera de control, por lo que han tenido que adecuar sus políticas y en relación con el medio ambiente, que incluyan opciones de reciclaje (León, 2021).

Además de conocer los principales países que reciben los residuos generados a nivel mundial, es importante conocer cuáles son los países que generan mayor cantidad de residuos en el mundo, siendo una política habitual que aquellos con mayor poder económico y político-militar “exporten” la basura hacia regiones del mundo con menores recursos o capacidad de negociación.

En la siguiente gráfica se muestra la proyección de generación de residuos por región, abarcando el 2016 y proyecciones para el 2030 y 2050.



Fuente: Elaboración propia con datos de Industrial Analytics Platform (Consultado en 2022).
<https://iap.unido.org>

Por otro lado, se puede ver el caso de Suecia, que apunta a ser una sociedad de cero residuos. La basura es separada para producir recursos energéticos en favor de la utilización, especialmente de electricidad, en áreas familiares.

Asociado a este proceso, existe en este país una legislación que obliga a los productores a recolectar y reciclar sus productos, tal como sucede, por ejemplo, en el caso de las compañías productoras de bebidas con relación a la recuperación de las botellas.

Además, han impulsado el uso de biogás ecológico a través de desechos de alimentos.

7. Engaños sobre la Responsabilidad Social Empresarial

En un estudio realizado por The World Economic Forum acerca de la economía del plástico integra el análisis realizado por la Fundación Ellen McArthur, en el que se aborda el ciclo de los envases de plástico, se apunta lo siguiente:

- “El 72% de los envases de plástico no se recuperan. Aproximadamente el 32% “se pierde” y acaba abandonado en el medio natural, incluyendo el visible problema de los plásticos en los océanos.
- Un 14% se elimina en incineración, una parte indeterminada de esta cantidad con recuperación de energía.
- Otro 14% se recoge para su reciclaje.

- De este 14%, un 4% se pierde durante los propios procesos de reciclaje (no puede ser aprovechado y acaba eliminado o sale ardiendo), un 8% se recicla en aplicaciones de menor valor a la original y sólo un 2% se recicla en plásticos similares a los originales” (Vizcaíno, 2017)

La economía circular presenta limitaciones frente al reciclado de ciertos productos como es el caso de los plásticos. En particular, las empresas refresqueras que consideran esta tendencia como positiva, sin embargo, en la práctica es una de las actividades que producen una gran contaminación dado que sólo se recicla el 2% de los envases.

Sobre ello, ha llegado a considerarse que:

“El problema es que cada vez producimos más envases de plástico. Y la economía circular no es capaz de proveernos de estos envases. Bueno, sí, del 2% de ellos. Si, como también estima la fundación creada por Ellen MacArthur, el consumo de plástico pasa de 311 millones de toneladas en 2014 a 1.124 en 2050, la necesidad de recursos crecerá, pese a la economía circular, en una proporción nada despreciable.” (Ibídem).

Las categorías aquí retomadas: desarrollo sostenible, economía verde, economía circular entre otras, se han desarrollado a través del pensamiento y la acción de un colectivo de extraordinario valor que se desempeña entre las diversas comunidades, en esferas directivas del sector público y privados y en el ámbito académico se enfrentan a un temible enemigo.

A pesar de enérgicas legislaciones, con sus limitaciones ya advertidas, las condenas severas y la fiscalización adicional de la sociedad civil, las corrupciones asociadas a la búsqueda ilimitada de rentabilidad se han constituido en determinantes para retrasar la generalización de la economía circular como herramienta esencial para contener el cambio climático.

Un ejemplo sobre este manejo inescrupuloso se verifica en las muchas veces publicitadas actividades de reciclaje.

Ha sido generalizado e inclusive promovido mediante sanciones, que la sociedad diferencie y ubique en sus distintos recipientes los desechos utilizados según su naturaleza, algunos de esos esfuerzos han arrojado resultados favorables cuando se refiere a productos susceptibles de ser reciclados sin mayor dificultad (papel, vidrio, etc.).

Sin embargo, las restricciones que muestran el reciclaje del plástico están agravadas por el incesante y creciente uso de este material en sus múltiples presentaciones que agudizan la dificultad para su procesamiento. Se estima en miles la cantidad de tipos de resinas plásticas que demandan para un reciclado adecuado y que suponen una cantidad compleja y numerosa de reciclados diferentes y de diversos grados de dificultad y costos para su transformación.

Por tal razón se considera que en los países de mayor nivel de desarrollo menos de la mitad se recogen para su transformación, mientras más del 50% acaban en el ambiente sin ningún tratamiento. Los factores más relevantes que inciden para la contaminación de mares y ríos en niveles críticos son: a) elevados costos del reciclado respecto a los que se derivan de la adquisición de ese insumo, b) la falta de una firme legislación respecto a la RSE, c) el frecuente engaño a la

sociedad anunciando productos supuestamente presentados con empaques reciclables y, d) la exportación de esa basura a países de menor grado de desarrollo.

En particular, uno de los problemas más importantes que vivimos respecto al cuidado del medio ambiente y del correcto tratamiento de los residuos, está relacionado con el deficiente manejo de los plásticos, ya que, de forma generalizada distintas empresas han vendido la idea que todo el plástico que generan será reutilizado, lo cual no se verifica.

Como es conocido, la creciente producción, uso y mal tratamiento de los plásticos amenaza con la contaminación de los mares, y que afectan los ecosistemas acuáticos y la supervivencia de las especies que los habitan. Además, la basura acumulada en playas y ríos afecta directamente al sector turístico, implicando grandes esfuerzos y recursos económicos en labores de limpieza.

El proceso lento de degradación de los plásticos, lo caracteriza en un principal enemigo para los mares y océanos. Además, se suma que muchos de los plásticos que se utilizan son considerados envases de un solo uso.

A su vez, dentro de estos plásticos, pueden encontrarse fragmentos inferiores a 5 mm, los cuales son llamados micro plásticos, representando particularmente perjudiciales para el ambiente.

Estudios realizados han demostrado que animales marinos ingieren estos desechos, lo que ha provocado bloqueos gastrointestinales y alteraciones en sus patrones de alimentación. Este problema trasciende a los seres humanos a través de las cadenas alimentarias con consecuencias a la salud humana (Greenpeace., s.f.).

La aplicación de la economía circular en el caso del plástico, y de muchos otros productos, resulta de gran importancia, ya que pretende reducir su producción y el uso innecesarios de los mismos, sugiriendo el uso de productos reusables, reciclables y compostables. Siendo la sustitución del material por otros con menor impacto ambiental y que puedan ser recirculados, como una alternativa para disminuir el impacto que causan con el medio ambiente (WWF. Fondo Mundial para la Naturaleza, 2022)

Muchas empresas han intentado incorporar opciones más responsables en torno al uso del plástico, utilizando opciones calificadas como “bioplástico”, sin embargo, este término es ambiguo y su uso carece de regulación, lo cual permite que empresas a nivel mundial, lo utilicen como una etiqueta o una marca de sostenibilidad, cuando en muchos casos realmente no lo es.

“Algunas empresas intentan vender los llamados bio-plásticos como un material inocuo, más beneficioso para el planeta y las personas, el ciclo de vida de estos productos está repleto de impactos severos sobre el medio ambiente, la salud y los derechos humanos. La falta de investigación sobre los efectos asociados al uso y consumo de estos materiales esconde una realidad marcada por la sobreexplotación de recursos naturales, abusos de personas y comunidades, contaminación y agotamiento de suelos y agua y otros muchos impactos, implicando más daños al planeta” (Amigos de la Tierra , 2021).

La Responsabilidad Social Corporativa y Empresarial ha intentado ser incorporada a distintos procesos y actividades de las empresas, haciendo uso de las normas o certificaciones que avalen dichos procesos y puedan brindar aparentemente mayor certeza al consumidor final.

Sin embargo, las compañías como las personas están condicionadas por los sistemas y sus conveniencias a nivel individual, por lo que existen varios casos que, a pesar de incluir la responsabilidad social corporativa en sus procesos, se han visto en escándalos donde se ha revelado la verdad tras este proceso.

Algunos de los casos más conocidos donde se evidencian los engaños que las empresas han llevado a cabo respecto a la Responsabilidad Social Empresarial y Corporativa se encuentra el caso de la empresa Volkswagen, la cual, en el 2015, se dio a conocer que había violado las normas de anticontaminación de Estados Unidos de América, que han afectado, en forma inmediata, a su reputación como una de las empresas responsables con el ambiente (Barnés, 2016).

8. Conclusiones

La Agenda 2030 de la ONU es un objetivo común de la mayoría de nuestras sociedades. Sin embargo, esta preocupación se manifiesta de diversas formas según las urgencias de los distintos actores, el impacto de los efectos relacionados con las manifestaciones del cambio climático y el conocimiento de los acontecimientos que provocan los daños.

Es frecuente encontrar respuestas que se desenvuelven más a través de la zona de confort de las que se auto perciben como protegiendo el ambiente, que a una actividad sistemática y coherente en esa dirección.

También existen procesos legislativos que varían según la conveniencia que involucra a sectores empresariales o a circunstancias geopolíticas como las que se aprecian en la actualidad que significan un grave retroceso a lo originalmente trazado por Europa respecto al uso del carbón y de los biocombustibles. Aunque algunos países están implementando en forma imperfecta la economía circular, es evidentemente lejana la posibilidad de cumplir con los postulados deseables para el 2030.

Adicionalmente, aspectos como el uso ilimitado de plásticos no sólo en las cadenas de producción, sino y especialmente en la distribución de mercancías. También es común la adulteración de los compromisos con la economía circular, estableciendo medidas irresponsables y ajenas a la realidad de parte de algunas empresas que se presentan comprometidas con los procesos de reciclaje.

Es innegable que los problemas ambientales como la reducción de la biodiversidad, el agotamiento del agua y el suelo y las desigualdades sociales se ven reflejados en la calidad de vida de los pueblos y naciones; por lo que se ha vuelto indispensable la incorporación de la economía verde para mantener en uso productos y materiales, y restaurar los sistemas naturales.

Es por esto que, el desarrollo implica la protección del mismo, en paralelo con la generación de los recursos naturales y de los medios necesarios para satisfacer las necesidades básicas en el presente y en el largo plazo, se entrelaza con la sostenibilidad empresarial, como una inversión estratégica dando lugar a la Responsabilidad Social Corporativa y Empresarial, haciendo uso de certificaciones que la avalen y brinden mayor certeza al consumidor final.

A nivel global, el consumo y la producción sostenible y responsable contribuye de en forma significativa a la disminución de la pobreza y al cambio hacia economías verdes y economías circulares y con bajas emisiones de carbono.

Actualmente China, India y algunos países de Europa son líderes mundiales en el desarrollo de economías verdes y en una transición hacia la circularidad, influyendo en el resto del mundo con programas de reforestación contribuyendo a contener el exceso del CO₂ y contrarrestar los efectos del cambio climático.

La transición a sistemas de producción y consumo responsables es un camino largo, pero que las mismas características medioambientales y sociales actuales exigen un actuar inmediato para minimizar los daños existentes.

La problemática ambiental demanda una enérgica búsqueda de alternativas éticas y responsables en los distintos ámbitos que caracterizan a la vida social de las naciones. Conceptos como desarrollo sostenible y sustentable, economía circular y economía verde han surgido como parte de las alternativas para el cuidado del ambiente, de las personas y del incentivo al retorno de los sistemas tradicionales.

El éxito de la transición demanda del compromiso público y privado y de la sociedad civil en general para la implementación y el apoyo de ésta hacia los constructores de una economía verde a partir de la banca oficial y comercial.

Referencias

- [1] Amigos de la Tierra. (junio de 2021). *Bio-Fake. El engaño de los bio-plásticos*. Obtenido de <https://www.tierra.org/wp-content/uploads/2021/06/biofakes-bioplasticos.pdf>
- [2] Agenda 2030 en América Latina y el Caribe. Plataforma regional de conocimiento. (s.f) Acerca de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. <https://agenda2030lac.org/es/acerca-de-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible>
- [3] Albaladejo, M., Mirazo, P., Franco, L. (26 de marzo de 2021) La economía circular: un modelo económico que lleva al crecimiento y al empleo sin comprometer el medio ambiente. Noticias ONU. <https://news.un.org/es/story/2021/03/1490082>
- [4] Alcubilla, L. (octubre de 2015). *De la economía lineal a la circular: un cambio necesario*. Obtenido de El país : https://elpais.com/elpais/2015/10/30/alterconsumismo/1446190260_144619.html
- [5] Banco Mundial Group. (2018). *What a Waste 2.0 : A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. Washington, DC: Banco Mundial.
- [6] Barnés, H. (19 de abril de 2016). *El truco para ganar dinero de las empresas mientras afirman hacer lo contrario*. Obtenido de https://www.elconfidencial.com/alma-corazon-vida/2016-04-19/caso-volkswagen-truco-ganar-dinero-empresas-afirman-hacer-contrario-desvela-sobre-comportamiento-etico-empresas_1181904/
- [7] Biblioteca del Congreso Nacional de Chile . (2018). *El sistema de reciclaje en China que potencia el rol de los gestores de residuos*. Obtenido de Observatorio Parlamentario.: <https://www.bcn.cl/observatorio/asiapacifico/noticias/sistema-reciclaje-china-gestores-r>
- [8] CEPAL, Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (s.f.). *Hacia una agenda regional de desarrollo social inclusivo: bases y propuesta inicial*. cepal. Obtenido de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/44019/4/S1800662_es.pdf
- [9] Ecocircular de Economía Circular. (26 de noviembre de 2019) Siete casos de éxito de la economía circular. <https://eco-circular.com/2019/11/26/siete-casos-de-exito-de-la-economia-circular/>
- [10] ECOPLAS. (junio de 2019). *El plástico protege el medio ambiente*. Obtenido de Economía circular una oportunidad para los plásticos: <https://ecoplas.org.ar/2016/wp->

- content/uploads/2019/06/Publicaci%C3%B3n-N%C2%B051-de-Ecoplas- Econom%C3%ADa-Circular-de-los-pl%C3%A1stic
- [11] Estévez, R. (09 de noviembre de 2018) La economía circular en China: introducción. <https://www.ecointeligencia.com/2018/11/economia-circular-china-1/>
- [12] FORBES México. (04 de junio de 2021). *Inversión verde en Latinoamérica como plan de supervivencia*. Obtenido de <https://www.forbes.com.mx/inversion-verde-crece-en-latinoamerica-como-plan-de-supervivencia/>
- [13] Forética (s.f.) SGE21 Sistema de Gestión Ética y Socialmente Responsable. Obtenido de: <https://foretica.org/sge21/>
- [14] Greenpeace. (s.f.). *Plásticos*. Obtenido de <https://es.greenpeace.org/es/trabajamos-en/consumismo/plasticos/>
- [15] Hunt, K. (2021). *Los plásticos y la economía circular*. Obtenido de ASTM International: https://sn.astm.org/spanish/?q=features%2Flos-pl%C3%A1sticos-y-la-econom%C3%ADa-circular-mj21.html&fbclid=IwAR1yG9b9F_rfmUJEzOa8HacxGLqUccYxa5WYKRZqo5TYGwoQfBznbnoPDFs
- [16] ISOTools . (s.f.). *Plataforma Tecnológica para la Gestión de la Excelencia*. Obtenido de Sistemas de Gestión de Responsabilidad Social. ISO26000: [https://www.isotools.org/normas/responsabilidad-social/iso-26000/#:~:text=La%20ISO%2026000%20es%20una,de%20la%](https://www.isotools.org/normas/responsabilidad-social/iso-26000/#:~:text=La%20ISO%2026000%20es%20una,de%20la%20)
- [17] ISOTools Excellence. *Plataforma Tecnológica para la Gestión de la Excelencia*. (s.f.) Sistemas de Gestión de Responsabilidad Social. ISO 14001 <https://www.isotools.org/normas/medio-ambiente/iso-14001>
- [18] ISO 26000: Ámbitos de actuación de la RSC. (2022). Obtenido de ISO Tools. : <https://www.isotools.com.mx/iso26000-rsc-mexico/#:~:text=La%20Responsabilidad%20Social%20Corporativa%20tambi%C3%A9n,la%20gesti%C3%B3n%20de%20la%20organizaci%C3%B3n>
- [19] León, M. (febrero de 2021). *China no quiere ser más el basurero del mundo ¿qué país aceptará los desechos de Europa y EE.UU?* Obtenido de <https://www.cambio16.com/china-no-quiere-ser-el-basurero-del-mundo-a-donde-iran-los-desechos/>
- [20] Naciones Unidas y CEPAL. (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Una oportunidad para América Latina y el Caribe*. Naciones Unidas, Santiago.
- [21] ONU. (septiembre de 2015). *La Asamblea General adopta la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. Obtenido de Objetivos de Desarrollo Sostenible: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/>
- [22] ONU. (2002). *Declaración de Johannesburgo sobre el Desarrollo Sostenible*. Obtenido de Departamento de Asuntos Económicos y Sociales. https://www.un.org/spanish/esa/sustdev/WSSDsp_PD.htm
- [23] ONU. (s.f.). *Objetivo 11: Lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles*. Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/cities/>
- [24] ONU, CEPAL. (octubre de 2020). *Construir un nuevo futuro. Una recuperación transformadora con igualdad y sostenibilidad*. Obtenido de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/46227/1/S2000699_es.pdf
- [25] PNUMA. (2012). *Economía Verde en el contexto del desarrollo sostenible y erradicación de la pobreza: Una perspectiva desde América Latina y el Caribe*. Obtenido de Programa para el Medio Ambiente: <http://www.pnuma.org/forodeministros/18-ecuador/Reunion%20Expertos/Informe%20Economia%20Verde/ESPANOL%20Economia%20Verde%2016%20DEC%202011.pdf>
- [26] Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (s.f.) *Voces del Istmo*. Recuperado de: <https://www.undp.org/es/mexico/projects/voces-del-istmo>

- [27] Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (s.f) Economía verde. <https://www.unep.org/es/regiones/america-latina-y-el-caribe/iniciativas-regionales/promoviendo-la-eficiencia-de-recursos-1>
- [28] Rodríguez, O. (13 de febrero de 2019). *China e India están ayudando a que el mundo tenga más plantas y zonas verdes*. Obtenido de https://www.elconfidencial.com/tecnologia/ciencia/2019-02-13/china-india-llenen-bosques-arboles-zonas-verdes_1822510/
- [29] Romero, L., (29 de marzo de 2022) *Industria Tequilera, un caso de éxito de la economía circular*. <https://www.uag.mx/es/mediaHub/industria-tequilera-caso-de-exito-de-la-economia-circular#:~:text=Una%20de%20las%20industrias%20que,dio%20a%20conocer%20el%20Dr>
- [30] Shumilova, D., Riff, R., Cambio en el paradigma de la producción. <https://www.unido.org/cambio-en-el-paradigma-de-la-produccion>
- [31] Stahel, W. R. (1982). *Product-Life Factor*. Recuperado de: <http://www.product-life.org/en/major-publications/the-product-life-factor>.
- [32] Tórtola, C., Alfaraz, N. (marzo 2022) La financiación verde en la política medioambiental china.
- [33] UN GLOBAL COMPACT . (s.f.). *Las empresas mexicanas por agenda 2030 en la década de acción*. Obtenido de Red México: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/654378/ODS_reporte_Sector_Privado_MX_final-comprimido.pdf
- [34] UNDP. (27 de octubre de 2020). *Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. UNDP. Las consultas indígenas desde la voz de quienes participan*. Obtenido de Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. UNDP. (27 de octubre de 2020) Las consultas indígenas desde la voz de quienes participan. <https://www.undp.org/es/mexico/blog/las-consultas-ind%C3%ADgenas-desde-la-voz-de-quienes-participan>
- [35] Vizcaíno, L. A. (2017). *Economía circular de los envases de plástico*. Obtenido de https://www.productordesostenibilidad.es/2017/02/economia-circular-de-los-envases-de-plastico/?fbclid=IwAR3lToLwTDJ6K2y_nzquNwD8_xtP0yPgR6z_rbeG8u5NG0AY9UujRHZ3rdY
- [36] WWF. Fondo Mundial para la Naturaleza. (14 de abril de 2022). *¿En qué consiste la economía circular del plástico?* Obtenido de 15. Fondo Mundial para la Naturaleza. WWF. (14 de abril de 2022) ¿En qué consiste la economía circular del plástico?. Recuperado de: https://www.wwf.org.mx/noticias/noticias_wwf_en_general/?uNewsID
- [37] Yanez, A. (16 de enero de 2021). Suecia recicla tanto que se ha quedado sin basura. Viajero Peligro. <https://viajeropeligro.com/2021/01/16/reciclar-suecia-plantas/?fbclid=IwAR3n82e4TrwZTwQtKAU2SsTxkWm6E9csmHvLpQHJJe468u1W-jSeflDRL0>

La diversificación económica de los pescadores de pequeña escala y sus contribuciones en los objetivos de la Agenda 2030

Miguel Humberto Armenta Cisneros - Universidad Autónoma de Baja California Sur, México

Miguel Ángel Ojeda Ruiz de la Peña - Universidad Autónoma de Baja California Sur, México

Elvia Aída Marín Monroy¹ - Universidad Autónoma de Baja California Sur, México

Víctor Hernández Trejo - Universidad Autónoma de Baja California Sur, México

Resumen

La pesca de pequeña escala es relevante. Sin embargo, aspectos como la sobrepesca, el crecimiento de la población humana, el estado de los stocks, influyen en la adopción de estrategias de diversificación económica por los pescadores. Este artículo investiga cómo evoluciona este proceso, identificando éxitos y desafíos, y sus contribuciones en los ODS de la Agenda 2030. Se realizó una revisión de alcance y análisis crítico de publicaciones del 2017 al 2022. Se encontró que el proceso de diversificación se gesta a nivel mundial, independientemente de las disimilitudes entre flotas. La diversificación muestra dos vías principales de evolución: en las actividades pesqueras y en actividades no pesqueras de acuerdo al patrimonio de cada región, destacando actividades turísticas, servicios de transporte, alimentos y acuicultura. La política pública, la capacitación y la integración del conocimiento académico se identifican como elementos de éxito, mientras que el control del mercado por mayoristas, sistemas de cuotas y una débil gobernanza destacan como desafíos. Se reconocen aportes importantes en seguridad alimentaria, reducción de pobreza y empleos dignos. No hay evidencia concluyente de sus impactos en ecosistemas sanos.

Clasificación JEL: Q22.

Palabras clave: Seguridad alimentaria, pobreza, vulnerabilidad, adaptación, medios de vida.

The economic diversification of small-scale fishers and their contributions to the goals of the 2030 Agenda

Abstract

Small-scale fishing is relevant. However, aspects such as overfishing, the human population growth, the state of the fishing stocks, influence the adoption of economic diversification strategies by fishers. This article investigates how this process evolves, identifying successes and challenges, and its contributions to the SDGs of the 2030 Agenda. A scope review and critical analysis of publications from 2017 to 2022 was carried out. It was found that the diversification process takes place worldwide, regardless of the differences between fleets. Diversification shows two main paths of evolution: in fishing activities and in non-fishing activities according to the heritage of each region, highlighting tourist activities, transportation services, food and aquaculture. Public policy, training and the integration of academic knowledge are identified as elements of success, while market control by wholesalers, quota systems and a weak governance stand out as challenges. Important contributions to food security, poverty reduction and decent jobs are recognized. There is no conclusive evidence of its impacts on healthy ecosystems.

JEL Classification: Q22.

Keywords: Food security, poverty, vulnerability, adaptation, livelihoods.

¹ Autor de correspondencia. Departamento de Ingeniería en Pesquerías, Universidad Autónoma de Baja California Sur. Email: emarin@uabcs.mx

*Sin fuente de financiamiento para el desarrollo de la investigación



1. Introducción

La pesca es una actividad económica fundamental en el desarrollo de zonas costeras, relevante para la seguridad alimentaria, reducción de la pobreza y como fuente de empleo y medios de sustento para más de 58.5 millones de personas en el mundo, principalmente en las pesquerías de pequeña escala; considerando los trabajadores del sector secundario y de subsistencia, y de los familiares a su cargo, se estima que unos 600 millones de personas dependen, al menos parcialmente, de la pesca y la acuicultura; además en términos nutricionales se estima que 1,390 millones de personas dependen del consumo de pescado que capturan (19% de la población mundial) y se vuelven vulnerables a deficiencias de micronutrientes como vitamina B12 y ácidos grasos omega-3 DHA, debido a que los productos de la pesca y acuicultura representan más del 20% de su consumo de alimentos (UN, 2015; FAO, 2016; Golden et al., 2016; FAO, 2022).

A pesar de ser un concepto en construcción, que muestra diferencias en su estructura a nivel mundial, la pesca de pequeña escala (PPE) se distingue de la pesca industrial (PI) por desarrollarse en embarcaciones de eslora menor a 15 metros y capacidad de almacenamiento que no sobrepasa las 10 toneladas, que operan en las zonas costeras, ríos y lagos, utilizando métodos y artes de pesca de poco tecnificadas a de fabricación artesanal. Esto compone una categoría amplia de flotas que incrementa su relevancia en la agenda de la política pesquera global, lo que se manifiesta en miles de estudios al año sobre diversas temáticas, principalmente argumentando su rol en asegurar acceso a alimentos, ingresos y medios de vida a cientos de millones de personas en todo el mundo, temas especialmente relevantes frente a los retos de la Agenda 2030; lo que demanda sin dudas un análisis profundo de sus retos, procesos de adaptación, su marco normativo y política pública (Béné et al., 2015; FAO; 2020).

Se estima que la PPE aporta la mitad de las capturas a nivel mundial, dando ocupación a más del 90% de los 58.5 millones de personas empleadas en el sector primario en actividades de captura. Actividad económica que genera impactos ecológicos y económicos en el medio ambiente y la sociedad. Entre los positivos destacan que el 25% de su producción se destina a alimentación de los pescadores, incluso como complemento de sus animales de engorda; que aporta más del 60% de la producción mundial que se destina al consumo humano directo, y si bien se considera que la actividad es menos dañina por las propias limitantes de operación de las flotas, entre los impactos negativos destaca su contribución en la pesca ilegal, no declarada y no reglamentada (INDNR), una de las principales causas de la sobrepesca en todo el mundo, lo que se relaciona con diversas situaciones, desde la falta de acceso a oficinas, brecha digital, hasta la falta de comprensión de la importancia y el uso que se da a estos reportes para decisiones de manejo (Teh y Pauly, 2017; FAO, 2018; Song et al., 2021; FAO, 2022).

En general, las pesquerías de pequeña escala se caracterizan por una baja capitalización, una gestión intensiva en mano de obra, y un poder relativamente pequeño sobre la comercialización de sus capturas. Utilizan múltiples tipos de artes para apuntar a múltiples especies, implementan estrategias de subsistencia diversas y flexibles y adaptan sus objetivos disponibilidad estacional de los recursos (Allison y Ellis, 2001). Por su parte, los pescadores de pequeña escala son en su mayoría tradicionales o artesanales que suelen agruparse en empresas privadas y organizaciones sociales,

estimándose que el 97% de ellos se encuentra en países en desarrollo (Badalamenti et al., 2000; Pikitch et al., 2004; Folke, 2006; Arreguín-Sánchez, 2006; Ojeda-Ruiz, 2012; Béné et al., 2015; Marín-Monroy y Ojeda-Ruiz, 2016; FAO; 2020).

A nivel global, expertos coinciden en que un alto porcentaje de las pesquerías están en crisis, desde hace más de veinte años se experimentan procesos de sobrepesca, deterioro ambiental, presión social, ineficiencias, pesca ilegal no declarada y no reglamentada (INDNR) y contaminación, que se agravan a consecuencia de procesos como del cambio climático, la acidificación de los océanos y la eutrofización que en sinergia comprometen la sustentabilidad de la actividad, y con ello el bienestar de muchas comunidades con alta dependencia a la pesca y vulnerables en el mundo (Morzaria-Luna et al., 2014; Colburn et al., 2016; FAO, 2020; Armenta-Cisneros et al., 2021; Amadu et al., 2021; EDF, 2021; Prospero et al., 2022). A todo lo anterior, deben agregarse los efectos del COVID-19, en muchos casos aún en análisis (Bennett et al., 2020; COBI, 2021); por todas estas razones, es que las actividades pesqueras deben ampliarse apuntando a la innovación y la diversificación (Kyvelou et al., 2020).

Si bien la PPE genera menos impactos que la pesca industrial y la acuicultura, cada vez más se encuentra más comprimida por estos sectores de mayor escala, que atienden a los compradores mundiales de productos del mar (Cohen et al., 2019). Entre los principales retos que la PPE enfrenta destacan: presiones sobre los ingresos que genera, aumento de los costos de producción, precios volátiles de los insumos de la actividad (en especial del combustible), cambios en la disponibilidad del recurso objetivo, competencia de espacio con otros sectores de la economía, el crecimiento de las zonas de no pesca y degradación del hábitat marino. La combinación de estas presiones conduce a los pescadores a adoptar un modelo de actividad “post productivista” e incorporar en sus agendas alternativas que les permitan diversificar sus fuentes de ingreso, reduciendo con ello su dependencia de ciertos recursos pesqueros, e incluso en la propia actividad pesquera (Allison y Ellis, 2001; Finkbeiner, 2015; Prospero et al., 2019; Cohen et al., 2019).

Ellis y Allison (2004) señalan que la diversificación de los medios de vida es una estrategia de lucha de la población rural por mejorar sus condiciones de vida. Sin embargo, el proceso de diversificación desafía ideas convencionales sobre la reducción de la pobreza en áreas rurales y pone en entredicho políticas públicas que a menudo se caracterizan por una mala gobernanza local, así como de barreras tales como tarifas, multas, permisos, sobornos y licencias. En sus conclusiones sostienen que, si la diversificación emplea los recursos de capital y activo de los usuarios, y se orienta hacia actividades que utilicen recursos naturales de forma responsable, lo que genera medios sostenibles de sustento.

Diversos autores coinciden en que la diversificación de los pescadores es un proceso en gestación, que se está integrando en los objetivos primordiales de las iniciativas de pesca y el uso de la zona costera por diferentes organizaciones, ya que brinda beneficios tanto a la sociedad como al ecosistema (Brugère et al., 2008; Alden, 2011; Prospero et al., 2020; Amadu et al., 2021). Kronen, (2010) destaca que las comunidades exploran y desarrollan actividades económicas alternativas para diversificarse, y esto ocurre, si éstas son factibles, utilizando o no sus activos de capital, sin abandonar la pesca. Entre los beneficios sociales de la diversificación sobresalen una mayor seguridad económica y consecuentemente menor vulnerabilidad, mejora su calidad de vida, reduce el tiempo que pasan a bordo de embarcaciones, lo que lleva a modificaciones del esfuerzo pesquero

que puede contribuir en la salud de las poblaciones, y fomenta el interés de la comunidad por la pesca sostenible (Kasperski y Holland, 2013; McClenachan et al., 2014; Miret-Pastor, 2015).

Considerando los párrafos anteriores, en especial la relevancia del proceso, el presente documento desarrolla una revisión de alcance de la literatura académica publicada de 2017 a 2022, con el propósito de investigar cómo evoluciona la diversificación económica de los pescadores de pequeña escala en el mundo, las actividades en uso en diferentes geografías del planeta y los desafíos que deben superar; también busca determinar cómo se asocian sus contribuciones a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030: 1) Fin de la pobreza, 2) Cero hambre 8) Trabajo decente y crecimiento económico, y 14) Vida Submarina.

Para orientar el esfuerzo académico de revisión, selección, análisis y síntesis del presente trabajo planteamos las siguientes preguntas de investigación: ¿continúa el proceso de diversificación económica de los pescadores de pequeña escala?, ¿es éste exclusivo de países en vías de desarrollo?, ¿las actividades adoptadas en el quehacer de los pescadores son sólo en el ámbito de la actividad de pesca o incluyen otros sectores de la economía?, ¿cuáles son las actividades en uso en los últimos años?, ¿qué impactos y limitaciones tienen para su desarrollo?, ¿cómo contribuye la diversificación en la vida del pescador?, y ¿cómo contribuye la diversificación en los Objetivos de Desarrollo Sostenible?.

2. Materiales y Métodos

Con el propósito de analizar la evolución reciente del proceso de diversificación económica de pescadores de pequeña escala a nivel mundial, y la relación que tiene con objetivos de la Agenda 2030 se realizó una revisión bibliográfica de alcance (Pham et al., 2014; Colquhoun et al., 2014; Munn, et al., 2018). De acuerdo con Colquhoun et al. (2014), una revisión de alcance es “una forma de síntesis del conocimiento que aborda una pregunta de investigación exploratoria destinada a mapear conceptos clave, tipos de evidencia y lagunas en la investigación relacionada con un área o campo definido mediante la búsqueda, selección y síntesis sistemáticas del conocimiento existente”, tiene el objetivo de informar la práctica, evolución, retos, impactos y las políticas, con ello proporcionar orientación para futuras prioridades de investigación (Arksey y O'Malley, 2005). Dichas revisiones también pueden ayudar a los usuarios del conocimiento a trabajar de manera más eficiente para tomar decisiones basadas en evidencia. Para tal efecto se diseñaron y utilizaron cadenas de búsqueda que parten de los términos generalmente acotados de acuerdo con organismos internacionales como la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (conocida por sus siglas en Inglés (FAO) y la Organización de las Naciones Unidas (ONU). Se realizó un procedimiento de búsqueda sistemática de bibliográfica en SCOPUS, (selección principal) en 2022, incluyendo los documentos publicados de 2017 a 2022, utilizando las cadenas de búsqueda (a) "diversificación económica de pescadores de pequeña escala" "medios alternativos de vida"; las anteriores relacionadas "y" con los siguientes ODS: 1) "fin de la pobreza" 2) "cero hambre" 8) "trabajo decente" "crecimiento económico", 14) "vida submarina".

La revisión arrojó en primera instancia un total de 4,755 títulos en la búsqueda de diversificación económica de los pescadores de pequeña escala, incluidos artículos científicos,

revisiones, libros, capítulos de libros y tesis (especialmente de posgrado). De estos, un primer nivel de selección fue concentrarse en aquellos documentos científicos resultantes de un proceso de revisión de pares, orientando el esfuerzo de revisión en publicaciones de revistas científicas, resultando en 2,639 artículos científicos. Para su evaluación se revisaron títulos y resúmenes, considerando el nivel de citas como un indicador relevante del impacto/uso en la selección de documentos. Lo anterior dio como resultado un conglomerado de 120 documentos de al menos una cita, sin que en ello tuviera impacto alguno en la selección nombre(s) autor (es), institución (es), editorial, revista, acceso de la revista, país o región del mundo en estudio, tipo de acceso a la publicación. De acuerdo con las temáticas de análisis, se realizó durante febrero a abril de 2022 una revisión crítica de títulos y resúmenes basada en el juicio de los autores de la que resultaron seleccionados 35 estudios que se descargaron y leyeron a profundidad, y son el principal soporte al presente estudio. Esta selección final se realizó sobre artículos que documentan experiencias, no se consideraron planteamientos exclusivamente empíricos. Como criterio de impacto que tuvieran al menos 5 citas, excepto las publicaciones del último año (2021-2022) para las que se mantuvo al menos una cita. De esta forma los documentos tienen un rango de 1 a 717 citas. Para el desarrollo del documento los documentos seleccionados fueron integrados en carpetas de acuerdo a sus aportaciones a las preguntas de investigación planteadas, incluyendo los factores limitantes, y los impactos en la mejora de calidad de vida de los pescadores.

3. Resultados

3.1. Resumen de los esquemas de diversificación económica de pescadores de acuerdo a los artículos seleccionados

Los esquemas de diversificación de los pescadores de pequeña escala son muy diversos y se relacionan con las oportunidades que les proporciona el patrimonio cultural, histórico y ambiental que los rodea, así como el desarrollo económico de su región. Sin embargo, estos se desarrollan en dos líneas principales de actuación: 1) en actividades de pesca y 2) en actividades diferentes a la pesca (Finkbeiner, 2015; Ojeda-Ruiz et al., 2019; Armenta-Cisneros 2021; González-Mon et al., 2022). Con el propósito de documentar este tema con experiencias recientes a nivel global, se elaboró la tabla 1 que sintetiza los principales hallazgos.

Tabla 1. Resumen de las estrategias de diversificación económica de pescadores de pequeña escala en uso, de acuerdo a la revisión de alcance realizada.

Estrategias de diversificación no pesqueras		
Tipo	Descripción general	Referencias
Diversificación de la pesca con enfoque socioecológico, de uso del entorno	Parten de reorganizar la pesca, sus procesos y la comercialización, inclusive incorporar actividades no pesqueras, para en conjunto mejorar la economía del pescador y sus comunidades. Entre las actividades adicionales a la pesca se incluye la	· Villasante et al. 2022
		· Suharno y Saraswati, 2018
		· Pham, 2020
		· Amadu et al. 2021
		· Miller, 2022

	acuicultura, el turismo, pesca deportiva y transporte	
Diversificación en el concepto "pescaturismo"	Término acuñado en Italia que define un esquema de diversificación que ofrece experiencias de pesca de pequeña escala a turistas que se embarcan para acompañar a los pescadores, conocer su actividad, cultura y tradiciones. Destaca su uso en el Mar Mediterráneo	· Kyvelou y Ierapetritis, 2020
Estrategias de diversificación en la actividad pesquera y su cadena de producción		
Tipo	Descripción general	Referencias
Diversificación de la pesca con enfoque socioecológico, de uso del entorno Diversificación incorporando nuevas pesquerías/recursos/ procesos que agreguen valor	Consiste en permanecer en la actividad pesquera, en la parte extractiva al incorporarse en otras pesquerías, mediante el acceso a nuevos recursos	· Purcell et al. 2021
		· Suharno y Saraswati, 2018
Diversificación espacial	Requiere que los actores se desplacen entre zonas de pesca alternativas o cambien sus lugares de desembarque habituales. También puede abarcar actores pesqueros cuyas actividades extractivas se extienden a grandes escalas espaciales	· González-Mon et al. 2022
Diversificación y adaptación de la cadena comercial	Acciones proactivas en innovaciones y otras reactivas en atención a la pandemia de Covid 19 orientadas al mercado, en temas de nuevas líneas de comercio, plataformas digitales de venta, integración de productores, marcas colectivas, logística de entrega, venta directa de productores a cliente final.	· Gómez y Maynou, 2021
		· Belton et al. 2021
Cadena de valor con enfoque no productivista	Construcción de relaciones entre productores, agentes comerciales y nichos de mercado, para lograr mejores empleos e ingresos con la comercialización, bajo bases sostenibles de uso del recurso base, orientado a otros beneficios como empleo, seguridad alimentaria, etc.	· Prospero et al. 2022
		· Prospero et al. 2019

Es importante señalar que los trabajos seleccionados para integrar la tabla 1 documentan el proceso de diversificación de PPE de prácticamente todas las regiones del planeta, incluyendo entre otros los siguientes países: Estados Unidos, México, Italia, Grecia, España, Suecia, Vietnam, China, India, Bangladesh, Ghana, Kenia, Colombia, Perú, Australia, entre otros, lo que nos permite ver la

relevancia y alcance de este tema, que se reconoce e incluye ya en agendas no sólo académicas sino también de gobiernos y organizaciones internacionales.

3.2. Beneficios y limitantes de la diversificación económica de pescadores de pequeña escala en relación a los objetivos de desarrollo sostenible de la Agenda 2030.

Para reconocer la relación entre diversificación económica de pescadores y los ODS seleccionados por su relación con la actividad pesquera de la Agenda 2030, se presenta la tabla 2. En ella se proponen de forma sintética los beneficios y limitantes encontradas en esta revisión de alcance.

Tabla 2. Síntesis de los beneficios y limitantes de la diversificación económica de pescadores de pequeña escala.

ODS	Beneficios	Limitantes	Referencias
Fin de la pobreza	<ul style="list-style-type: none"> • Ayuda a reducir en algunas dimensiones de pobreza • Mejora el ingreso y el consumo de proteínas • Si se liga al turismo y otras actividades estratégicas de cada región ayuda a resarcir problemas de exclusión e ingreso a servicios básicos y de salud, vías de comunicación, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> • Acuerdos entre pescadores, particularmente en esquemas no productivistas • Fortalecer gobernanza/capacidades • Requiere de presupuesto gubernamental • Requiere planeación/evaluación y mejora • Pueden provocar en países en desarrollo trampas de pobreza • Flexibilidad y capacidad de adaptación de las instituciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Maldonado et al. 2022 • Bhowmik et al. 2021 • Ahmed et al. 2021 • Wallner-Hahn et al. 2022 • González-Mon et al. 2022 • Pham, 2020 • Prospero et al. 2022
Cero hambre	<ul style="list-style-type: none"> • Mejora la alimentación de pescadores y sus familias por el consumo de parte de las capturas • Eleva el nivel de ingreso y con ello el acceso a alimentos 	<ul style="list-style-type: none"> • Acuerdos entre pescadores, particularmente en esquemas no productivistas • Revitalizar las cadenas productivas de la pesca y acuicultura • Innovar procesos para maximizar beneficios de los productos y servicios derivados 	<ul style="list-style-type: none"> • Gómez y Maynou, 2021 • Villasante et al. 2022 • Belton et al. 2021 • Purcell et al. 2021 • Prospero et al. 2022

Empleo digno y crecimiento económico	<ul style="list-style-type: none"> • Mejora el ingreso • Procura mejores condiciones de trabajo • Genera mayor tiempo de ocupación en el año • Complementa temporadas de pesca • Reduce vulnerabilidad del pescador • Mejora calidad de vida 	<ul style="list-style-type: none"> • Debe realizarse bajo bases de sostenibilidad • Deben asegurar condiciones dignas para los participantes • La necesidad de hacer eficiente y competitiva la actividad • Prácticas inadecuadas que deben erradicarse como trabajo infantil, falta de inclusión, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> • Suharno y Saraswati, 2018 • Pham, 2019 • Prospero et al. 2022 • Amadu et al. 2021 • Kyvelou y Ierapetritis, 2020 • García-Lozano et al. 2022 • Purcell et al. 2021 • Gómez y Maynou, 2021
Vida submarina	<ul style="list-style-type: none"> • Reduce impactos al medio ambiente • Promueve reajustes de la presión de pesca. • Redistribuye esfuerzo de pesca de forma espacial y temporal • Orienta hacia prácticas sostenibles del recurso • Permite esquemas de manejo adaptativos • Genera sinergias de conservación y revalorización de los recursos 	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere comprensión ambiente y su impacto en la actividad pesquera • Requiere de métrica y evaluación cuantitativa • Requiere de planeación espacial para los diversos usos • No funciona en esquemas de manejo basados en cuotas • Demanda acompañamiento de políticas y programas de apoyo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Miller et al. 2022 • González-Mon et al. 2022 • Hanh y Boonstra (2018) • Kyvelou et al. 2020 • Yletyinen et al. 2018 • Garcia-Lozano et al. 2022

Como se aprecia en la tabla 2, los autores coinciden en la importancia del proceso de diversificación económica, inclusive algunos de ellos (principalmente de la Unión Europea), determinan que es un tema en proceso de inclusión en la agenda política prioritaria en Europa y otros continentes, debido a su relevancia en diversos aspectos sociales, ambientales y económicos, pero en especial por su articulación con los ODS y sus contribuciones a la misma. Por otro lado, concuerdan en que el éxito en el largo plazo, en la adopción de las opciones de diversificación, en escenarios de amplia participación, requiere el involucramiento de diversos actores de las cadenas productivas de la pesca y otros sectores económicos ligados a las acciones y estrategias en utilización, esto implica que el tema inicialmente promovido en un proceso de adaptación de pescadores, requiere de la

participación de agentes mayoristas, gobiernos locales y nacionales, centros de investigación y academia, y en especial del poder en las decisiones de consumo.

3.2.1. Fin de la pobreza (ODS 1)

Este ODS es primordial debido al contexto actual, ya que por primera vez se ha pronosticado un incremento de la pobreza en el mundo en alrededor de un 8% desde 1990, lo cual obedece en gran medida al impacto de la pandemia de Covid 19 (Sumner, et al. 2020). Definimos pobreza como la incapacidad de la satisfacción de las necesidades básicas para vivir y funcionar como un miembro en la sociedad, este concepto también se ha relacionado a las palabras “necesidad”, “estándar de vida” e “insuficiencia de recursos” (Feres y Mancero, 2001). Para la identificación de la población en condición de pobreza se han generado indicadores multidimensionales e índices, donde se incluye la diversificación económica.

Maldonado et al. (2022) analizaron el impacto de la diversificación de los medios de vida mediante un índice de diversificación, y realizaron una comparación entre hogares de pescadores y no pescadores, ya que una de las actividades más importantes era la pesca multiespecífica en comunidades del caribe colombiano, señalan que las actividades de los miembros del hogar, además del cabeza de familia, es clave para diversificar y para reducir el riesgo y generar un consumo estable. También se deben solventar algunos problemas como la restricción en el acceso a los mercados financieros y los bajos niveles de educación y alfabetización, éste último no es un factor que les afecta en los ingresos, ya que los hogares de los pescadores mostraron un mayor ingreso y menor nivel de desigualdad, por lo que se concluye que la PPE es un amortiguador contra la pobreza y vulnerabilidad de las comunidades pesqueras. En relación al impacto de la educación en ingresos, Bhowmik et al. (2021) concluyen que en Bangladesh, la falta de habilidades y conocimientos representó una limitante, principalmente para que los pescadores pudieran cambiar de actividad ante el cierre debido a la pandemia de Covid 19, y se concluye que no tuvieron ingresos suficientes para atender los gastos básicos de sus familias. En ese mismo país, y enfocado en pescadores con actividades en los ríos, Ahmed et al. (2021) concluyen también que el nulo entrenamiento en otras actividades ha limitado los ingresos, que incluso están por debajo del promedio nacional. Por ello, se deben implementar estrategias que involucren beneficios equitativos y que promuevan sostener esta actividad, en algunas situaciones deben ir acompañadas de fuentes alternativas de ingresos, como esquemas de compensación, protección social o políticas públicas específicas en esas comunidades.

Debido a que los ecosistemas dan soporte fundamental a la provisión de alimentos y proteínas, se requieren visiones holísticas que incluyan el rol de hábitats marinos como los manglares, corales y pastos marinos, sobre éste último, Wallner-Hahn et al. (2022), estudiaron su impacto en el bienestar de las comunidades, que se relacionan a una mayor abundancia de recursos y producción pesquera, contribuyendo a reducir la vulnerabilidad por ingresos y alimento. También se concluye que existe conocimiento ecológico local sobre esos impactos, ya que la población relaciona a los pastos como hábitat de recursos pesqueros. En la misma línea diversos autores proponen estrategias de diversificación con impactos positivos en la reducción de indicadores de pobreza de las comunidades pesqueras, González-Mon et al. (2022) relacionan la diversificación pesquera en cuanto a ampliar la actividad sobre especies y/o áreas de trabajo nuevas, como una de las principales respuestas en países en desarrollo. Pham (2020) plantea que para los PPE en general,

y en particular para los que se encuentran cerca de patrimonio natural histórico atractivo, o incluso ANP, ampliar el portafolio anual de ingresos alternativos hacia turismo ha ayudado a mejorar la continuidad y cantidad de ingresos. Finalmente, Prospero et al. (2022) plantean los impactos positivos de la diversificación en estrategias no productivistas en este ODS, incluso con importantes aportaciones en la generación de empleo digno y crecimiento económico.

3.2.2. Cero Hambre (ODS 2)

Algunos autores coinciden en que la PPE otorga beneficios equitativos en la provisión de alimentos a la sociedad (Gómez y Maynou, 2021; Villasante et al., 2022), Gómez y Maynou (2021) analizan la importancia de generar mercados alternativos en la cadena de valor de pescados y mariscos en el Mediterráneo, visualizando las implicaciones que tiene la diversificación para mantener empleos dignos en las comunidades pesqueras en países que tradicionalmente consumen este tipo de alimentos, una de las ventajas es cómo están integrados los productores en sistemas que aseguran una distribución justa de los beneficios tanto económicos como sociales, y contribuyen a la eficiencia de las cadenas productivas y consecuentemente en la seguridad alimentaria. Por su parte, Villasante et al. (2022) proponen un modelo heurístico para el manejo de la pesca de pequeña escala, visto como un sistema socio ecológico, donde advierten que las respuestas adaptativas llevan a transformaciones, a una reorganización de la pesca y sus procesos de comercialización para mitigar los impactos en esas comunidades, o bien se da una diversificación que puede ser en el mismo sector o fuera de él. Esa transformación se espera que lleve hacia procesos restaurativos que son seguros y que generan beneficios equitativos a la sociedad; en este sentido, ante la demanda social de alimentos, muestran los beneficios de diversificar las especies que son comercializadas por organizaciones de PPE, para reducir así el riesgo de caer en trampas que puedan llevar a un colapso del sistema socioecológico.

Belton et al. (2021), mostraron factores exógenos que también han impactado de manera severa a pescadores de pequeña escala, en este estudio se demuestra que por efecto de la pandemia de COVID 19, este sector sufrió interrupción en la provisión de alimentos y en su flujo de ingresos, principalmente en países de Asia como India, Myanmar, Egipto y Bangladesh. Lo que ha promovido estrategias de diversificación en la cadena productiva buscando eficientar procesos y asegurar acceso a los mercados. Destaca que las innovaciones empleadas fueron tanto reactivas como proactivas. Las adaptaciones proactivas son innovaciones que alteran fundamentalmente las operaciones comerciales, la estructura de la cadena de valor o las relaciones entre los actores de la cadena de valor, creando nuevas oportunidades o potencial para mejorar el desempeño. Las adaptaciones de este tipo fueron más comunes, aunque no exclusivas, entre las empresas más grandes. Los encuestados en África y Bangladesh citaron los siguientes ejemplos: (1) uso de plataformas digitales para marketing o adquisiciones; (2) diversificación operativa, como granjas que venden productos directamente a los clientes, ofrecen servicios de entrega o establecen operaciones minoristas; (3) innovaciones institucionales, incluida la coordinación entre granjas camaroneras. Si bien los mayores retos para la PPE fueron la reducción abrupta en la demanda y una caída en los precios del pescado, éstos fueron superados con un rápido cambio de estrategia para conducir los negocios apoyados en

la tecnología y en empresas de logística. Esto lo lograron principalmente las empresas que tenían apoyos financieros para reestructurar deuda y acceso crediticio. Lo anterior ayudó a mejorar aspectos de seguridad alimentaria, las adaptaciones, junto al dinamismo e inversiones de renovación de las cadenas de valor de los alimentos acuáticos y los medios de subsistencia de quienes pescan en pequeña escala, tienen una importancia aún mayor en el contexto de los esfuerzos de recuperación post Covid-19.

Purcell et al. (2021) estudiaron los impactos socioeconómicos de la diversificación de los pescadores, dentro de la misma actividad pesquera pero con nuevas especies, y revelaron que ciertas pesquerías artesanales costeras pueden generar beneficios sociales equitativos según género; en este caso, mejoraron los ingresos de las mujeres y los jóvenes logrando una distribución del ingreso más equitativa, ya que en las islas del Pacífico el aporte que las mujeres tienen en ingresos basados en actividades pesqueras, es ampliamente reconocido y desafía normas sociales; las restricciones para la generación de ingresos están más en función de la posesión de activos para la producción. También destacan que se subestiman los beneficios relacionados con la seguridad alimentaria, ya que generalmente existe un consumo de subsistencia y redes informales de distribución. Se puede concluir que en este caso de estudio en Samoa, la diversificación de los recursos marinos accesibles a los PPE ha sido una buena estrategia para apoyar los medios de vida costeros y fortalecer la resiliencia de los sistemas socioecológicos. Destacar que en este caso, la composición diversa de las capturas sirve de amortiguador en la variación estacional en la abundancia de los recursos y los precios de mercado, además brinda mayores oportunidades a los pescadores y sus familias.

3.2.3. Empleos Dignos y crecimiento económico

El trabajo digno “es productivo y entrega un ingreso justo, seguridad en el trabajo y protección social para las familias, mejores perspectivas de desarrollo personal e integración social, libertad para que las personas expresen sus preocupaciones, se organicen y participen en las decisiones que afectan sus vidas e igualdad de oportunidad y trato para todas las mujeres y hombres” (ILO, 2015).

En este sentido Suharno y Saraswati (2018) analizan la relación de la edad, educación, captura y número de dependientes económicos en la propensión a diversificar sus actividades de negocio en pescadores de pequeña escala en Indonesia, asimismo determinan los impactos en la mejora de su empleo e ingresos. Para ello, construyen un modelo de regresión logit que permite analizar los datos aportados por encuestas. Concluyen que la edad, la educación, la captura pesquera y el número de dependientes dan efectos positivos y significativos que influyen en la diversificación de los pescadores en la zona de estudio. Demuestran que pescadores que se han diversificado con productos como el pescado salado tienen un ingreso promedio 10% mayor a los que no se diversifican, lo que mejora su calidad de vida y condiciones de empleo. Finalmente consideran necesario acompañar los procesos de diversificación con programas comunitarios para los pescadores, sugiriendo incluir, entre otros aspectos: 1) acceso al capital a través de la asignación de fondos gubernamentales y el acceso a préstamos bancarios; 2) desarrollo de tecnología y apoyo al escalamiento de las empresas de pescadores; 3) desarrollo del acceso al mercado.

Pham (2019) asume que los pescadores de pequeña escala se sostienen en recursos marinos, por lo que ocupan normalmente áreas de alta producción y biodiversidad biológica, que requerirán

de medidas de manejo y conservación para no amenazar su potencial. En respuesta las áreas marinas protegidas se utilizan a nivel mundial como una herramienta efectiva en prevenir la sobreexplotación, pero requieren de alternativas de empleo e ingreso para las comunidades costeras, donde la predisposición ha sido generar actividades turísticas de bajo/nulo impacto. El estudio emplea el emparejamiento de puntuación de propensión (PSM) desarrollado por Rosenbaum y Rubin (1983), y genera un modelo para entender el peso específico de factores de decisión ligados a la determinación de diversificarse en actividades turísticas. El estudio muestra que abandonar los medios de vida tradicionales (pesca y acuicultura) y entrar en la industria del turismo no garantiza a la población local mejores ingresos y empleo. Por lo tanto, es importante comprender que al tomar decisiones de diversificación, el turismo complementa en lugar de desplazar las actividades generadoras de ingresos tradicionales existentes. Desde un enfoque de evaluación de los servicios que se proveen, el ecosistema sería más valioso si ambas industrias pudieran trabajar juntas. Sin embargo, la falta de capital humano en la mayoría de las comunidades de pescadores podría ser la limitante para lanzar iniciativas por su cuenta. Concluye que mantener escenarios exitosos implica que se avance, tanto en la integración de portafolios de los pescadores, como de una planeación, evaluación y control de su incorporación en el sector turístico.

Proserpi et al. (2022) analizan tres casos en la UE en los que se busca mejorar el empleo y los beneficios generados por este en pescadores de pequeña escala basados en vías no productivistas con prácticas que profundizan los sistemas de producción tradicionales y, por lo general, son extensivas y, a menudo, contribuyen directamente a la multifuncionalidad; entendiendo por ésta al uso de la tierra, el capital, el trabajo y el conocimiento para producir, directa o indirectamente, beneficios ambientales y socioeconómicos no relacionados con los productos básicos, como la seguridad alimentaria, el empleo rural decente, la protección del hábitat y del paisaje, el patrimonio cultural, etc., asociado con la asignación eficiente de recursos que es un requisito previo clave para el desarrollo sostenible. La evidencia empírica analizada en los casos sobre la pesca en el Reino Unido, Grecia e Italia sugiere que la interacción mutua entre los arreglos no productivistas y la creación de capital social producen resultados positivos en términos de resiliencia socioecológica, principalmente al reducir los esfuerzos de pesca y aumentar la diversidad de las capturas (protección del medio ambiente), mejorando la rentabilidad de los precios, la gestión equitativa y la creación de valor añadido (viabilidad económica) y fortaleciendo el enfoque y el papel social de las comunidades pesqueras en la sostenibilidad. De igual forma, confirman que iniciativas destinadas a fomentar actividades no productivas en esquemas colectivos, que mejoren las interacciones entre los pescadores a lo largo de la cadena de valor, son requisitos previos positivos para establecer el capital social y lograr la resiliencia socioecológica en los sistemas marinos, en términos de protección ambiental (esfuerzos pesqueros reducidos), viabilidad económica (rentabilidad del precio) y bienestar de la comunidad pesquera relacionada. Sostienen que el capital social es directamente relevante para aumentar la resiliencia socioecológica y mejorar la viabilidad económica de las empresas pesqueras, también al superar la falta de cooperación y la escasez de recursos financieros. Además, son importantes los arreglos colectivos que se establezcan para la gobernanza sostenible de los sistemas.

Amadu et al. (2021) analizan los esfuerzos de diversificación de pescadores en Ghana, África, proponen y validan empíricamente un modelo que explica la resiliencia de los medios de subsistencia en los que se diversifican. El modelo integra tres dimensiones de la resiliencia: capacidad de amortiguación, capacidad de autoorganización y aprendizaje desde la perspectiva de los usuarios. Este enfoque puede contribuir en la gestión y la formulación de políticas en el contexto de la pesca sostenible y proporciona información novedosa sobre cómo cada pilar afecta la resiliencia de los estrategias frente a los impactos de la disminución de la pesca. El estudio recomienda acompañar los procesos de diversificación para mejorar ingresos y empleo con acceso a crédito blando, soporte de programas de capacitación para mejorar las capacidades de los pescadores, y guía de agencias que promuevan y fortalezcan la diversificación y el desarrollo de medios alternativos de sustento. Considera, a partir de estudios previos diversas opciones de diversificación, a las que los pescadores respondieron expresando interés para incorporarse en trabajos artesanales, sastrería y agricultura; en actividades de turismo y hotelería; en la oferta de tours y paquetes oceánicos, guías turísticos comunitarios, anfitriones de Airbnb, entre otras estrategias de diversificación de ingresos. Para lo cual se deberá incrementar presupuesto del sector, y fortalecer el marco legal e institucional.

Kyvelou y Ierapetritis (2020), analizan la diversificación en Europa de pescadores de pequeña escala hacia lo que se denomina "Pescaturismo", término que apareció en Italia en la legislación para el caso de embarcaciones de pesca que integraban adultos con compromiso recreativo o turístico, Prosperi et al. (2022), lo definen como la actividad de un pescador, una empresa pesquera o una cooperativa pesquera destinada al transporte de personas que no sean miembros de la tripulación, como turistas, y la realización de actividades recreativas". Denotan la existencia de una fuerte correlación entre el turismo pesquero y la protección del ecosistema marino, pues ocurre cerca o dentro de áreas marinas protegidas (AMP). Entre sus objetivos de investigación, incluyen identificar ideas sobre la pesca sostenible en el Mediterráneo, el estado de la pesca en Grecia y también sobre usos múltiples (MU) en el espacio marino con enfoques clave en los últimos hallazgos sobre combinaciones de usos múltiples impulsadas por el turismo, especialmente la triple hélice "pesca-turismo-protección ambiental". Desarrollar un proceso de análisis con los principales participantes de la actividad, para en conjunto revelar el potencial del turismo de pesca en el área de estudio de caso. Concluyen, que a pesar de los muchos desafíos y barreras, ya sean objetivos o percibidos por los diferentes actores y partes interesadas clave, la actividad de turismo pesquero es una opción poderosa, particularmente si se favorece una fuerte correlación y ensamblaje entre la pesca artesanal, el turismo, la protección del medio ambiente y, en menor grado, patrimonio cultural subacuático, involucrando Áreas Marinas. Este puede ser un patrón a pequeña escala pero único para un uso múltiple de "ganar-ganar-ganar" en la cuenca del Mar Mediterráneo Oriental. Recomiendan que el uso de esta estrategia de diversificación debe ser múltiple, es decir actuando en ambas actividades, así como, debidamente enmarcado y plenamente promovido por la Estrategia Nacional para ordenar el uso espacial.

3.2.4. Vida submarina

Algunos pescadores en Colombia se diversifican incorporando actividades de turismo, incluso cuando los resultados de su actividad en la pesca sean buenos, algunos por diversas situaciones salen de la pesca para tratar de incorporarse en el turismo, mientras que la mayoría que se integra a este

sector lo hace de forma complementaria. La interacción turismo y pesca de pequeña escala, no siempre se asocia a una disminución de la actividad pesquera, el esfuerzo de captura puede mantenerse, diversificarse incluyendo a la pesca deportiva, incluso crecer ante el incremento de demanda en alimentos de origen marino provocado por el turismo, que en ocasiones tiende a incentivar niveles de captura no sostenibles. Para profundizar en el tema, Miller (2022) realiza una investigación que considera siete localidades rurales-costeras de Colombia en las que se generan interacciones entre pescadores de pequeña escala y el turismo. A través de un seguimiento de 18 meses en campo, analizando encuestas, conocimiento local y estadísticas, concluye que a medida que el desarrollo del turismo se expande en las regiones costeras rurales, se considera una vía para reducir la dependencia y la presión sobre la pesca en pequeña escala. Sin embargo, se necesita más información sobre cómo el turismo afecta la presión pesquera para poder llegar a conclusiones. El desarrollo del turismo remodela la pesquería cambiando la intensidad con la que los pescadores participan, menos de tiempo completo y más de tiempo parcial, lo que genera oportunidades y retos para la sostenibilidad de la gestión de la pesca en el largo plazo, entre las que destacan el incremento en productos derivados de la pesca, controlar el esfuerzo de pesca, mayores opciones para el portafolio de los pescadores, mejoras en los mercados de servicios, entre otras. La planificación y regulación del turismo es más útil antes y durante la etapa inicial, ya que son las más críticas para las intervenciones a toda la comunidad o específicas del sector para dar forma a las decisiones de subsistencia que se requieran. Recomienda elaborar más estudios sobre el tema, pues cada comunidad se ajustará a las nuevas condiciones, requiriendo de monitoreos de los impactos en la presión de pesca y las poblaciones en uso, de igual forma medir los impactos del turismo, ambos en marcos de sustentabilidad.

Gonzalez-Mon et al. (2021) analizaron dos estrategias de diversificación prominentes en PPE en todo el mundo: diversificación de especies (cambio de especies objetivo) y diversificación espacial (incluir nuevas zonas de trabajo), en un estudio de caso de Baja California Sur, México. Para ello aplicaron un modelo de red social-ecológica que permite analizar patrones de diversificación de múltiples especies a lo largo del tiempo y el espacio, centrándonos en las relaciones observadas entre nodos sociales (actores pesqueros) y nodos ecológicos (grupos de especies espacialmente explícitos). Así como explorar los posibles impulsores de la diversificación espacial relacionados con los cambios oceanográficos, los factores institucionales y los esquemas regulatorios para dar forma a los patrones de diversificación. Concluyen que dadas las condiciones que se esperan con el cambio climático, la diversificación espacial de los pescadores de pequeña escala será crucial. Confirman que la diversificación es un proceso dinámico que establece patrones de adaptación de los actores de la actividad a distintos niveles geográficos; y demuestran que se correlaciona con el ambiente y los cambios oceanográficos, y que también puede verse limitada o habilitada por diferentes formas regulatorias e institucionales que median en el acceso a la pesca, particularmente los que se basan en usos territoriales y/o cuotas. La reubicación del esfuerzo pesquero será fundamental para el diseño de políticas que equilibren la necesidad de restringir la diversificación espacial, como mecanismo de adaptación para apoyar la resiliencia de los medios de vida, y mantener la sostenibilidad de la pesca. Sugieren elaborar estudios complementarios y similares en la zona de estudio y para otras regiones del mundo.

Hanh y Boonstra (2018) realizan una investigación cualitativa de cómo la diversificación de ingresos de los usuarios de recursos primarios impactan en la dinámica de las trampas socio ecológicas en una laguna Tam Giang en China. Seleccionaron tres comunidades, Thai Duong Ha Nam, Dinh Cu y Nghi Xuan, en las que trabajaron grupos focales en cada comunidad integrados por pescadores fijos, pescadores móviles, acuicultores y pescadores-acuicultores, todos con portafolios diversos. Sus resultados confirman la utilidad de la diversificación en la parte social, confirman resiliencia y mejora económica en el corto plazo. Sin embargo, las condiciones limitadas del ecosistema lagunar donde se realizó el estudio generó impactos y degradación en la dimensión ecológica, pasando incluso por colapsos de pesca y acuicultura, relacionados a la actividad económica, y también factores naturales extremos como sequías, lluvias, e impactos de otras actividades como es la contaminación. Por tanto, concluyen que en algunos casos la diversificación no tendrá impactos positivos en la vida submarina, y esto dependerá de dinámicas ambientales, antropogénicas y ecológicas de cada lugar; que la diversificación en pesca y acuicultura se da de forma continúa, incorporando nuevas técnicas, especies objetivo o inversiones monetarias. Subrayan, que la diversificación depende en muchos casos de un número limitado de recursos y hábitats, como sucedió en su estudio. Una conclusión específica para su zona de estudio, es que el desequilibrio general y la baja disparidad de los portafolios de medios de vida de los hogares limitan el potencial de diversificación de ingresos para contribuir a la resolución o mitigación de los efectos adversos a la ecología. También concluyen que la diversificación económica de pescadores y acuicultores de pequeña escala contribuye a la resiliencia de los medios de vida rurales, y en algunos casos a la resiliencia de las trampas socio-ecológicas.

3.3 Retos de la diversificación

Entre los trabajos seleccionados algunos se orientan a los retos que se han detectado en los procesos de diversificación de los PPE, que complementan los elementos de esquemas en uso y de contribuciones en los ODS de la Agenda 2030.

El financiamiento. Un estudio de caso a tres comunidades costeras en el municipio de Paraty, estado de Río de Janeiro, sureste de Brasil fue realizado por Haque et al. (2015) en la que analizan el marco de capacidad adaptativa, que es uno de los medios más adecuados para comprender la naturaleza de la adaptabilidad y la transformación de PPE. Los resultados confirman el relevante papel del crédito, tanto en las estrategias a corto plazo (es decir, para comprar nuevos artes de pesca y mantener los viejos), como en las estrategias a largo plazo (es decir, para reducir el tamaño o diversificar los medios de vida). Sostienen que se viven procesos de transformación que apuntan a la diversificación de los PPE en actividades pesqueras y no pesqueras, destacando de estas últimas el turismo. Sus resultados muestran que las nuevas opciones requieren financiamiento, y este existe tanto informal (proveedores y compradores), como formal por bancos y programas de gobierno. Sin embargo, la forma más común de acceder a recursos financieros es por la vía informal, recurriendo poco a bancos e incluso baja uso de financiamiento de programas de gobierno. Concluyen que esta preferencia se relaciona con que los créditos formales están diseñados para comunidades agrícolas y poco se ajustan a los contextos de la pesca. Lo anterior se complica con temas de burocracia, garantías, y esquemas poco adecuados para la escolaridad promedio de los trabajadores de PPE. Recomiendan replantear y fortalecer los programas de financiamiento para pescadores,

considerando en el proceso permitir utilizar los recursos en actividades de diversificación del pescador incluidas las turísticas, menos burocracia y flexibilizar el esquema con menos garantías, y en contraparte se integren mejores análisis de riesgos.

Los impactos del entorno en especial del cambio climático. Ruiz y Díaz et al. (2020) señalan como el principal reto en la pesca al cambio climático, y realizan un estudio sobre vulnerabilidad en la pesca de pequeña escala de percebes en Galicia, España. Sus resultados confirman que el manejo de la pesquería basado en derechos territoriales incrementa la vulnerabilidad. Entre las estrategias de adaptación propuestas destacan: generar conciencia en los usuarios de los riesgos y la necesidad de buscar estrategias de adaptación, promover el uso de sistemas de manejo ecosistémicos, incrementar la diversificación en actividades pesqueras, mejorar planes de manejo y fomentar la diversificación en fuentes de ingreso.

La alineación con la economía azul. Otro de los retos para el desarrollo en general de la pesca de pequeña escala y con ello las actividades de diversificación económica de los pescadores, es su correcta incorporación en agendas cada vez más dominantes del sector a nivel global como la denominada “economía azul”. En ese sentido, diversos autores señalan exclusión e injusticia hacia la pesca de pequeña escala en el desarrollo de las agendas; y hacen llamados a incorporar, integrar e incluso replantear al lenguaje. Otros ponen en duda la estrategia centrada en los recursos cuando hay otros aspectos como son los sociales, políticos e incluso de corrupción en países con poblaciones altamente vulnerables por su dependencia en los recursos de la pesca y la acuicultura. En respuesta surge el movimiento denominado “justicia azul”, que genera información y estrategias y, con este fin, investigación transdisciplinaria para desarrollar nuevos vocabularios que modifiquen los discursos dominantes sobre qué es la sostenibilidad de los océanos y qué implica; para que, desde la representatividad de los PPE, se lleven conceptos al dominio público y, posteriormente, al discurso mundial sobre el desarrollo sostenible de los océanos: “transformar primero nuestro lenguaje y luego nuestras acciones” (Cohen et al. 2019; Cisneros-Montemayor et al. 2021; Schreiber et al. 2022).

La generación de marcos de planeación, seguimiento, evaluación y control del proceso. Stacey et al. (2021) establecen un marco para analizar las características y los resultados inmediatos y a largo plazo de 20 programas de intervención centrados en los medios de vida de la PPE implementados en comunidades costeras del archipiélago de Indonesia durante las últimas dos décadas. Lo anterior para construir metodologías útiles en la valoración y establecimiento de políticas adecuadas para la diversificación económica de los más de 2.5 millones de pescadores de pequeña escala de Indonesia. Recomiendan, medidas aplicables al país y quizás a otras geografías del planeta: evaluaciones de proyectos a largo plazo para evaluar las compensaciones entre los medios de vida y la sostenibilidad; mejorar la gobernanza para una participación equitativa; mitigar el papel conflictivo de los mercados; promover la colaboración intersectorial y el bricolaje institucional; y desarrollo de capacidades de investigación aplicada para estudios de impacto, entre los retos principales para la diversificación.

La disminución en las tasas de eficiencia de las flotas, en un contexto de cambio climático. Tidd et al. (2021) demuestran que las flotas de pequeña escala a nivel global presentan tasas de eficiencia técnica a la baja, partiendo de un análisis de 150 países del mundo con base en datos de 1950-2014 con tasas de -3% por año y -2% por año para el periodo 2010-2014, lo cual

establece proyecciones de pérdidas en la producción durante los próximos años, lo que tendrá implicaciones para la seguridad alimentaria y los medios sostenibles de ingresos de millones de pescadores. Concluyen, que la sostenibilidad de la pesca a nivel nacional e internacional requiere indicadores integrados y conocimiento de la capacidad pesquera global para cumplir metas internacionales frente al cambio climático. Particularmente en regiones donde hay disminución en la eficiencia pesquera, que requerirán de acciones para la estabilidad de las capturas en escenarios de cambio climático, que está afectando negativamente la seguridad de los productos del mar.

Reconocer la diferencia entre zonas rurales y urbanas en programas y políticas públicas. Los resultados de Wintergreen et al. (2022) indican que la resiliencia y la diversificación económica de pescadores ribereños en las zonas rurales de México, se beneficia de niveles sólidos de autoorganización, mientras que la resiliencia de los medios de vida en las zonas urbanas se beneficia de las oportunidades de educación formal y la multiplicidad ocupacional. A través de esta comparación, analizan las implicaciones de la urbanización y el desarrollo costero para la resiliencia de los medios de vida en la PPE. Concluyen que la política destinada a reforzar la resiliencia de los medios de vida en la PPE considere oportunidades y desafíos, generando elementos diferenciales dependiendo de la región, y si se trata de localidades urbanas o rurales.

4. Discusión

Los artículos revisados permiten ratificar que la pesca de pequeña escala es relevante por sus impactos sociales y económicos sobre millones de personas en el mundo (FAO, 2018; Prosperi et al., 2019; FAO, 2020; Gonzalez-Mon et al., 2021; Miller, 2022). Sin embargo las pesquerías, sostén de la actividad, se encuentran en un alto porcentaje sobre explotadas, enfrentando retos complejos que se agravan por fenómenos como el cambio climático, la acidificación de los océanos y la pandemia del Covid-19 entre otros (Belton et al., 2021; Bhowmik et al., 2021). En atención al estado de las pesquerías a nivel mundial, para solucionar retos que permitan por un lado garantizar la sostenibilidad de los recursos pesqueros y los medios de vida de los pescadores (Finkbeiner, 2015; Kyvelou et al. 2020; Amadu et al., 2020; Purcell et al., 2021; Miller, 2022).

Estudios diversos afirman que el sustento de las comunidades costeras dependerá en gran medida del acceso a potenciales fuentes alternativas de subsistencia e ingresos, necesarias para reducir la presión social y pesquera a nivel sostenible que permita mantener los servicios de los ecosistemas y la seguridad alimentaria (Kronen et al., 2010; Asiedu y Nunoo, 2013; FAO, 2020). La importancia de la pesca como fuente de creación de empleo y riqueza es y será particularmente notable en las áreas periféricas donde las oportunidades alternativas siguen siendo limitadas (Amadu et al., 2020; Pham, 2020).

Los pescadores de pequeña escala dependen en gran medida de sus capturas para subsistir; sin embargo, la producción suele ser variable y consecuentemente los ingresos derivados de la actividad resultan impredecibles y por consiguiente limitados para atender sus necesidades básicas, colocándolos en una situación de vulnerabilidad (Armenta-Cisneros, 2019; Salvadeo et al., 2021). Esta variación se relaciona principalmente con el cambio natural en la productividad y distribución de las poblaciones de recursos en uso, la alteración de los precios y la suerte de los pescadores para encontrar recursos y efectivamente capturarlos (Holland, et al., 2017).

En términos de vulnerabilidad económica es importante que el medio de subsistencia, así como el ingreso no dependa únicamente de un recurso; la capacidad de abordar crisis externas y recuperarse de ellas es relativamente baja, la seguridad de cualquier grupo social se determina por los recursos a los que el pescador tiene acceso, sin embargo, también se reconoce que han existido fallas socio-institucionales que han mantenido y llevado a la pobreza a comunidades rurales, que incluyen comunidades con alta dependencia pesquera (Béné, 2003; Béné, et al., 2014; Kachok et al., 2012). En ese sentido, se ha documentado la diversificación de los ingresos de los pescadores debido a la práctica de los medios de vida alternativos (Allison y Ellis, 2001); pueden ayudar a reducir su vulnerabilidad, incluso con impactos aparentemente positivos sobre los recursos naturales, su bienestar y en consecuencia una mejora de la economía local por ingresos adicionales (Marín-Monroy y Ojeda-Ruiz, 2016; Ojeda-Ruiz et al., 2019; Suharno et al., 2018; Armenta et al., 2021; González-Mon, 2021).

Las organizaciones de pescadores (cooperativas o permisionarios privados) también muestran alta vulnerabilidad, social y económica, por lo cual es apremiante contar con información socioeconómica y de organización pesquera, conocimiento local de los retos y estrategias adoptadas con impactos de éxito, protocolos para el fortalecimiento de actividades pesqueras y no pesqueras, que permitan robustecer su economía, diversificar fuentes de ingreso y con ello ser más resilientes, traduciéndose en mayor bienestar para las comunidades pesqueras (Morzaria et al., 2014; Thompson, 2014; Gobierno BCS, 2015; Armenta-Cisneros, 2019).

Ante este escenario, los pescadores y sus organizaciones han evolucionado de forma adaptativa e innovadora para mejorar su condición, calidad de vida y reducir su vulnerabilidad relacionada principalmente a su dependencia en los recursos pesqueros (Prosperi et al., 2019; García-Lozano et al., 2022; Miller, 2022). En este proceso de adaptación, el pescador tiende a incorporar actividades/estrategias que mejoran su condición por los servicios ecosistémicos que logra, el incremento en tiempo de actividad remunerada, ingresos, incluso mejores condiciones laborales o de acceso a servicios públicos, sanitarios, educativos o de salud (García Lozano et al., 2022). Para algunos autores el proceso se orienta a mejorar los medios de vida, para otros de forma más holística se integra en un esfuerzo denominado diversificación económica, que si bien encuentra su origen en los pescadores, hoy aparece dentro de los objetivos de agendas de desarrollo de diversas países del mundo donde la pesca es relevante. Incluso se correlaciona con la Agenda 2030, y con movimientos de reconversión económica como la economía circular, azul entre otras (Allison y Ellis, 2001; Asiedu y Nunoo, 2013; Belton et al. 2021; Prosperi et al. 2022).

Al ser la pesca una actividad espacio-temporal, multifactorial ligada a procesos ambientales, biológicos y sociales, los escenarios que se presentan en diferentes zonas del mundo son diversos, y de la misma forma se presentan estrategias/actividades de diversificación que pretenden utilizar de mejor manera el patrimonio, ambiental, natural, histórico y cultural, los recursos y en ocasiones articularse con actividades económicas en desarrollo (Prosperi et al. 2019; Purcell et al. 2021; Miller, 2022). Por ello se reconoce que el proceso de diversificación se está gestando a nivel global, pero no existen soluciones universales, sino transferibles y adaptables a cada contexto (Pham, 2020; Kyvelou et al., 2020; Prosperi et al., 2022).

En cuanto a la diversificación y su relación el concepto de economía azul (EA) que surge de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible de Río de Janeiro en 2012 y orienta hacia la mejora del bienestar humano, la equidad social, las carencias ecológicas y a la inclusión a través de mejorar los empleos y medios de vida sostenibles (UNCTAN, 2014; Vierros y Fontaubert, 2017), Lee et al. (2020), establecen que la EA está vinculada principalmente a los ODS 14, 15, 16 y 17, impacta de forma menos relevante en los ODS 1, 2 y 7 donde este trabajo detecta principalmente los impactos de la diversificación de los pescadores de pequeña escala. Esto puede relacionarse con la forma en que se implementa la EA desde los gobiernos, ONGs y organizaciones de las flotas de pesca, con baja representatividad de las organizaciones de pescadores de pequeña escala. En este sentido, Cohen et al. (2019) concluyen que, si la “EA va a ser una visión legítima para gobernar los océanos, entonces, junto con la industria y los conservacionistas, las voces, los intereses y los derechos humanos de los grupos más grandes de usuarios de los océanos: las mujeres y los hombres que prestan servicios, pescan y comercian en la pesca de pequeña escala deben estar representados y reconocidos desde el comienzo del diseño de las soluciones”.

Además de los temas expuestos en los párrafos anteriores se identificaron algunos otros retos a considerar en los procesos de diversificación de PPE destacando la reformulación de esquemas institucionales y bancarios de crédito; la alineación con la economía azul para incluir a la PPE; atender la necesidad de construir marcos de planeación, seguimiento, evaluación y control del proceso de diversificación de PPE; la inclusión de la diversificación en las agendas políticas, particularmente de aquellos países donde la eficiencia de las flotas ha descendido por debajo del promedio, y donde se esperan mayores impactos del cambio climático; reconocer las experiencias, las diferencias en los contextos regionales y en particular de los retos de las zonas costeras rurales y urbanas.

La presente revisión confirmó que las experiencias de diversificación económica pueden agruparse en pesqueras y no pesqueras. Dentro de las primeras destacan las relacionadas con cambios en los patrones de pesca al incluir nuevas especies o zonas de captura, mejora de los procesos de captura, manejo, industrialización y comercio de las capturas, trabajo en la cadena de comercialización, principalmente (Rosales et al., 2017). Por su parte en las segundas destacan la producción de organismos acuáticos a través de la acuicultura, el turismo de naturaleza, la pesca deportiva, la “pescaturismo”, y el transporte (Kyvelou et al., 2020; Miller, 2020). El grado de participación del pescador en las actividades complementarias a la pesca es variable, lo que modifica la presión de pesca y el esfuerzo pesquero, generando nuevos esquemas de interacción socioambiental (Kyvelou et al., 2020; Pham, 2020; Prospero et al., 2022).

Entre los aspectos a considerar en los procesos de diversificación de pesca de pequeña escala es que generan una distribución en el quehacer del capital humano y tecnológico de las flotas pesqueras, que provoca ajustes en uso de los recursos generando en apariencia impactos positivos sobre la presión de pesca y el esfuerzo. Sin embargo, en los casos de manejo de pesquerías por cuotas puede generar un efecto acumulado con intensos esfuerzos en tiempos relativamente cortos para aprovechar plenamente ambas opciones (Kyvelou et al., 2020; Miller, 2022; García-Lozano et al., 2022); incluso llevar a casos de sobreexplotación cuando se liga al desarrollo de zonas turísticas, pues se ha documentado que con el aumento de la demanda turística en el mediano plazo, crece la demanda por alimentos de origen marino lo que puede provocar pesca excesiva, por ello se

recomienda en etapas tempranas elaborar procesos de planeación espacial integral de los usos que pretenden darse.

Al diversificarse, el pescador utiliza los recursos disponibles de su operación cotidiana; sin embargo, tanto las opciones de diversificación pesquera como las no pesqueras, requieren de inversiones para que la actividad que desarrolle se ajuste a los marcos normativos, implemente mejoras a procesos, brinde seguridad necesaria en los casos de turismo y transporte, o incluso realice ligeras modificaciones en la embarcación si se requiere. Si bien el pescador puede recurrir a sus redes, el acceso a financiamiento gubernamental o bancario, puede ser un factor crítico en el éxito de la adopción, en lograr los elementos esenciales de competitividad (Gómez y Maynoud, 2021; Amadu et al., 2021; Prospero et al., 2022).

En los mercados de productos o servicios donde inciden los derivados de la diversificación, se requiere de prácticas que aseguren condiciones de seguridad, calidad, competitividad, incluso en algunos se requiere de la certificación de competencias de las personas, o incluso de los procesos en que se trabaja. En este sentido, la participación de la academia y centros de investigación son un soporte fundamental a través de sus productos de investigación y servicios de capacitación, entrenamiento y certificación de competencias. En cuanto a la certificación de pesquerías, cultivos o procesos, se requiere de la intervención de los gobiernos y de las agencias autorizadas en la construcción de programas pertinentes, que complementen el esfuerzo de los productores ajustándose a sus condiciones culturales y económicas (McClenahan et al., 2014; Miret-Pastor et al., 2015; Pham, 2020; Prospero et al., 2022).

Las comunidades costeras corren un riesgo significativo debido a los efectos acumulativos del cambio antropogénico en el desarrollo costero y al cambio climático. Ante fenómenos que estresan los sistemas socio ecológicos, se han desarrollado métodos para evaluaciones de la capacidad de adaptación, es decir, "la capacidad de los sistemas, instituciones, seres humanos y otros organismos para ajustarse al potencial daño, aprovechar oportunidades, o para responder a las consecuencias", ante la necesidad de planear medidas de adaptación, es importante determinar si el proceso corresponde a un esquema activo, pasivo, proactivo o reactivo (Whitney et al., 2017). De acuerdo con esta revisión, la diversificación económica es una estrategia de adaptación de los pescadores a los cambios en el entorno para reducir su vulnerabilidad y generar mejores condiciones de ingreso y bienestar. Si bien no encontramos en la literatura reflexiones o conclusiones de cómo catalogar el proceso, podemos inferir por las experiencias documentadas que en general provienen de iniciativas proactivas de pescadores. Sin embargo, al avanzar el proceso de adopción en las comunidades, en especial cuando el gobierno se incorpora con acciones y políticas de apoyo, otros pescadores tienden a diversificarse de forma reactiva. Será importante en futuros estudios analizar el tipo de proceso que genera la diversificación, ya que puede ser útil en la construcción de políticas y planes de adaptación.

La participación de los gobiernos, el sistema financiero y la academia son necesarios para atender aspectos claves que de acuerdo a la revisión deben mejorarse para acompañar los procesos de diversificación. Se requiere de: esquemas de planeación intersectorial espacial, ajustes en la normatividad particularmente que aseguren el desarrollo sostenible y establezcan reglas claras a los participantes; apoyo para facilitar acuerdos entre los pescadores, y fortalecer la gobernanza local, y

la generación de esquemas flexibles de monitoreo, evaluación y toma de decisiones de los avances, proponiendo indicadores y métricas convenientes, particularmente para evaluar el efecto sobre los recursos y los ecosistemas (Schultz-Zehden et al., 2019; Pham, 2020; Kyvelou et al., 2020; Miller, 2022; Prospero et al., 2022).

5. Conclusiones y recomendaciones

La diversificación económica de pescadores de pequeña escala es un proceso en evolución a nivel global, atendiendo las oportunidades y condiciones de cada región, sin que se pueda hablar de fórmulas exitosas de aplicación general, pero sí de elementos claves que se deben observar y de otros que deben desarrollarse para generar mejores condiciones de viabilidad y factibilidad en el mediano y largo plazo. Las experiencias documentadas establecen que las primeras opciones que busca realizar el pescador son aquellas cercanas a la pesca, y que son factibles por el capital económico e intelectual con que cuenta. Posteriormente inicia, derivado de procesos socioambientales, a utilizar el patrimonio ambiental, histórico y cultural, generalmente orientado por los usos económicos preponderantes en su región, como acuicultura, turismo y transporte, etc. En este nivel, se recomienda que la incorporación sea gradual, complementando con las actividades alternativas sin abandonar su actividad principal. Solo de esta forma se puede hablar plenamente de un proceso de diversificación.

Dada la relevancia que hemos observado a través de los trabajos analizados, representativos de todas las regiones del planeta, aunado a la importancia de la pesca de pequeña escala y sus impactos en millones de personas en el mundo, debe incluirse el tema en agendas estratégicas de países, comunidades y enfoques de la economía como las denominadas circular y azul. En dichas agendas debe considerarse la coparticipación de los principales actores: el gobierno, la academia y centros de investigación, pescadores y sus organizaciones, y de forma especial el ciudadano y su poder de consumo.

El posicionamiento del tema en los consumidores de los productos y servicios derivados de las alternativas de diversificación de pescadores es y será clave, no solo por el soporte social que requiere la diversificación de PPE, sino por la búsqueda del reconocimiento de valor adicional del esfuerzo en los precios de los productos y servicios. Se recomienda realizar estudios que puedan complementar los aportes del presente estudio, debido a que ejemplos de diversificación, sus beneficios y sus limitantes, son relevantes para fortalecer y acompañar a las comunidades en este proceso, hoy en gestación a nivel global.

Referencias

- [1] Ahmed, M., Saha, S. M., Hossain, E., Khan, A., Prodhon, M. H. (2021). Assessment of livelihood and food poverty status of the floating fishermen in riverine system of Bangladesh, *Social Sciences & Humanities Open*, Volume 4, Issue 1, 100219. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2021.100219>.
- [2] Amadu, I., Armah, F. A., Aheto, D. W., & Adongo, C. A. (2021). A study on livelihood resilience in the small-scale fisheries of Ghana using a structural equation modelling approach. *Ocean & Coastal Management*, 215, 105952. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2021.105952>

- [3] Allison, E. H., & Ellis, F. (2001). The livelihoods approach and management of small-scale fisheries. *Marine policy*, 25(5), 377-388. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0308-597x\(01\)00023-9](https://doi.org/10.1016/s0308-597x(01)00023-9)
- [4] Armenta Cisneros, M.H. 2019. Pesca ribereña y su diversificación económica en el municipio de Loreto, Baja California Sur, México. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Baja California Sur. 91 DOI: <https://doi.org/10.19137/pys-2022-290104>
- [5] Armenta-Cisneros, M., Ojeda-Ruiz, M. A., Marín-Monroy, E. A., & Flores-Irigoyen, A. (2021). Opportunities to improve sustainability of a Marine Protected Area: Small-scale fishing in Loreto, Baja California Sur, México. *Regional Studies in Marine Science*, 45, 101852. Alden, R. (2011). Building a sustainable seafood system for Maine. *Maine Policy Review*, 20(1), 87-95. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2021.101852>
- [6] Arksey, H., & O'Malley, L. (2005). Scoping studies: towards a methodological framework. *International journal of social research methodology*, 8(1), 19-32. DOI: <https://doi.org/10.1080/1364557032000119616>
- [7] Arreguín-Sánchez, F. (2006). Pesquerías de México. *Pesca, acuacultura e investigación en México*, 13-36.
- [8] Asiedu, B., & Nunoo, F. K. (2013). Alternative livelihoods: A tool for sustainable fisheries management in Ghana. *International Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 2(2), 21-28.
- [9] Badalamenti, F., Ramos, A. A., Voultziadou, E., Lizaso, J. S., D'ANNA, G., Pipitone, C., ... & Riggio, S. (2000). Cultural and socio-economic impacts of Mediterranean marine protected areas. *Environmental conservation*, 27(2), 110-125. DOI: <https://doi.org/10.1017/s0376892900000163>
- [10] Béné, C., Newsham, A., Davies, M., Ulrichs, M., & Godfrey-Wood, R. (2014). Resilience, poverty and development. *Journal of international development*, 26(5), 598-623. DOI: <https://doi.org/10.1002/jid.2992>
- [11] Béné, C., Devereux, S., & Roelen, K. (2015). Social protection and sustainable natural resource management: initial findings and good practices from small-scale fisheries. *FAO Fisheries and Aquaculture Circular*, (C1106), I.
- [12] Bennett, N. J., Finkbeiner, E. M., Ban, N. C., Belhabib, D., Jupiter, S. D., Kittinger, J. N., ... & Christie, P. (2020). The COVID-19 pandemic, small-scale fisheries and coastal fishing communities. *Coastal management*, 48(4), 336-347. DOI: <https://doi.org/10.1080/08920753.2020.1766937>
- [13] Belton, B., Rosen, L., Middleton, L., Ghazali, S., Mamun, A. A., Shieh, J., ... & Thilsted, S. H. (2021). COVID-19 impacts and adaptations in Asia and Africa's aquatic food value chains. *Marine Policy*, 129, 104523. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2021.104523>
- [14] Bhowmik, J., Selim, S. A., Irfanullah, H. M., Shuchi, J. S., Sultana, R., & Ahmed, S. G. (2021). Resilience of small-scale marine fishers of Bangladesh against the COVID-19 pandemic and the 65-day fishing ban. *Marine Policy*, 134, 104794. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2021.104794>
- [15] Cisneros-Montemayor, A.M., Moreno-Báez, M., Reygondeau, G. et al. Enabling conditions for an equitable and sustainable blue economy. *Nature* 591, 396-401 (2021). DOI: <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03327-3>
- [16] Cohen, P. J., Allison, E. H., Andrew, N. L., Cinner, J., Evans, L. S., Fabinyi, M., ... & Ratner, B. D. (2019). Securing a just space for small-scale fisheries in the blue economy. *Frontiers in Marine Science*, 6, 171. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00171>
- [17] Colquhoun, H. L., Levac, D., O'Brien, K. K., Straus, S., Tricco, A. C., Perrier, L., ... & Moher, D. (2014). Scoping reviews: time for clarity in definition, methods, and reporting. *Journal of clinical epidemiology*, 67(12), 1291-1294. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2014.03.013>

- [18] Colburn, L. L., Jepson, M., Weng, C., Seara, T., Weiss, J., & Hare, J. A. (2016). Indicators of climate change and social vulnerability in fishing dependent communities along the Eastern and Gulf Coasts of the United States. *Marine Policy*, 74, 323-333. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2016.04.030>
- [19] EDF de México. 2021. Lecciones de una pandemia: poniendo a prueba la resiliencia del sector pesquero mexicano. México. 114. <https://mexico.edf.org/sites/mexico/files/Lecciones%20de%20una%20pandemia-Revisi%c3%b3n%20final%20v.1.5.pdf>
- [20] Ellis, F., & Allison, E. (2004). Livelihood diversification and natural resource access. Overseas Development Group, University of East Anglia.
- [21] FAO, 2016. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2016. Contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos. Roma. 224. <https://www.fao.org/3/i5555s/i5555s.pdf> <https://doi.org/10.18356/afbc0058-es>
- [22] FAO (2018). El estado mundial de la pesca y la acuicultura. FAO.Roma. 250p. <https://www.fao.org/responsible-fishing/resources/detail/es/c/1333729/> DOI: <https://doi.org/10.18356/92ae599b-es>
- [23] FAO. 2020. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020. La sostenibilidad en acción. Roma. <https://www.fao.org/publications/sofia/2020/es/>. DOI: <https://doi.org/10.4060/ca9229es>
- [24] FAO. 2022. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022. Hacia la transformación azul. Roma, FAO. <https://doi.org/10.4060/cc0461es>
- [25] Feres, J. C. y Manceros, X. (2001). Enfoques para la medición de la pobreza. Breve revisión de literatura. Estudios Estadísticos y Prospectivos, Serie 4, CEPAL. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/4740/S01010056_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y. DOI: <https://doi.org/10.18356/601fc725-es>
- [26] Finkbeiner, E. M. (2015). The role of diversification in dynamic small-scale fisheries: lessons from Baja California Sur, Mexico. *Global Environmental Change*, 32, 139-152. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.03.009>
- [27] Folke, C. (2006). Resilience: The emergence of a perspective for social-ecological systems analyses. *Global environmental change*, 16(3), 253-267. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.04.002>
- [28] Garcia Lozano, A. J., Decker Sparks, J. L., Durgana, D. P., Farthing, C. M., Fitzpatrick, J., Krough-Poulsen, B., ... & Kittinger, J. N. (2021). Decent work in fisheries: Current trends and key considerations for future research and policy. *Marine Policy*, 136. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2021.104922>
- [29] Gobierno del Estado de Baja California Sur., 2015. Plan Estatal de Desarrollo 2015-2021. Consultado en: <http://setuesbcs.gob.mx/wp-content/uploads/2018/04/PED-2015-2021.pdf>
- [30] Golden, C. D. A. E., Allison, E. H., Cheung, W. W., Dey, M. M., Halpern, B. S., McCauley, D. J., ... & Myers, S. S. (2016). Fall in fish catch threatens human health. *Nature*, 534(7607), 317-320. DOI: <https://doi.org/10.1038/534317a>
- [31] Gómez, S., & Maynou, F. (2021). Alternative seafood marketing systems foster transformative processes in Mediterranean fisheries. *Marine Policy*, 127, 104432. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2021.104432>
- [32] Gonzalez-Mon, B., Bodin, Ö., Lindkvist, E., Frawley, T. H., Giron-Nava, A., Basurto, X., ... & Schlüter, M. (2021). Spatial diversification as a mechanism to adapt to environmental changes in small-scale fisheries. *Environmental Science & Policy*, 116, 246-257 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2020.11.006>
- [33] Hanh, T. T. H., & Boonstra, W. J. (2018). Can income diversification resolve social-ecological traps in small-scale fisheries and aquaculture in the global south? A case study of response diversity in the Tam Giang lagoon, central Vietnam. *Ecology and Society*, 23(3). DOI: <https://doi.org/10.5751/es-10207-230316>

- [34] Holland, D. S., Speir, C., Agar, J., Crosson, S., DePiper, G., Kasperski, S., ... & Perruso, L. (2017). Impact of catch shares on diversification of fishers' income and risk. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(35), 9302-9307. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1702382114>
- [35] ILO, Decent work (2015). (<https://www.ilo.org/global/topics/decent-work/lang-en/index.htm>) DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-10-2194-7_3
- [36] Islam, M. M., Sallu, S., Hubacek, K., & Paavola, J. (2014). Limits and barriers to adaptation to climate variability and change in Bangladeshi coastal fishing communities. *Marine Policy*, 43, 208-216. Kachok, R., Ivanova, A., & Ángeles, M. (2012). Vulnerabilidad y resiliencia al cambio climático en comunidades pesqueras en Mulegá, México. *Revista Líder*, 14(21), 143-165. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2013.06.007>
- [37] Kasperski, S., & Holland, D. S. (2013). Income diversification and risk for fishermen. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(6), 2076-2081. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1212278110>
- [38] Kronen, M., Vunisea, A., Magron, F., & McArdle, B. (2010). Socio-economic drivers and indicators for artisanal coastal fisheries in Pacific island countries and territories and their use for fisheries management strategies. *Marine Policy*, 34(6), 1135-1143. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2010.03.013>
- [39] Kyvelou, S. S. I., & Ierapetritis, D. G. (2020). Fisheries sustainability through soft multi-use maritime spatial planning and local development co-management: Potentials and challenges in Greece. *Sustainability*, 12(5), 2026. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12052026>
- [40] Lee, K. H., Noh, J., & Khim, J. S. (2020). The Blue Economy and the United Nations' sustainable development goals: Challenges and opportunities. *Environment international*, 137, 105528. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105528>
- [41] Maldonado, J. H., del Pilar Moreno-Sánchez, R., Vargas-Morales, M. E., & Leguizamón, E. (2022). Livelihoods Characterization of a Small-Scale Fishing Community in the Colombian Caribbean. *Marine and Fishery Sciences (MAFIS)*, 35(2), 181-207. DOI: <https://doi.org/10.47193/mafis.3522022010504>
- [42] Marín-Monroy, E. A. y Ojeda-Ruiz M.A. (2016). The role of socioeconomic disaggregated indicators for fisheries management decisions: The case of Magdalena-Almejas Bay, BCS. Mexico. *Fisheries Research*, 177, 116-123. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2016.01.009>
- [43] McClenachan, L., Neal, B. P., Al-Abdulrazzak, D., Witkin, T., Fisher, K., & Kittinger, J. N. (2014). Do community supported fisheries (CSFs) improve sustainability?. *Fisheries Research*, 157, 62-69. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2014.03.016>
- [44] Miller, K. M. (2022). Disentangling tourism impacts on small-scale fishing pressure. *Marine Policy*, 137, 104960. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2022.104960>
- [45] Miret-Pastor, L., Zamora, C. M., Herrera-Racionero, P., & Novo, R. M. (2015). Análisis regional del turismo pesquero en España. *Revista de análisis turístico*, (20), 23-28.
- [46] Morzaria-Luna, H. N., Turk-Boyer, P., & Moreno-Baez, M. (2014). Social indicators of vulnerability for fishing communities in the Northern Gulf of California, Mexico: implications for climate change. *Marine Policy*, 45, 182-193. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2013.10.013>
- [47] Munn, Z., Peters, M. D., Stern, C., Tufanaru, C., McArthur, A., & Aromataris, E. (2018). Systematic review or scoping review? Guidance for authors when choosing between a systematic or scoping review approach. *BMC medical research methodology*, 18(1), 1-7. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12874-018-0611-x>

- [48] Nations, U. (2015). The 17 goals| sustainable development. United Nations,[Online]. Available: <https://sdgs.un.org/goals>. [Accessed 26 07 2021].
- [49] Ojeda Ruiz de la Peña, M. Á. (2012). Interacciones entre pesquerías ribereñas en Bahía Magdalena-Almejas, BCS, México (Doctoral dissertation, Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas). DOI: <https://doi.org/10.22198/rys.2012.53.a167>
- [50] Ojeda-Ruiz, M. A., Marín-Monroy, E. A., Galindo-De la Cruz, A. A., & Cota-Nieto, J. J. (2019). Analysis and management of multi-species fisheries: small-scale finfish fishery at Bahía Magdalena-Almejas, Baja California Sur, Mexico. *Ocean & Coastal Management*, 178, 104857. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2019.104857>
- [51] Pham, M. T., Rajić, A., Greig, J. D., Sargeant, J. M., Papadopoulos, A., & McEwen, S. A. (2014). A scoping review of scoping reviews: advancing the approach and enhancing the consistency. *Research synthesis methods*, 5(4), 371-385. DOI: <https://doi.org/10.1002/jrsm.1123>
- [52] Pham, T. T. T. (2020). Tourism in marine protected areas: Can it be considered as an alternative livelihood for local communities?. *Marine Policy*, 115, 103891. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2020.103891>
- [53] Pikitch, E.K., Santora, C., Babcock, E.A., Baku, A., Bonfil, R., Conover, D.O., Dayton, P., Doukakis, P., Fluharty, D., Heneman, B., Houde, E.D., Link, J., Livingston, P.A., Mangel, M., McAllister, M.K., Pope, J., Sainsbury, K.J., 2004. Ecosystem-based fishery management. *Science* 305, 346–347. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1098222>
- [54] Prosperi, P., Kirwan, J., Maye, D., Bartolini, F., Vergamini, D., & Brunori, G. (2019). Adaptation strategies of small-scale fisheries within changing market and regulatory conditions in the EU. *Marine Policy*, 100, 316-323. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.12.006>
- [55] Prosperi, P., Kirwan, J., Maye, D., Tsakalou, E., Vlahos, G., Bartolini, F., ... & Brunori, G. (2022). Adaptive business arrangements and the creation of social capital: Towards small-scale fisheries resilience in different European geographical areas. *Sociologia Ruralis*, 62(1), 44-67. DOI: <https://doi.org/10.1111/soru.12362>
- [56] Purcell, S., Tagliafico, A., Cullis, B., & Gogel, B. (2021). Socioeconomic impacts of resource diversification from small-scale fishery development. *Ecology and society*, 26(1). DOI: <https://doi.org/10.5751/es-12183-260114>
- [57] Rosales, R. M., Pomeroy, R., Calabio, I. J., Batong, M., Cedo, K., Escara, N., ... & Sobrevega, M. A. (2017). Value chain analysis and small-scale fisheries management. *Marine Policy*, 83, 11-21. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.05.023>
- [58] Ruiz-Díaz, R., Liu, X., Aguión, A., Macho, G., deCastro, M., Gómez-Gesteira, M., & Ojea, E. (2020). Social-ecological vulnerability to climate change in small-scale fisheries managed under spatial property rights systems. *Marine Policy*, 121, 104192. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2020.104192>
- [59] Salvadeo, C., Morzaria-Luna, H. N., Reyes-Bonilla, H., Ivanova-Bonchera, A., Ramírez, D. P., & Juárez-León, E. (2021). Fisher's perceptions inform adaptation measures to reduce vulnerability to climate change in a Mexican natural protected area. *Marine Policy*, 134, 104793. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2021.104793>
- [60] Schreiber, M. A., Chuenpagdee, R., & Jentoft, S. (2022). Blue Justice and the co-production of hermeneutical resources for small-scale fisheries. *Marine Policy*, 137, 104959 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2022.104959>
- [61] Schultz-Zehden, A.; Weig, B.; Lukic, I. Maritime Spatial Planning and the EU's Blue Growth Policy: Past, Present and Future Perspectives. In *Maritime Spatial Planning*; Zaucha, J., Gee, K., Eds.; Palgrave Macmillan: Basingstoke, UK, 2019. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-98696-8_6

- [62] Song, A. M., Scholtens, J., Barclay, K., Bush, S. R., Fabinyi, M., Adhuri, D. S., & Haughton, M. (2020). Collateral damage? Small-scale fisheries in the global fight against IUU fishing. *Fish and Fisheries*, 21(4), 831-843. DOI: <https://doi.org/10.1111/faf.12462>
- [63] Suharno, N. A., & Saraswati, E. (2018). Do fishers need to diversify their source of income? A special reference in vulnerable fishers of Cilacap Waters, Indonesia. *AAFL Bioflux*, 11(5), 1605.
- [64] Sumner, A., Hoy, C. & Ortiz-Juarez, E. (2020) Estimates of the impact of COVID-19 on global poverty. WIDER Working Paper 2020/43. Helsinki: UNU-WIDER. DOI: <https://doi.org/10.35188/unu-wider/2020/800-9>
- [65] Teh, L. C., & Pauly, D. (2018). Who brings in the fish? The relative contribution of small-scale and industrial fisheries to food security in Southeast Asia. *Frontiers in Marine Science*, 5, 44. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00044>
- [66] Tidd, A. N., Rousseau, Y., Ojea, E., Watson, R. A., & Blanchard, J. L. (2022). Food security challenged by declining efficiencies of artisanal fishing fleets: A global country-level analysis. *Global Food Security*, 32, 100598. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2021.100598>
- [67] UNCTAD, 2014. United Nations Conference on Trade and Development, The Ocean Economy: Opportunities and Challenges for Small Island Developing States, available at http://unctad.org/en/publicationslibrary/ditcted2014d5_en.pdf DOI: <https://doi.org/10.18356/430deda6-en>
- [68] Vierros, M., & De Fontaubert, C. (2017). The potential of the blue economy: increasing long-term benefits of the sustainable use of marine resources for small island developing states and coastal least developed countries.
- [69] Villasante, S., Gianelli, I., Castrejón, M., Nahuelhual, L., Ortega, L., Sumaila, U. R., & Defeo, O. (2022). Social-ecological shifts, traps and collapses in small-scale fisheries: Envisioning a way forward to transformative changes. *Marine Policy*, 136, 104933. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2021.104933>
- [70] Wallner-Hahn, S., Dahlgren, M., & de la Torre-Castro, M. (2022). Linking seagrass ecosystem services to food security: The example of southwestern Madagascar's small-scale fisheries. *Ecosystem Services*, 53, 101381. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2021.101381>
- [71] Whitney, C. K., Bennett, N. J., Ban, N. C., Allison, E. H., Armitage, D., Blythe, J. L., ... & Yumagulova, L. (2017). Adaptive capacity: from assessment to action in coastal social-ecological systems. *Ecology and Society*, 22(2). DOI: <https://doi.org/10.5751/es-09325-220222>
- [72] Yletyinen, J., Hentati-Sundberg, J., Blenckner, T., & Bodin, Ö. (2018). Fishing strategy diversification and fishers' ecological dependency. *Ecology and Society*, 23(3). DOI: <https://doi.org/10.5751/es-10211-230328>

Políticas de educación superior y empleo en México ante un mundo VUCA¹

José Ernesto Rangel Delgado² - Universidad de Colima, México

Resumen

El propósito de esta investigación es comprender las políticas de educación superior y empleo, y el mercado de trabajo de profesionistas en un contexto volátil, incierto, complejo y ambiguo (VUCA, por sus siglas en inglés). Ante ello se sugiere retomar la estrategia, en tanto concepto que dio origen a VUCA, como herramienta idónea para atender un punto de la agenda pública no resuelto. En este sentido, las políticas de educación superior y empleo se colocan como el eje articulador para atender el problema de la insuficiencia de empleos para egresados que, en el mejor de los casos, muestran ingresos exigüos. Ciertamente el artículo presenta limitaciones, como es el caso de información definitiva sobre los resultados de las Universidades del Bienestar (UBB), debido a su reciente creación. Por otro lado, resulta notoria la relevancia de la educación superior como un elemento de resiliencia ante un mundo VUCA que debe ser fortalecido con un mayor nivel de participación tipo cinco hélices.

Clasificación JEL: J44, J48.

Palabras clave: Políticas de educación superior y empleo, estrategia, egresados, VUCA.

Bachelor education and employment policies in Mexico in the face of a VUCA world

Abstract

The purpose of this research is to understand bachelor education and employment policies and the graduate's labor market in a volatile, uncertain, complex, and ambiguous (VUCA) context. Therefore, it is suggested that the strategy, as the concept that gave rise to VUCA, be taken up again as an ideal tool to address an unsolved point on the public agenda. In this sense, higher education and employment policies are placed as the articulating axis to address the problem of the lack of jobs for graduates who, in the best of cases, show meager incomes. Certainly, the article has limitations, as is the case of definitive information on the results of the Welfare Universities (UBB), due to their recent creation. On the other hand, the relevance of higher education as an element of resilience in a VUCA world is notorious, and its link with the different sectors of society should be strengthened with a five-helix society participation.

JEL Classification: J44, J48.

Keywords: Bachelor education and employment policies, strategy, graduate, VUCA.

¹ El término VUCA, aparece después de la Guerra Fría, a principios de los años 90 del siglo pasado, cuando parecía que el capitalismo la había ganado y comenzaban tiempos de estabilidad bajo el dominio de la hegemonía norteamericana (Stiehm, Judith Hicks and Nicholas W. Townsend (2002). *The U.S. Army War College: Military Education in a Democracy* (<https://books.google.com/?id=sEkp6G1K19c> C&pg=PA34&dq=VUCA#PPA6, M1). Temple University Press. p. 6. ISBN 1-56639-960-2.

² Autor de correspondencia. Email: erangel@uclm.mx

*Sin fuente de financiamiento para el desarrollo de la investigación



1. Introducción

Se ha reiterado en distintos momentos la importancia de fortalecer el carácter estratégico de la educación superior para el empleo, pero desafortunadamente no se terminan de corregir sus inconsistencias cuando ya toca repensar este vínculo debido a la pandemia de COVID-19 y al conflicto bélico en Europa. En este contexto, la toma de decisiones con base en la política pública en la materia se enfrenta a un mundo complejo, volátil, incierto y ambiguo (VUCA, por sus siglas en inglés).

Para los efectos de este artículo, el diseño, implementación y evaluación de políticas de educación superior y empleo son el eje para articular la toma de decisiones en la materia, ante un mundo VUCA, el cual muestra condiciones difíciles de sortear debido a su condición inestable ante la cual la educación superior y el empleo se presentan como procesos socioeconómicos que aportan al progreso de México.

De ahí que, la planeación estratégica, sumada a la ética de un recurso humano formado para el seguimiento de su aplicación, favorezcan al desarrollo por medio de la aplicación eficaz y eficiente de políticas públicas en materia de educación superior y empleo de México.

Dichas políticas han de enfrentarse a un mundo inestable que actualmente se caracteriza por varias crisis: la de la COVID-19; la crisis bélica en Europa; la crisis energética; la crisis económica y financiera sesgada a una galopante inflación; y una crisis no menos importante que exacerba el riesgo de una ya de por sí insuficiente producción agrícola que conduce a la inseguridad alimentaria. Todo esto a propósito de una fragmentación de la globalización que se perfila bajo el divisionismo que propicia una lucha de intereses.

Dichos factores sin duda afectan la enseñanza y el aprendizaje en el salón de clase, sea éste virtual o presencial, requiriéndose altos niveles de resiliencia de los procesos educativos de acuerdo con una clara planeación estratégica, referidos de igual manera a las condiciones de empleo de los jóvenes que egresan de las instituciones de educación superior.

De ahí que el propósito de esta investigación es comprender a las políticas de educación superior y empleo, tanto como el mercado de trabajo de profesionistas en un contexto VUCA. Ante ello se sugiere retomar la estrategia, que dio origen a VUCA, como la herramienta idónea para atender un punto de la agenda pública no resuelto.

2. Método y metodología

La lógica del análisis de esta investigación se centra en un planteamiento que apunta a considerar como variable dependiente de las políticas de educación superior y empleo a la formación de egresados provenientes de las instituciones de educación superior, contextualizadas en un mundo volátil, incierto, complejo y ambiguo. De forma tal que si bien la hipótesis central de este trabajo se basa en una relación positivista (Comte, 2007), se acepta también que en materia de política pública se transite de “una vía incremental y fragmentada” a otra “holística” que sólo puede ser vista desde una perspectiva “sistémica” (Covarrubias, 2020), lo cual abre la posibilidad de análisis posteriores que complementen este artículo. De ahí que el presente trabajo se coloque en una relación metodológica entre variables dependientes e independientes, para enfrentar el problema que implica

VUCA (Stiehm y Townsend , 2002), así como en el sentido sistémico (Bertalanffy, 1989), en materia de política pública (Parsons, 2007).

Por lo anterior, la hipótesis central del presente trabajo es que un mundo VUCA influye con mayor fuerza en las políticas de educación superior y empleo de profesionistas; escenario que se complica por las crisis bélica y sanitaria que azotan hoy a la humanidad.

Así que el modelo de análisis se centra en variables independientes tanto como dependientes. Como variable independiente se considera a las políticas de educación superior y empleo en tanto que inciden en el fortalecimiento de la vinculación entre universidad y sector productivo, para a su vez favorecer el mercado de trabajo de profesionistas egresados de las universidades.

En atención a su propósito, este documento considera dos grandes vertientes para la interpretación de las políticas de educación superior y de empleo, asociadas con la estrategia en un mundo VUCA. En primer lugar, se considera que en materia de políticas de educación superior se distinguen dos ámbitos: por un lado, el del control financiero estricto de las universidades públicas por parte de la Secretaría de Educación Pública; y por otro, el del incremento de las instituciones de educación superior con el arribo de las Universidades del Bienestar. De tal forma que por un lado se tiende a optimizar el recurso financiero, mientras que por otro se amplía dicho recurso sin notorios resultados de este último hasta el momento.

Por el lado de la política de empleo se observa que el mercado de trabajo de profesionistas se encuentra limitado, tanto por la rigidez del sector productivo, como por su inflexibilidad para absorber el incremento de la Población Económicamente Activa (Mendoza, 2020), lo cual se agudiza en un contexto VUCA (de pandemia e inestabilidad económica financiera propiciada por el conflicto bélico en Europa).

3. Resultados

El incremento en el número de universidades públicas en México (más de 100 UBBJ), si bien se centra en la congruencia entre la educación superior y el empleo para atender problemas locales, aún no presenta resultados. Debido a la reciente apertura de dichas universidades no es factible, en este momento, mostrar resultados orientados a fortalecer la postura de las políticas de educación superior y empleo ante un mundo altamente inestable en la actualidad, de forma tal que nos centramos en sus objetivos. El diseño de los programas de estudio de esta alternativa universitaria se basa en la conformación de cuadros que atiendan los problemas de la localidad, buscando con ello mayores niveles de vinculación con los sectores social y productivo del lugar; lo cual requiere atender de manera permanente la calidad de los programas.

Por otro lado, se tiene que, al tercer trimestre de 2021, según datos del Observatorio Laboral del Gobierno de México (2021), el 78.2% de los egresados tiene un empleo afín con su área de especialidad, mientras que, por ejemplo, el 28.8% de los profesionistas provenientes del área económico-administrativa trabajan en actividades que no son acordes con su formación profesional.

Dando seguimiento a la lógica del análisis, se tienen posiciones que vistas en perspectiva, parecen complementarse, por un lado en la información proporcionada por la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo de México (2021), el “34% de las personas egresadas de una carrera universitaria tiene un empleo informal” (Katia Guzman, mencionada por Rivera, 2021). Asimismo, se reconoce que entre los desafíos a los que se enfrenta este segmento de la población, se encuentran la

falta de experiencia; remuneraciones económicas a nivel de servicio social y práctica profesional (el 87% de los egresados con empleo recibe salario de oficinista, contra el 12% de freelancer) (Rivera, 2021); situación que se encuentra estrechamente ligada al alto grado de incertidumbre que implica un mundo VUCA, por lo que los jóvenes profesionistas se ven obligados a aceptar ese nivel de ingresos, así como la adaptabilidad a los cambios y aprendizaje constante.

Por su parte, Fazhi et al. (2020), consideran que “...el logro educativo aumenta las habilidades cognitivas y por lo tanto mejora los resultados del mercado laboral”, que en el marco de la sociedad del conocimiento se confirma aún más, por lo que se puede interpretar que aquél 34% de los egresados que tiene un empleo informal no lo perdió a causa de la crisis sanitaria, porque su nivel de educación superior se cotizó favorablemente, lo cual confirma la preponderancia del conocimiento frente al “saber hacer” en los programas de estudio. Para continuar al menos con esa posibilidad de no perder el empleo, los mencionados autores consideran que es conveniente mantener los niveles de gasto (inversión) público(a) en educación; proporcionar apoyo a los ingresos y al empleo; e invertir en habilidades digitales y tecnología para adaptarse rápido a las eventualidades que impone un mundo VUCA.

La realidad entre estos dos argumentos es que, durante la pandemia el segmento de los egresados de la educación superior fue uno de los que menos se vio afectado, en comparación con la población con niveles educativos menores, aunado a la situación bélica en Europa, las sanciones a Rusia y el incremento en los precios del petróleo, que propician un mayor índice de inflación y presionan a los ya de por sí exiguos ingresos de este segmento de la población; generando una suerte de devaluación de las carreras producto de la subutilización de las mismas en un empleo informal.

Es así que, se colocan en perspectiva tres grandes problemas que deben atenderse en un contexto VUCA: el control financiero de las universidades públicas que no debe contravenir su misión y visión, llevándole hasta la inanición financiera; en segundo lugar, si bien la iniciativa de las universidades del bienestar apuntan a un mayor y claro nivel de vinculación con el sector productivo, se hace necesario el aseguramiento de la calidad de la nueva inversión y la ampliación de la estructura económica para atender el mercado de trabajo profesional restrictivo e inflexible en atención al incremento de los egresados provenientes del ámbito universitario; por último, se subraya la importancia de la estrategia para mirar hacia nichos de oportunidad que deben atenderse con nuevas carreras en el futuro en asociación con los diversos sectores de la sociedad.

4. ¿Qué es VUCA? y su relación con las políticas de educación superior y el empleo

El concepto

El término VUCA³ aparece después de la Guerra Fría, a principios de los años 90 del siglo pasado (Stiehm y Townsend, 2002) cuando se abre espacio a un mundo unipolar y cuando parecía que

³ **Volatilidad (volatility)**: es la velocidad a la que se puede producir una gran cantidad de cambios; **Incertidumbre (uncertainty)**: se refiere a la limitada capacidad de predecir lo que puede pasar en un futuro; **Complejidad (complexity)**: se trata de la dificultad para comprender el contexto; **Ambigüedad (ambiguity)**: es aquella falta de claridad para entender el entorno, lo cual conlleva a la incertidumbre (Santander, 2022).

comenzaban tiempos de estabilidad global bajo la hegemonía norteamericana. Entonces, los tiempos por venir significaban la tranquilidad de ya no tener que luchar contra el enemigo soviético (usualmente identificado como Rusia) y la posibilidad de que los países exsoviéticos se fueran incorporando al mundo capitalista de manera sistemática y organizada de acuerdo con los intereses de Estados Unidos, la Unión Europea y de los suyos propios. Sin embargo, Europa Oriental entraba en una etapa de asimilación de un modelo económico que le era desconocido, así como también la Federación de Rusia que quedaba como heredera de la URSS con altos costos sociales. En diez años se transformó la economía y se insertó aceleradamente al capitalismo. Para el año 2000 todo parecía caminar sobre ruedas, pero la reincorporación de Crimea a Rusia en 2014, con el recelo de Occidente, la situación inestable de las regiones de Danetsk y Lugansk en el Donbás y más tarde la intervención de Rusia en Ucrania con impacto global por la crisis del gas suministrado a Europa, dan como resultado la permanencia de condiciones inestables que abren el espacio para interpretarlo desde un enfoque VUCA, con la finalidad de explicar estas condiciones que impactan en todos los ámbitos, y el de la educación superior asociada con el del empleo que es nuestro caso.

Política pública vs VUCA

De acuerdo con Parsons (2007, p.31), la política pública se refiere a “lo público y sus problemas”, pero también “a la forma en que se definen y construyen cuestiones y problemas, y a la forma en que llegan a la agenda pública y a la agenda de las políticas públicas. Asimismo estudian `cómo, por qué y para qué los gobiernos adoptan determinadas medidas y actúan o no actúan´...(o en otras palabras)...estudian `qué hacen los gobiernos, por qué lo hacen y cuál es su efecto”

A partir de esta definición, es de interés, por un lado, colocar a las políticas públicas de educación superior y empleo frente a un mundo VUCA, y por otro, de cómo dichas políticas impactan en el diseño y operación de las políticas internas de las instituciones de educación superior en materia de formación de egresados para el empleo.

Dado lo anterior se invita a reflexionar el tipo de organización que se necesita para disminuir el riesgo y la inestabilidad, así como las decisiones que se han de tomar, haciendo énfasis en la planeación estratégica. Coincidiendo con Rodríguez (2017, vii) “...Nunca, como en la actualidad, el entorno o ambiente de las empresas ha estado tan lleno de amenazas y oportunidades, y es el cambio el que las genera. La planeación estratégica prepara a los gerentes o administradores para afrontarlo, les ayuda a valerse de él, les permite optimizar sus beneficios y reducir al mínimo sus problemas”.

Para el caso de México, de acuerdo con ANUIES (2000, p.20), dichas políticas deben de ser:

- 1). De largo plazo y ajustables al cambio (particularmente para nuestro país han de trascender los planes sexenales), además de tener que considerar problemas que obligan a realizar ajustes al plan;
- 2). Su diseño ha de basarse en los acuerdos entre los diferentes niveles de gobierno, grupos sociales y fuerzas políticas del país, con la finalidad de incidir en la agenda pública;
- 3). Que la sociedad se asegure que esta visión sea incorporada en los planes de desarrollo y programas de gobierno, para asegurar una política pública que resuelva problemas específicos y;
- 4). La sociedad ha de estar comprometida a promover esas metas en diferentes esferas de acción denotando el carácter público y los problemas que la sociedad considera de mayor relevancia para resolver (Parsons, 2007).

Así pues, cuando se nos refiere a la política pública, pensamos en un instrumento de la administración pública para el logro de metas específicas. Este instrumento opera por medio de programas que implican objetivos, metas y acciones, que se asocian con un sistema de planeación

nacional que tiene la tarea de orientar a la economía hacia logros socioeconómicos específicos. El plan nacional es por lo tanto un orientador que requiere llevarse a cabo para el logro de un objetivo particular. Lo cual no es novedoso para el caso de México, país acostumbrado a la planeación, pero que presenta áreas de oportunidad interesantes, como se ha mencionado arriba.

Considerando que lo anterior es correcto, entonces cuando se habla de la implementación de política pública en un contexto VUCA, estamos hablando de un instrumento que eventualmente será diseñado para enfrentar un mundo en cambio constante. De ahí la importancia que tiene un plan estratégico como eje rector del quehacer público, que colocado en el contexto de una dirección colaborativa para la educación y para el empleo en el futuro, conduce a condiciones de mayor certidumbre (APEC Education Conference, 2022).

Asimismo, para favorecer la asociación de política pública con una dirección colaborativa para la educación superior y con el empleo para el futuro en un entorno VUCA, es necesario en primer lugar otorgar precisamente esa connotación de estratégico y en segundo lugar precisar con claridad sus objetivos (estratégicos), en el marco de un pacto de innovación tipo “cinco hélices” entre la política, el sector público, la educación, el medio ambiente y la economía (Crayannis et al., 2012), para hacer viables los cambios estructurales que se requieren para enfrentar un mundo VUCA.

Esa problemática de articulación interna de la política pública se asocia con condiciones externas inestables, que si bien históricamente caracterizan al mundo en general, hoy nos presenta el reto de repensar nuestra realidad en un contexto determinante de volatilidad, incertidumbre, complejidad y ambigüedad.

Como ya hemos mencionado, actualmente dos grandes eventos propician un ambiente inestable que golpea las condiciones de orden establecidas en torno a objetivos específicos, nos referimos a la pandemia COVID-19 y la situación bélica en Europa. De acuerdo con Covarrubias (2020), que si bien se refiere en específico a la COVID-19, es posible considerar el conflicto bélico entre Rusia y Ucrania en un contexto VUCA dado que desestabilizó el sistema económico mundial, y que propició un amplio número de problemas emergentes que se requiere atender y que “...están desbordando de manera creciente la capacidad de los gobiernos y que reclaman cambios de fondo en los paradigmas que han guiado el quehacer de la administración pública”, como es el caso de: “..la inseguridad, el crimen organizado, la degradación del medio ambiente, el tráfico de drogas, el tráfico de personas, el terrorismo, la migración irregular y los refugiados, la marginación social, el cambio climático, la mayor ocurrencia de desastres naturales y las enfermedades endémicas, como la obesidad...” para los que “...las respuestas políticas a estas cuestiones deben desarrollarse e implementarse en concierto con otras intervenciones de otros contextos y ámbitos políticos para que sean efectivas” (Covarrubias, 2020, p.528), haciendo referencia a la relevancia de la cooperación internacional ante problemas globales.

Por su parte, la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES) lanzó un Acuerdo Nacional por la Unidad en la Educación Superior frente a la emergencia sanitaria provocada por la COVID-19, manifestando el compromiso de las instituciones de educación superior (IES), con el beneplácito de la Secretaría de Educación Pública, responsable de la política educativa en México, de:

...salvaguardar la salud de sus comunidades y de la sociedad en general; asegurar la continuidad de sus servicios académicos; poner a disposición de la sociedad sus capacidades científicas y técnicas, y en caso necesario, su infraestructura y equipamiento para atender los efectos de este fenómeno epidemiológico (...para lo que se suspenderán...) actividades presenciales en todo el país (...y...), las instituciones de educación superior seguirán implementando, conforme a sus posibilidades, medidas urgentes que les permitan adaptarse a las nuevas circunstancias y limitaciones para continuar atendiendo a sus alumnos mediante modalidades no escolarizadas sin detrimento de la calidad...atendiendo oportunamente a la población que se encuentre en condiciones de desventaja socioeconómica... (...se implementarán...) medidas preventivas en coordinación con los tres órdenes de gobierno...(así como...) campañas de prevención, utilizar sus recursos tecnológicos para identificar a la población en situación de vulnerabilidad, participar en programas de asistencia social con pleno respeto a los derechos humanos y en el acopio y distribución de bienes de primera necesidad...(así como...), el desarrollo y ampliación de las capacidades del personal de salud; asistencia psicológica y orientación media por personal especializado; continuarán produciendo en sus laboratorios sustancias para desinfectar e insumos para la protección del personal médico; y contribuirán, en estrecha vinculación con los gobiernos locales y los sectores productivos en la formulación y desarrollo de proyectos para reactivar la economía y mitigar los efectos de la pandemia. (ANUIES, 2020, pp.1-2)

Este listado de buenas intenciones se llevó a cabo de acuerdo con las posibilidades de cada institución de educación superior y fue apoyado con la aplicación de la vacuna contra la COVID-19, ya que, debido a ella, la situación fue mejorando, disminuyendo tanto los contagios como las muertes producto de esta enfermedad. La presencialidad se ha venido recuperando y el encuentro en el salón de clases vuelve a ser la forma de impartir docencia en las universidades. El retorno, sin embargo, no fue fácil y el gran reto de desaprender lo aprendido durante la pandemia se encuentra a la luz del día. Profesores, administrativos y los mismos estudiantes nos enfrentamos a esto para recuperar buena parte de la calidad de la enseñanza perdida por la flexibilidad a la que el sistema educativo se vio obligado, debido a consideraciones que van desde afectaciones psicológicas, económicas, familiares hasta excusas ingenuas. Era todo, entonces, como ocultarse bajo el manto de la tecnología -el profesor con dificultad conocía la cara de su estudiante-, la normativa incluso lo permitía y la comunicación se fracturaba de esta forma. Con la vuelta a la presencialidad, las cosas hoy parecen irse delineando hacia una nueva realidad que exige renovar la docencia, así como el diseño de planes de estudio acordes con un futuro VUCA, haciendo énfasis en el vínculo entre la educación superior y el empleo.

México y la planeación estratégica en materia de educación superior y empleo

De acuerdo con Vélez et al. (2022, p.2), la planeación estratégica "Permite decidir en la actualidad el rumbo y desarrollo de la organización a lo largo del tiempo en atención a su filosofía institucional, integrada por la misión y la visión". Si bien la planeación estratégica se presenta como una práctica que se enfrenta a VUCA, para reducir la intensidad del riesgo, la misma siempre se encontrará ante

la posibilidad de ajustar sus acciones según los cambios que se vayan dando durante el seguimiento del plan.

Proyectos estratégicos en México, como el Corredor Interoceánico del Istmo de Tehuantepec, el Tren Maya, la refinería Dos Bocas, el Aeropuerto Felipe Ángeles y el sistema aeroportuario (entre otros aeropuertos como los de Tulum, Quintana Roo y Barrancas del Cobre en Creel, Chihuahua), en la práctica están orientados a disminuir la incertidumbre que genera el cambio permanente⁴. Es el caso de la construcción del Aeropuerto Felipe Ángeles en momentos de pandemia COVID-19, aunque con un impacto contra cíclico en la asignación presupuestal federal por el poco apoyo a la empresa privada y en particular a las MIPyME's. Dichos proyectos pretenden generar más empleos y propician la reflexión en torno a una mejor educación superior.

En materia de políticas de educación superior, la estrategia en el actual gobierno se encuentra concentrada en dos ámbitos: el primero que hace énfasis en una disciplina financiera con transparencia en el manejo de los recursos de las 35 universidades públicas estatales; y el segundo que se refiere al surgimiento de las Universidades para el Bienestar "Benito Juárez García" alrededor de todo el país y para el largo plazo⁵. Para lo que es deseable un sistema tipo "cinco hélices", con el sector privado (la empresa), el gobierno, el usuario de la innovación (social que incluye la sociedad civil influenciada por los medios de comunicación) y los grandes temas del medio ambiente (Castillo, 2020).

En este trabajo nos parece interesante referirnos a la segunda estrategia, debido a la intención que tiene esta política de vincular la universidad con el ámbito local. La apertura de las Universidades para el Bienestar "Benito Juárez García" (UBBJ) que "...fueron creadas el 30 de julio de 2019 (...tienen...) el propósito de ofrecer educación superior a los jóvenes y adultos que no han tenido oportunidad de ingresar a las universidades más demandadas del país" (Ahora si paso, 2022), con lo que se incrementa la cobertura en el nivel de licenciatura y posgrado con un subsidio estatal considerable, ya que para el año 2022 se destinaron 1,024,470,537 pesos para el desarrollo de los jóvenes (Diario Oficial de la Federación, 2021: anexo 17)⁶. Pero lo más importante es que son instituciones ligadas a comunidades rurales que pretenden ser beneficiadas con egresados cercanos a la problemática local.

⁴ En el Presupuesto de Egresos de la Federación son considerados como "Principales Programas" en el Anexo 26 (Diario Oficial de la Federación, 2021).

⁵ El conjunto de Instituciones de Educación Superior que considera la Subsecretaría de Educación Superior incluye; Universidades Públicas Federales, Universidades Públicas Estatales, Universidades Tecnológicas, Universidades Públicas Estatales con Apoyo Solidario, Institutos Tecnológicos, Universidades Politécnicas, la Universidad Pedagógica Nacional, Universidad Abierta y a Distancia de México, Universidades Interculturales, Escuelas Normales Públicas, Centros Públicos de Investigación, y Otras Instituciones Públicas entre las que aparecen la UBBJ (<https://www.educacionsuperior.sep.gob.mx/>).

⁶ Sin embargo, según refiere la revista *Expansión*, en el año 2021, pareció haber problemas en cuanto a los recursos asignados, de forma tal que el Instituto Federal de Acceso a la Información Pública y Protección de datos personales (INAI), requirió al Organismo Coordinador de las Universidades para el Bienestar Benito Juárez García (OCUBBJ), presentar información sobre la transferencia de los recursos destinados a cada una de la 140 UBBJ (Ortega, 2021).

De acuerdo con el portal “Ahora si paso”, las UBBJ cuentan con 36 carreras (licenciaturas e ingenierías) “...distribuidas en 6 áreas de conocimiento: 1. Desarrollo regional sustentable; 2. Procesos agroalimentarios; 3. Patrimonio histórico, cultural y natural; Energía; Estudios Sociales y; Salud” (Ahora si paso, 2022), mismas que se distribuyen como la tabla 1 lo indica.

Tabla 1. Carreras según área de conocimiento en las UBBJ

Área de conocimiento (Número de carreras)	Carreras
Desarrollo regional sustentable (5)	<ul style="list-style-type: none"> • Ingeniería en desarrollo regional sustentable • Ingeniería ambiental para la sustentabilidad • Ingeniería en gestión integrada del agua • Ingeniería forestal comunitaria • Ingeniería de sistemas de biodiversidad tropical
Procesos agroalimentarios (6)	<ul style="list-style-type: none"> • Ingeniería en administración agropecuaria • Ingeniería en agronomía y agricultura • Ingeniería en agricultura y agronomía • Ingeniería en acuicultura y piscicultura • Ingeniería agroforestal • Ingeniería en procesos agroalimentarios
Patrimonio histórico cultural y natural (6)	<ul style="list-style-type: none"> • Licenciatura en formación docente en educación básica • Licenciatura en música y laudaría • Licenciatura en música y artes • Licenciatura en patrimonio histórico, cultural y natural • Licenciatura en patrimonio histórico, industria de viajes y turismo • Licenciatura en expresión y producción artística
Energía (10)	<ul style="list-style-type: none"> • Ingeniería y administración de la industria energética • Ingeniería química en desarrollo de la industria petrolera • Ingeniería en procesos petroleros • Ingeniería civil • Ingeniería electromecánica • Ingeniería en computación • Ingeniería Industrial • Ingeniería en energías renovables • Ingeniería en minas y restauración ambiental • Ingeniería en minas y mantenimiento industrial

Estudios sociales (5)	<ul style="list-style-type: none"> • Licenciatura en contabilidad y administración pública • Licenciatura en estudios sociales • Licenciatura en administración municipal y políticas públicas • Licenciatura en derecho y administración pública • Licenciatura en derecho
Salud (3)	<ul style="list-style-type: none"> • Licenciatura en medicina integral y salud comunitaria • Licenciatura en enfermería y obstetricia • Licenciatura en medicina veterinaria y zootecnia

Fuente: Ahora si paso (2022).

Las actuales tendencias sobre el papel de la educación superior muestran una necesidad cada vez mayor de comprender a la universidad y sus carreras como un instrumento que contribuye al desarrollo, principalmente local. De ahí que se espere la participación activa de los sectores social y productivo; el primero en cuanto que es el principal beneficiario de la formación de recurso humano y el segundo en cuanto a su capacidad para generar empleo.

En la tabla anterior se observa la vinculación del tipo de carrera que se ofrece con las necesidades de la población beneficiada, ya que prevalece una perspectiva desde las ingenierías. De 35 carreras, 21 (60%) se encuentran en las ingenierías y 14 (40%) en el perfil de sociales, económico administrativo y artes, que para efectos de este documento hemos de considerar como sociales; marcando un alineamiento a las tendencias globales de ofrecer carreras claramente vinculadas con el entorno.

Por otro lado, se puede observar en la tabla 2 la distribución geográfica por tipo de carrera en las UBBJ a lo largo del país.

Tabla 2. Tipos de carrera UBBJ por estado

Carreras (número de estados)	Estado
Ingenierías (26)	Durango, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Oaxaca, Puebla, Sinaloa, Veracruz, Yucatán, Aguascalientes, Chihuahua, Tamaulipas, Tlaxcala, Zacatecas, Edo. de México, CDMX, Nuevo León, Campeche, Chiapas, Colima, Baja California, Hidalgo, San Luis Potosí, Coahuila, Guanajuato, Tabasco.
Sociales (22)	CDMX, Hidalgo, Michoacán, Oaxaca, Veracruz, Yucatán, Querétaro, Quintana Roo, Chiapas, Coahuila, Tabasco, Guerrero, Hidalgo, Guanajuato, Morelos, Sonora, Tamaulipas, Edo. de México, Puebla, Tlaxcala, Campeche.

Fuente: Elaboración propia con base en datos del portal Ahora si paso (2022).

De la información proporcionada en la tabla anterior, se percibe que el territorio UBBJ abarca casi todos los estados de México. Resalta que prevalece nuevamente el enfoque de las ingenierías en 26 de los estados, territorio UBBJ; mientras que en 22 sí se consideran las carreras con perfil social. De esa manera se marca el interés por las carreras orientadas a la solución de los problemas comunitarios. Sin duda el enfoque social, al prevalecer, permite proporcionar posibles soluciones a la comunidad para una mejor organización y entendimiento tanto de los esfuerzos orientados a mejores resultados como de la razón de ser de las UBBJ.

Al revisar y analizar los contenidos, se observa que el contenido del currículum de cada programa está determinado por las condiciones locales, lo cual conlleva el propósito de influir en la localidad e incluso en la región donde se ubica la UBBJ. Llama la atención la importancia que se le asigna al recuento de la participación y organización de las comunidades en la búsqueda de mejores condiciones de vida, dejando entrever cierta confirmación de la identidad de la comunidad y la importancia de permanecer en ella.

Por otro lado, en materia de políticas de empleo, de acuerdo con Mendoza (2020, 2), “..la economía mexicana es altamente dependiente a la contracción de la demanda externa de bienes producidos en México y, así mismo, a la caída de la demanda del factor trabajo, que ha resultado de las medidas de confinamiento, lo cual ha derivado en una crisis de empleo en el sector mexicano”, que incluye el empleo de egresados sujetos a un mercado laboral que no se ajusta con facilidad ante el incremento de la Población Económicamente Activa, producto de una restricción económica, como es posible observar con la COVID-19. La política de empleo entra en crisis y como se ha comentado arriba, se desborda la capacidad de la administración pública de los gobiernos (Covarrubias, 2020), afectando la relación de la educación superior con el empleo en un mundo VUCA. De ahí que el incremento de la oferta educativa vía las UABBJ, se enfrentará eventualmente a un mercado de trabajo inflexible.

Por su parte, Valdivia (2021, pp. 86-87) considera que frente a la pandemia las acciones más importantes se centraron en: conservar el salario íntegro de los trabajadores; asesorar desde el gobierno a empresas con dificultades por medio de la Procuraduría Federal de la Defensa del Trabajo; promover un sistema blando de créditos y microcréditos en los que instituciones públicas como el Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado, el Fondo Nacional para el Consumo de los Trabajadores, el Instituto Mexicano del Seguro Social, la Secretaría de Empleo y Previsión Social, entre otras, jugaron un papel protagónico.

Por otro lado y de acuerdo con INEGI (2022), “la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo, Nueva Edición (ENOEN), en mayo de 2022 y con cifras originales, la Población Económicamente Activa (PEA) fue de 59.1 millones de personas”, misma que en comparación con la de 2021 se incrementó en 1.9 millones (que se enfrenta a la inflexibilidad del mercado laboral comentada arriba). De este total, 96.7% fue PEA ocupada para mayo de 2022, es decir, 2.2 millones más que en mayo de 2021; mientras que la Población No Económicamente Activa (PNEA) se posicionó en 40 millones de personas, 206 mil menos que en mayo de 2021.

La misma fuente indica que la población desocupada fue de 1.9 millones de personas y la Tasa de Desocupación (TD) de 3.3 % de la PEA. Respecto a mayo de 2021, la población desocupada descendió en 352 mil personas y la TD fue menor en 0.7 puntos porcentuales. En mayo de 2022, la tasa mensual y con cifras desestacionalizadas, la Tasa de Desocupación creció 0.3 puntos

porcentuales al ubicarse en 3.4%. La Tasa de Subocupación disminuyó 0.4 puntos al situarse en 8.4 % en el mismo periodo (INEGI, 2022).

En lo que se refiere a la ocupación de profesionistas, se observa que según datos del Observatorio Laboral (2022), durante el tercer trimestre de 2021 en el país se registraron 10.3 millones de profesionistas, destacando en orden de importancia las carreras de Administración y gestión de empresas (703,200); Derecho (599,974) y Contabilidad y fiscalización (523,023), representando 17.8% del total de los profesionistas ocupados. Asimismo, dicha fuente menciona que las carreras con menos número de ocupados son: Diagnóstico médico y tecnología del tratamiento (7,759); Ciencias de la Tierra y de la atmósfera (7,733); y Formación docente para educación de nivel medio superior (5,103).

La misma fuente menciona que las áreas del conocimiento con mayor número de ocupados en orden importancia, son: Económico administrativa (1,806 miles de ocupados); Ingenierías (1,184 miles de ocupados); Educación (1,018 miles de ocupados); Ciencias Sociales (944 miles de ocupados); Ciencias de la salud (944 miles de ocupados); Arquitectura, Urbanismo y Diseño (155 miles de ocupados); Artes (110 miles de ocupados); mientras que entre las de menor número de ocupados se encuentran: Ciencias biológicas, Humanidades y Ciencias Físico-Matemáticas, con apenas 20 mil 563 profesionistas ocupados entre estas tres áreas.

Asimismo, la distribución por sexo coloca a las mujeres profesionistas con el 46.4% al tercer trimestre de 2021, mientras que la Encuesta Nacional de Empleo indica que el 4.8% de los profesionistas ocupados que se encuentran entre los 20-24 años de edad, se concentran mayoritariamente en las áreas de Ingenierías y Ciencias de la Salud; mientras que los profesionistas ocupados de 25 a 34 años de edad se concentran en las áreas de Artes y Arquitectura, Urbanismo y Diseño; y los del rango de edad que se encuentran entre los 35-44 años se ubican en las áreas de Educación y Ciencias Sociales. Con más de 45 años se encuentran Ciencias Físico Matemáticas y Ciencias Biológicas.

Siguiendo con la misma fuente, las carreras que muestran un mayor grado de afinidad con el empleo que desempeñan, es del 78.2% (figuran en primer lugar Medicina; Formación docente de nivel medio superior y Formación docente de programas multidisciplinarios o generales); mientras que el 28.8%, de los profesionistas ocupados en el área Económico-Administrativa, trabaja en actividades que no son acordes con su formación profesional.

Debido a la inconsistencia entre educación superior y empleo que muestra un mercado de trabajo que no es lo suficientemente amplio y especializado como para incorporar a los egresados de las instituciones de educación superior; además de un mundo VUCA que es la regla hoy por hoy, surge la reflexión de que no es posible continuar con procesos de docencia que tienden a favorecer una suerte de funcionalismo que los ubica en el “saber hacer” predominantemente, donde el conocimiento resulta un tanto marginal. Por ello, la vinculación del sector educativo con los sectores productivos es también otro de los grandes retos a tener en cuenta, para asumir el mundo del trabajo al cual se ha de enfrentar el egresado.

De ahí que el mayor conocimiento de los mercados de trabajo permite aprender mejores posibilidades de inserción en un mundo volátil, incierto, complejo y ambiguo. Al respecto, mucho de lo que determina este mercado se encuentra definido por el perfil productivo que sustenta la economía de la localidad, sea para universidades públicas estatales o como es el caso de las UBBJ.

5. Conclusiones

Dos ámbitos del área de análisis corresponden, por un lado, al diseño y aplicación eficiente y eficaz de políticas de educación superior y empleo, y por el otro, el vínculo entre la educación superior y el sector productivo en una suerte de pertinencia en un mundo en que es deseable se encuentren las condiciones para transformar la realidad socioeconómica por medio de los egresados de las universidades.

Como un insumo importante para la planeación estratégica en materia de educación superior y empleo, se tiene el diseño, implementación y evaluación de políticas de educación superior y empleo, en tanto eje que articula la toma de decisiones ante un mundo VUCA. En torno a este eje se entiende el desarrollo de la dirección colaborativa para la educación superior y la empleabilidad (profesionistas en formación), para facilitar las multi alianzas de tipo “cinco hélices” que se requieran, considerando a la educación superior como el proceso socioeconómico en que es posible sentar las bases de una estabilidad mayor.

Se presentaron aquí algunos datos del comportamiento de los egresados en tiempos de pandemia (aunque también se ha considerado, entre otros, la influencia del conflicto bélico entre Rusia y Ucrania), como manifestación de un mundo VUCA en la actualidad. Al respecto, se muestra que: 1). Los nuevos programas educativos de las UBBJ, no sólo se diseñan para lo local, sino que la ubicación de las universidades se encuentra regionalizada de acuerdo con las necesidades locales y 2). Que el segmento de la población correspondiente a los egresados ha sido el de menor desempleo, a diferencia de los niveles educativos previos, que se han visto afectados por los índices de inflación con niveles de ingreso muy castigados producto de COVID-19 y el conflicto bélico en Europa, lo cual confirma la resiliencia de la educación superior frente a un mundo VUCA.

Ciertamente, los alcances de esta investigación se encuentran limitados por la reciente apertura de las UBBJ que no proporcionan aún datos que permitan asegurar fehacientemente sus logros o fracasos, lo que queda como una tarea pendiente. Sin embargo, se presenta como una forma estratégica de vincular a la educación superior con la sociedad en que opera, buscando influir positivamente en el empleo de los jóvenes egresados, a lo que ha de ponerse especial atención a la calidad de sus programas educativos, así como a la inflexibilidad del mercado de trabajo en general y, en particular, del mercado de trabajo de profesionistas en México, enmarcado en una relación eficiente y eficaz entre políticas de educación superior y empleo en un mundo VUCA.

Referencias

- [1] Ahora si paso. (2022). *Universidades para el Bienestar “Benito Juárez García”*. <https://ahorasipaso.com/universidades-para-el-bienestar-benito-juarez-garcia/>
- [2] ANUIES. (2020). *Acuerdo Nacional por la Unidad en la Educación Superior frente a la emergencia sanitaria provocada por el COVID-19*. ANUIES, México
- [3] ANUIES. (2000). *La educación superior en el siglo XXI. Líneas estratégicas de desarrollo*. ANUIES, México.
- [4] APEC Education Conference. (05-06 de mayo de 2022). *The collaborative direction of education, employment, and decent work in the VUCA world*. Panel Collaborative Direction for Education and Future Employability. Bangkok, Tailandia.
- [5] Bertalanffy, Ludwig von (1989). *Teoría General de los sistemas*. Fondo de Cultura Económica, México.

- [6] Comte, A. (2007). *Discurso sobre el espíritu positivo*. Madrid: Alianza Editorial.
- [7] Castillo Vergara, M. (2020). *La teoría de las N-hélices en los tiempos de hoy*. Journal of Technology Management & Innovation, 15(3). <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-27242020000300003>
- [8] Covarrubias Moreno, M. (2020). *VUCA World y lecciones de interdependencia COVID-19*. GIGAPP Estudios Working Papers, 7(183), 513-532.
- [9] Crayannis, et. al. (2012). *The quintuple helix innovation model: global warming as a challenge and driver for innovation*. J Innov Etrep 1(2)
- [10] Diario Oficial de la Federación. (2021). Presupuesto de Egresos de la Federación para el Ejercicio Fiscal 2022,
- [11] Fazhi, Tazeen, Harry A. Ptrinós & M. Najeeb Shafiq (2020). *The impact of COVID-19 on labor market outcomes: Lessons from past economic crisis, Education for Global Development*, World Bank...Blogs, <https://blogs.worldbank.org/education/impact-covid-19-labor-market-outcomes-lessons-past-economic-crises>
- [12] INEGI. (2022). *Indicadores de ocupación y empleo*. <https://www.inegi.org.mx/app/saladeprensa/noticia.html?id=7424>
- [13] Mendoza Cota, J. E. (2020). *COVID-19 y el empleo en México: impacto inicial y pronósticos de corto plazo*. *Contaduría y Administración*, 65(5), 1-18 pp. Especial COVID-19. <http://dx.doi.org/10.22201/fca.24488410e.2020.3028>
- [14] Ortega, A. (25 de junio de 2021). *El INAI ordena revelar las transferencias a las Universidades Benito Juárez*. *Expansión*. <https://politica.expansion.mx/mexico/2021/06/25/el-inai-ordena-revelar-las-transferencias-a-las-universidades-benito-juarez>
- [15] Observatorio Laboral. (2021). *Tendencias del empleo profesional*. Servicio Nacional de Empleo, Gobierno de México. https://www.observatoriolaboral.gob.mx/static/estudiospublicaciones/Tendencias_empleo.html
- [16] Parsons, W. (2007). *Políticas públicas. Una introducción a la teoría y la práctica del análisis de políticas públicas*. Traducción al español realizada por Atenea Acevedo- FLACSO-México: Argentina.
- [17] Rivera, S. (2021). *Egresados sorteando la crisis del mercado laboral*. <http://www.cua.uam.mx/news/miscelanea/egresados-sorteando-la-tesis-del-mercado-laboral>
- [18] Rodríguez Valencia, J. (2017). *Cómo aplicar la planeación estratégica a la pequeña y mediana empresas*. Sexta edición, Cengage Learning Editores, S.A de C.V, México, D.F.
- [19] Santander Universidades (2022). *Entorno VUCA: ¿un desafío o una oportunidad?*, <https://www.becas-santander.com/es/blog/entorno-vuca.html>
- [20] Stiehm, J. H. and Townsend, N. W. (2002). *The U.S. Army War College: Military Education in a Democracy*. Temple University Press. https://books.google.com.mx/books?hl=en&lr=&id=AEBzEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR5&ots=ke9JsFEeaH&sig=VM5jVXxMAcH8PWIKT27NRBm11DE&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false.
- [21] Valdivia, V. (2021). *Empleo, desempleo y nuevos desafíos en la contingencia. Desempleo durante la era COVID-19 en APEC*. En Girón, A., Antonina, I. Y Zamora, A. (Coords.), *México en APEC: Agenda en tiempos de pandemia* (63-100 pp). Universidad Veracruzana y Universidad Autónoma de Baja California Sur, México.
- [22] Vélez Jiménez, D., Aragón Sanabria, R. y Rodríguez González, M. S. (2022). *Estudio para la calidad y prospectiva de la planeación estratégica organizacional en Educación Superior*. Sophia, colección de Filosofía de la Educación, 32, pp. 151-169. <https://doi.org/10.17163/soph.n32.2022.04>

Climate change, human rights and sustainability

Antonina Ivanova¹ - Universidad Autónoma de Baja California Sur, México

Rodrigo Serrano - Universidad Autónoma de Baja California Sur, México

Abstract

The aim of this paper is to explore the links between climate action, human rights and sustainability. The study is performed through an extensive literature review, combining aspects PRISMA guidelines and the Recursive Content Abstraction (RCA) analytical approach. First, we present the intrinsic relationship between climate change and SDGs, and how their compliance could be affected by climate change. Next, we analyze the evolution of human rights, and how present and future climate change impacts can harm the human rights of the first, second, third and fourth generations. We also discuss the importance of the government's policies and actions to protect and guarantee human rights within the actual reality of climate change effects, adaptation, and mitigation in the face of sustainable development goals (SDGs). We sustain that both national policies and international cooperation are necessary to affront the climate change challenges, guaranteeing the human rights at the same time. Based on the topics discussed, at the end the paper presents some final remarks.

JEL Classification: D63, K32, Q54, Q58, Q59.

Keywords: climate change, human rights, sustainability, justice, public policies.

Cambio climático, derechos humanos y sostenibilidad

Resumen

El objetivo de este artículo está orientado a explorar los vínculos entre la acción climática, los derechos humanos y la sostenibilidad. El estudio se realiza a través de una extensa revisión de la literatura, combinando aspectos de las directrices PRISMA y el enfoque analítico de Abstracción de Contenido Recursivo (RCA). Primero presentamos la relación intrínseca entre el cambio climático y los objetivos de desarrollo sostenible (ODS), y cómo su cumplimiento podría verse afectados por el cambio climático. A continuación, analizamos la evolución de los derechos humanos, y cómo los impactos presentes y futuros del cambio climático pueden perjudicar los derechos humanos de la primera, segunda y cuarta generación. También discutimos la importancia de las políticas y acciones gubernamentales para proteger y garantizar los derechos humanos dentro de la realidad actual de los efectos del cambio climático, la adaptación y la mitigación a la luz de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS). Sostenemos que tanto las políticas nacionales como la cooperación internacional, son necesarios para enfrentar los desafíos del cambio climático, garantizando al mismo tiempo los derechos humanos. Con base en los temas discutidos, al final del documento se presentan algunos comentarios finales.

Clasificación JEL: D63, K32, Q54, Q58, Q59.

Palabras clave: cambio climático, derechos humanos, sustentabilidad, justicia, políticas públicas.

¹ Corresponding author. Lead Author AR6 of the IPCC, Former Vice-Chair Working Group 3 of the IPCC

Email: aivanova@uabcs.mx

* No source of funding for research development



1. Introduction

According to the Future We Want, the outcome document of the 2012 Rio+20 conference, sustainable development requires that we balance economic, social and human development with ecosystem conservation and restoration, in the face of new and emerging challenges. Sustainable development overlaps with the procedural components of human rights and provides a useful lens to discuss its three pillars – environmental, social and economic – all of which are affected by climate change. Climate justice provides a useful framework to discuss the impact of climate change on vulnerable and marginalized communities.

Similarly, we cannot achieve sustainable development and perform efficient climate action in a society with high rates of poverty or inequality (UNGA, 2013). Equity and justice form the core of sustainable development, which includes both inter- and intra-generational equity. The New Delhi Declaration on Sustainable Development also points out that justice is intrinsic to the sustainability debate (UN, 2002; Griggs, 2014).

Clean and healthy environment is necessary for the fulfillment of human rights, such as the rights to life, health, food, housing, self-determination, and informed participation (Heines and Eby, 2019). Anthropogenic climate change nowadays is the most important threat to the environment and human beings. The Global Risk Report (2021) highlights among the most likely risks for the next ten years extreme weather conditions, the failure of climate action and man-made environmental damage. While, among the risks with the greatest impact in the next decade, infectious diseases are in the first place, followed by the failure of climate action and other environmental risks; as well as livelihood crises.

The principle of equity is central to the attainment of sustainable development. It refers to both inter-generational equity (the right of future generations to enjoy a sound environment and secure livelihood) and intra-generational equity (the right of people within the current generation of fair access and equitable use of natural resources).

Thus, notions of fairness and justice are inherent in the concept of sustainable development, which is one of the principles embodied in the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). Without realizing this central element of sustainable development, it would not be possible to design a successful legal regime regarding climate change.

The latest assessment report from the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2021) describes how observed and predicted changes in climate will adversely affect billions of people and the ecosystems, natural resources, and physical infrastructure upon which they depend. These harmful impacts include unique extreme events that pose a direct threat to human lives and safety, as well as environmental degradation in medium term, that will undermine access to clean water, food, (UNEP, 2015), and other key resources that support human life.

The main objective of this article is to present the intrinsic relationship between climate change, human rights and sustainability. The methodology is based on an extensive literature review, combining aspects of the “Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses

(PRISMA) guidelines², and the Recursive Content Abstraction (RCA) analytical approach³. The data were collected through a review of relevant materials including peer-reviewed papers, and official organization documents available on the internet. The documents were identified through a series of searches, using keywords associated with climate change, sustainability and human rights.

The paper is structured in three sections after this introduction. The second part presents how the compliance with the Sustainable Development Goals (SDGs) is directly intertwined with the climate change impacts and proper climate action. In the third part, we center on the linkages between climate change and human rights, beginning with a summary of the evolution of human rights. The fourth part is highlighting the necessary policies and actions that the governments must perform in order to avoid any harm caused on human rights by climate change direct and induced impacts. Finally, we present some concluding remarks.

2. Climate Change and Sustainable Development Goals (SDGs)

The main objective of the SDGs is to create better live conditions for the humanity to, protecting at the same time the environment, and guaranteeing the human rights of present and future generations. To access the impacts of climate change on the compliance with the SDGs is an important task in the face of the present environmental and civilization crisis. It is necessary to design pathways to achieve sustainability, considering the climate change scenarios (Nayen and Islam, 2021), and always protecting the human rights. Table 1 shows the linkage between the SDGs and climate change.

Table 1. Sustainable Development Goals (SDGs) and Climate Change

SDG	CONTENT	LINKS TO CLIMATE CHANGE
SDG1	End poverty worldwide	Has a sub-goal that refers to climate change: By 2030, reduce the vulnerability of the poor and all marginalized groups, and raise their resilience to extreme events and other socio-economic economic and environmental problems provoked or accelerated by climate change.
SDG 2	End hunger, achieve food security and foster sustainable agriculture	Refers to climate change impacts on crops and fisheries (floods, droughts, disease).
SDG 3	Water security	Refers to the need to reduce the number of people suffering affected by water scarcity, also it does not mention explicitly the climate change.
SDG 7	Universal access to clean, affordable and sustainable energy	The need to provide clean energy, is also related to limit the greenhouse gases emissions, and the access to energy by the marginalized population is a part of the resilience and adaptation.
SDG 13	Climate action	It is specifically on climate change and acknowledges that the UNFCCC is the main

² PRISMA is an evidence-based minimum set of items for reporting in systematic reviews and meta-analyses. According to PRISMA guidelines Scopus, Google Scholar databases and grey literature were searched (PRISMA, 2020).

³ For analysis, the configurative and recursive content abstraction (RCA) approach was used to summarize the information from the various sources in a concise and coherent manner.

		institution to address climate change and highlights the need to foster resilience and adaptive capacity to climate change impacts in short, medium and long term. It also stresses the need to integrate climate action into national strategies, and improve environmental education and capacity building regarding mitigation, adaptation, early warning and loss and damage. It also refers to vulnerable states and communities, including women and youth.
SDG 14	Life below water	Presents damage to the submarine life due to the sequestration of the CO ₂ by the oceans, migration of species, coral bleaching, etc.
SDG 15	Life on land	Protect and restore terrestrial ecosystems, avoid deforestation, desertification, and biodiversity loss. The forests are important for carbon sequestration. Many species are in danger of extinction, caused or accelerated by climate change.
SDG 16	Peace, justice and strong institutions	Promote peaceful and inclusive societies, provide access to justice for all, respecting the human rights (Newell, 2022). The strong institutions and the inclusive societies are very important for environmental protection and climate action.
SDG 17	Partnership for the goals	Renew the Global Partnership for Sustainable Development to guarantee the implementation of SDGs. The international cooperation is a key tool to foster sustainability and climate action. The green financing is a key tool to help the developing countries to perform adaptation and mitigation.

Source: produced by the authors.

3. Climate Change and Human Rights

The nature of the linkages between the environment and human rights has been debated for years. However, it has long been recognized that a clean, healthy and functional environment is integral to the enjoyment of human rights, such as the rights to life, health, food and an adequate standard of living (OHCHR, 2015). Some of the most representative international instruments are the International Covenant on Civil and Political Rights and Economic, Social and Cultural Rights, the American Convention on Human Rights, the Convention on Biological Diversity and its protocols, the Ramsar Convention, the Paris Agreement, the Convention United Nations Framework on Climate Change, just to mention some treaties or conventions in the global context. This recognition is reason for the creation of the multilateral environmental agreements (MEAs) to prohibit illegal trade in

wildlife, to preserve biodiversity and marine and terrestrial habitats, to reduce transboundary pollution, and to prevent other behaviors that harm the planet and its residents (Ivanova, 2007). At the same time, adherence to human rights—such as those that ensure public access to information and participation in decision making—contributes to more just decisions about the utilization and protection of environmental resources, and protects against the potential abuse under the auspices of environmental action. Thus, domestic environmental laws and MEAs can both be strengthened through the explicit incorporation of human rights principles, even as they already contribute to the realization of human rights.

3.1 Evolution of the human rights

Human rights were conceived as the emergence, evolution and consolidation of fundamental rights, from the perspective of their generation. Initially these arise as protection of the most precious individual values such as freedom and equality, known as First Generation Human Rights (Alexandrescu et al., 2021). Later they evolve from that original individuality to a collective coverage as follows (UNESCO, 1991): a) Liberty rights; b) Equality rights; c) Rights of autonomy; d) Rights of civic and political Participation; e) Rights to protection (by the State).

The Second and Third Generation Rights would come, are also known as Social and Collective Rights, and are manifested in the context of the national community or of world humanity. Some examples are the right to peace, environmental rights, rights of minorities, rights of gender, rights of nature, and the human right to water.

Many other fundamental rights have been developed after the world wars. They would emerge from the second half of the 20th century and especially in the last third of the present century (Soriano Castro, 2015). Many of them are still in the process of being admitted and recognized. The human right to safe environment was formally recognized by the General Assembly of the United Nations on July 27, 2022.

The so-called Fourth Generation Rights are based on the need to ensure access to information and communication technologies for all individuals. Technology arises out of necessity and its purpose is to make resources more efficient and to make our daily lives easier and more practical. Beyond these, the technology helps monitoring the recent developments related to the environment, climate change and impacts on livelihoods.

In the context of the so-called Rights of Nature two main approaches exist: 1) Biocentrism, 2) Anthropocentrism. The first approach conceives the human being as a part of the ecological community, one more member of the biotic community. It is based on deep ecology that considers the intrinsic value of the nature, considering that the well-being and prosperity of the earth's species (human and non-human) have an intrinsic value (Scott, 2003).

Meanwhile, the second approach refers to the human being as the center of the universe, being then, from this position, that nature will serve the human being as a complement to fulfill the goals of self-realization. Under this position, respect for nature starts from the benefit that it represents for human interests by eco-systemic services.

It is necessary to develop a research agenda, beyond the aforementioned theoretical positions, that incorporates environmental justice issues and explores the relationship that can be had in the face of an increasingly felt impact of climatic variations on the viability of survival and

sustainability of human life (Newell et al., 2021). Let us remember that the UNFCCC defines this as a change in the climate attributed directly or indirectly to human activity, which accumulates GHG in the atmosphere, thus causing global warming.

The Human Right to the environment as one of the so-called “third generation rights.” it cannot be analyzed from the approach that has traditionally corresponded to another category of rights, whose axiological basis and purposes are completely different.

The recognition of legal personality and, therefore, rights to nature has a double dimension: the first is the objective or ecological, which protects the environment as a fundamental legal right in itself, which attends to the defense and restoration of nature and its resources regardless of its repercussions on the human being, and the second is subjective or anthropocentric. It is even affirmed, that the violation of any of these two dimensions constitutes a violation of the human right to the environment.

In this context, there are some guiding principles: a) Precautionary principle (Article 15 of the Rio Convention on Environment and Development) environmental damage requires a broad interpretation in light of the precautionary principle; b) Principle *in dubio pro natura* (in any environmental conflict, the interpretation that favors the conservation of the environment must always prevail); c) Principle of citizen participation (Declaration of Rio de Janeiro enshrines the principle of citizen participation in environmental matters); d) Principle of non-regression that implies that the authorities cannot reduce or affect the level of environmental protection achieved, unless it is absolutely and duly justified. (United Nations Conference on Sustainable Development formulated the obligation of all States not to go back and affect the thresholds of environmental protection already acquired).

3.2 How climate change affects human rights

In 2007 the Malé Declaration was adopted, promoted by a group of small vulnerable states. For the first time governments recognized that climate change has clear implications for the enjoyment of human rights, and was actualized in 2021 (OHCHR, 2021). And in 2008, the United Nations Human Rights Council adopted the first resolution linking climate change to impacts on human rights. In addition, the Office of the High Commissioner for Human Rights (OHCHR) produced the first report explaining the linkage. Moreover, in 2010, the members of the UNFCCC agreed in Cancun that the parties should fully respect human rights in all climate actions. The relevance of human rights to climate change today is fully recognized. On Human Rights Day in 2014, the UN issued joint statement recognizing the threat climate change is representing to human rights, and calling on States to include the human rights at the core of climate change action. In the Geneva Pledge for Human Rights in Climate Action (2015), eighteen states committed to share best practices and data between two experts communities: in human rights and in climate experts. Thus, collective capacity would be generated to implement climate action that in full respect with the human rights (UNEP, 2015).

In Table 2, we discuss some of the most affected human rights by climate change.

Table 2. Human rights affected by climate change

HUMAN RIGHT	CLIMATE CHANGE IMPACT
The right to life	The Universal Declaration of Human Rights states that each person has the right to life, liberty and security. Also, according to the International Covenant on Civil and Political Rights (ICCPR) every human being has the right to life. All states have committed to respect, protect, and fulfil the right to life. Climate change clearly poses a threat to human life (hurricanes, floods, disease vectors, etc.). According to the IPCC, the risk of having further extreme weather events and the resulting endangerment of human lives is “moderate to high at temperatures of 1°C to 2°C above pre- industrial levels.” (IPCC, 2021). According to the report by the DARA and Climate Vulnerable Forum (2021) climate change is already responsible for approximately 400,000 deaths per year and that number is expected to rise to 700,00 by 2030.
The right to self-determination	The extreme events many times surpass the adaptation capacity of persons and states, being affected in first place the most vulnerable. Thus, the people must migrate to survive (Amnesty International, 2020). Article 1 of the UN Charter calls for respect of the self-determination of persons and this is challenged by climate change impacts. The warming of 1.5°C and the rising sea levels are a serious treat for the Small Island Developing States (IPCC, 2018) for their existence and for the livelihoods of their population.
The right to development	According to Article 55 of the UN Charter governments must promote conditions of socioeconomic progress and sustainable development. The Declaration on the Right to Development includes all three pillars of the UN Charter – peace and security, human rights and development. Development as an inalienable human right that entitles every human person to participate in the decisions about socioeconomic and political development, the implementation and monitoring of the development pathways, respecting all human rights. Climate change effects are causing abrupt and progressive damage to the economic development (Acevedo, 2016; Lafakis et al., 2019). According to the IPCC limiting the effects of climate change is necessary for the sustainable and inclusive, including poverty eradication. We can he same idea in the Sustainable Development Goals, especially Goal 13 on climate change.
The right to food	The right to food is enshrined in the Universal Declaration of Human Rights and the ICESCR. Article 11 of the ICESCR states that everyone has fundamental right to be free from hunger. In extreme cases, food insecurity caused by droughts or floods because of climate change has affected to great extend many developing countries, thus causing some reversal of the human rights gains. According to the IPCC, climate change undermines food security, and harms the right to food. The World Bank (2012) has estimated that a 2°C increase in average global temperature would put between 100 million and 400 million more people at risk of hunger and could result in over 3 million additional deaths from malnutrition each year. Moreover, vulnerable groups are at a greater risk. Therefore, the states must act individually and through international

	cooperation, to ensure an equitable distribution of world food supplies in relation to need.
The right to water and sanitation	Although the right to water is not explicitly recognized in the ICESCR, according to the Committee on Economic, Social and Cultural Rights, the human right to water means that the human beings must have access to sufficient, accessible and affordable water for personal uses. The United Nations General Assembly recognized the right to safe and clean drinking water and sanitation as a human right that essential for life and other human rights (UNGA, 2010). Another legal instrument that recognizes the right to water is the Convention on the Elimination of Discrimination against Women. According to the IPCC (2021) climate change impacts will reduce surface water and groundwater. The most affected areas are in the dry subtropical regions. The IPCC (2022) also found that climate change will increase the water scarcity in cities, In the rural areas the lack of water is affecting directly the livelihoods of the population.
The right to health	The climate change effects create changes in the physical environment that affect human health The human right to health is presented in the Universal Declaration of Human Rights and in Article 12 of the ICESCR, stating that all persons have the right to health. According to World Bank (2010, 2012), climate change will cause increasing health impacts due to high malnutrition, proliferation of vector-diseases. Also, the contamination of the air leads to respiratory problems and lung cancer. Other risk are the heat waves, particularly dangerous to old persons. The recent report of the IPCC found that climate change is expected to affect the health in many regions and especially in tropical regions and developing countries (IPCC, 2022). Climate change is related to zoonosis disease ((Kilpatrick and Randolph, 2012; Tastan y Ak Can, 2019). When the role of infectious agents was discovered in the late 19th century, it has been noted that climatic conditions affect epidemic diseases. The emergence and spread of Covid-19 were not only predictable, but it was predicted the appearance of other viral outbreak in wildlife that would be a threat to public health (Schmid et al., 2015; Ryan et al., 2019).
The right to housing	The Article 11 of the ICESCR states that all persons have the right to adequate housing that is an important component of the wellbeing. The human right to housing is an important requisite to enjoy all of central importance for the enjoyment of all economic, social and cultural rights. The right to housing is endangered by climate change by extreme events, erosion and flooding. Some territories could result inhabitable and the persons will be forced to migrate (Yates et al., 2022). Sea level rise is a risk for the human settlements in low-lying areas. These impacts are expected to continue in long term, even if the raise of temperature is controlled stabilized as a result of the Paris Agreement

	<p>Climate change may literally erase low-lying island States from the map, that is why it is important guaranteeing the displaced inhabitants of these areas migration with dignity.</p>
<p>The right to education</p>	<p>According to the Article 13 of the ICESCR this right, guarantees to all persons compulsory free primary education. Also, the governments are called to realize in medium term free and inclusive secondary education. However, the impacts of climate change and the actions of mitigation and adaptation threaten the ability of States to expend maximum available resources for the progressive realization of the right to education and can press children to work instead to study.</p> <p>However, funds originally oriented to providing quality education, are used to address climate change impacts. Failure to guarantee the right to education and the diversion of funds from education, not only harms but also creates long-term impacts for the development, and could affect other human rights.</p> <p>Environmental education should be implemented for all the ages to generate informed and conscious people that can be part of the decision making on conservation of natural resources and sustainable development.</p>
<p>The right to meaningful and informed participation</p>	<p>The ICCPR guarantees to all persons the right to participate in public affairs and to vote. The Declaration on the Right to Development states that all persons are entitled not only share the benefits, but to participate in the formulation, implementation and monitoring of policies and actions for socioeconomic, cultural and political development and therefore, be active agents of the development process. Governments have the right and the duty to formulate national development policies to guarantee the sustainable development and the wellbeing of the population. The planning must be performed bottom-up with the participation of all the segments of the population with gender approach, and inclusive to all vulnerable groups (including disabled persons).</p> <p>All the population must be informed according to the Article 19 of the ICCPR, which presents the right to freedom of expression, including the right to seek, receive, share and publish information and ideas about different topics.</p> <p>Environmental issues are best handled with participation of all concerned citizens, at the relevant level. At the national level, each individual shall have appropriate access to information concerning the environment that is held by public authorities, including information on hazardous materials and activities in their communities, and the opportunity to participate in decision- making processes. States shall facilitate and encourage public awareness and participation by making information widely available. The bottom-up approach to the formulation of public policies must be enabled and encouraged. Effective access to judicial and administrative proceedings, including redress and remedy, shall be provided. Given that persons, groups and peoples in vulnerable situations face greater risk and threats from climate change, it is particularly</p>

	<p>important that the right to meaningful and informed participation in decisions likely to affect their rights and survival is honored. In addition to being a human rights obligation, ensuring meaningful and informed participation of all persons in climate policy should also improve outcomes. According to the IPCC, recognition of diverse interests, circumstances, social-cultural contexts and expectations can benefit decision-making processes and consequently, enables an effective and rights-based approach to tackling the threat of climate change.</p>
<p>The rights of future generations</p>	<p>The rights of future generations are not formally recognized in the main human rights instruments. Only the rights of children are formally recognized. However, the recognition of the rights of future generations is very important according to the definition of the sustainable development and the ODSs. The most important in this context is the principle of equity. The Stockholm Declaration of the United Nations Conference on the Human Environment states that the conservation of the optimal conditions of the environment in intra-and intergenerational context must be the most important goal for all countries and individuals. Additionally, protecting the environment for present and future generations is the necessary premise to exercise the right to freedom, equality and optimal quality of life. Moreover, according to the Rio Declaration the right to development must be equitably applied meet to present and future generations. Other documents that reaffirm the links between the environment, climate change, sustainable development and human rights are the Vienna Declaration, the 2002 Johannesburg Declaration, and the Paris Agreement.</p>

4. Obligation of the governments to guarantee the human rights in the face of the impacts of climate change

Climate change affects almost all of internationally recognized human rights (Devandas Aguilar et al., 2015). Governments must perform adequate policies and actions for efficient climate action to limit the raise of the temperature (mitigation) and to affront the adverse climate change impacts (adaptation). The former will guarantee the human rights of the persons within an intra-and intergenerational context.

1. Climate Change Mitigation. In order to advance in the mitigation of climate change and to prevent its negative impact on human rights, governments have an obligation to respect and protect, the human rights of all persons without discrimination. If the present and future negative impacts of climate change are not properly addressed, the fulfillment of human rights cannot be guaranteed. The Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2021) confirms that climate change is caused by anthropogenic influence caused by economic development based on fossil fuels, and consequent emissions of greenhouse gases. As already showed in the previous part of the paper, climate change can harm the fulfillment of human rights to health, housing, water and food. These negative impacts are particularly severe for vulnerable groups

of the population (women, children, indigenous groups, migrants, etc.), and people in poor developing countries. That's why, governments have to include the mitigation in the national development plans and strategies (Laws, regulations, taxes, etc).

2. Adaptation to climate change effects. Governments must implement policies and actions to adapt to climate change impacts and increase the resilience in geographical and sectoral context. That will ensure the human rights to housing, water, food, etc. To ensure that all persons have the necessary capacity to adapt to climate change, states must ensure that appropriate adaptation measures are taken to protect and fulfil the rights of all persons. Special attention must be granted to the population in most endangered areas (e.g., small islands, coastal zones, tropics and sub-tropics). Governments must build the enabling environment for climate change adaptation, that includes regulations, environmental education and capacity building (See and Wilmsen, 2022). Also, sufficient financial resources must be oriented to adaptation policies. Here is important to guarantee the access of the developing countries to the green climate funds that enable them to perform climate action, without the need to withdraw resources from priority activities, as combat the poverty, education and other. In this context, gender issues have to be prioritized (UNWW, 2009). Adaptation, loss and damage, human rights and sustainable development are all areas where there are clear or potential overlaps, synergies, and conflicts with the cooperation underway in relation to mitigation. In addition, these areas are all sites within the multi-level framework that characterizes climate governance where activity takes place that may complement international cooperation on climate mitigation under the Paris Agreement and UNFCCC regime (IPCC, 2022). Considering emerging climate change litigation that pursues rights claims, Peel and Osofsky (2018) argue that the common characteristics of the limited number of cases show increased use by litigants of human rights arguments and the courts are more and more receptive to this specific approach. As an example, we can mention the successful Dutch landmark Urgenda climate case. According to the adopted human rights approach based on the obligations under the UNFCCC climate regime and climate science, as a result the court decided to order the mitigation of CO₂ emissions by 25 per cent by end-2020 compared to 1990. This tendency to affront the lack of mitigation action by government under the argument of human rights violation, is expected to continue and contribute to the active governmental action in the mitigation area.

3. Prevent, assess and remedy human rights harms caused by climate change. The Universal Declaration of Human Rights, the International Covenant on Civil and Political Rights, and other human rights instruments require that the governments must provide effective remedies for human rights violations. Climate change impacts already provoked human rights damage to people all over the world (sea-level rise, floods, droughts, fires, hurricanes, scarcity of water. Additionally, for most vulnerable countries and communities, the survival could be endangered (Devanandas Aguilar et al, 2015). Communities and persons affected must have access to instruments, such as judicial and other compensatory mechanisms (Davis and Ramírez-Andreotta, 2021). The Paris Agreement is introducing the concept of loss and damage to highlight the obligations to remedy the irreversible negative impacts. The obligations of governments in the context of climate change extend to all inhabitants and to loss and damage on national and international level. The climate action of the governments must be monitored and accountability to the stakeholders must take place if the actions are insufficient or some human rights are harmed, both by lack of action or by inadequate climate policies (Van Bommel and Hoffken, 2021). According to the United Nations Guiding

Principles on Business and Human Rights governments must also take adequate actions to protect all persons from human rights harms caused by businesses; to ensure that their own activities and the public-private partnerships respect human rights, and contribute to affront already caused loss and damage (Campello Torres et al., 2021). Businesses, similarly to the governments are also duty-bearers. The World Business Council on Sustainable Development (WBCSD) is a global, CEO-led organization of over 200 leading businesses that collaborate to guarantee the socioeconomic transformation to a sustainability. All business sectors and all major economies participate in the WBCSD, representing a combined revenue of more than USD \$8.5 trillion and with 19 million employees. The WBCSD enhances the companies contribution to sustainability through instruments, services, capacity building, experiences, and successful cases. It includes a Global Network of almost 70 national business councils in the world. The main vision is to create by 2050 life conditions, that include prosperity, sound environment and wellbeing for all inhabitants of the planet. Vision 2050 explored what a sustainable world would look like, how these conditions could be achieved, and the important component of companies contributions in making that vision a reality. The report Action 2020 specified the roadmap of for business actions and solutions. (WBSCD, 2019). Additionally, some climate actions, as mitigation or geoengineering can be harmful to human rights (Pottier, 2018; Wiedling et al., 2020). Governments and private enterprises must be accountable for their climate impacts, and participate responsibly in climate policies with human rights approach. The responsibility of businesses is important as well, to comply with the international obligations of the country.

4. Provide maximum available resources for sustainable, human rights-based development. According to human rights approach under core human rights treaties, governments are acting individually and collectively to mobilize and allocate the resource from green climate funds for the progressive realization of socioeconomic and cultural rights, as well as for the advancement of civil and political rights and the right to development (Conversi, 2020). The failure to mobilize available resources to guarantee the human rights and prevent damage caused by climate change turns ineffective this obligation (Yazar and York, 2022). The access to resources to address climate change must not compromise other efforts of governments to pursue the right to water access, housing, etc., and the right to development (Siders and Ajibade, 2021). Some innovations (as carbon taxes) can be designed to internalize environmental externalities and mobilize additional resources to finance mitigation and adaptation efforts that benefit the poorest and most marginalized. The industrialized countries should recognize their historic responsibility of CO₂ emissions and contribute funds to enable the climate action in the developing countries (Anantharajah and Setyowati, 2022). The investments to the development projects must be in line with the principles of environmental justice and just transition (Weber and Cabras, 2021), including the public-private partnership (PPP).

5. Ensure equity, equality and non-discrimination in climate action. According to the Rio Declaration on Environment and Development, the Vienna Declaration and 'The Future We Want' (Rio+20) all countries are entitled to perform sustainable development. That would satisfy the rights of present and future generations to achieve equity and sustainability. The UN Framework Convention on Climate Change calls for States to protect future generations and to perform climate

action "on the basis of equity and in accordance with their common but differentiated responsibilities and respective capabilities". It is true that climate change can affect all the people in all the regions, but those who have contributed the least to greenhouse gas emissions (i.e., the poor, children, and future generations) are those most affected (Ivanova et al., 2020). Equity in climate action means that the results of mitigation and adaptation should benefit people in poor developing countries, small island developing states, indigenous and vulnerable groups, and future generations. Since the Paris Agreement was introduced the concept of The Just Transition that is almost mainstreamed. Originating from civil society discourse and activism around issues of environmental and, primarily, labor/workers' rights, it is now inextricably linked to the equity and justice assumptions of climate action, as well to the implicit and explicit principles of equity in the UNFCCC (2010). This was explicitly recognized in the Paris Agreement (2015) and the Just Transition Declaration (2018) 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 (Shelton and Eakin, 2022). The states, private sector and NGOs must explore innovative pathways to just transition (CSIS, 2021). The principles of the Just Transition are progressively adopted by climate finance and investment (Ivanova, 2022).

Governments have committed to guaranteeing equality and non-discrimination (OHCHR, 2019, 2022). Climate action must incorporate the human rights approach and avoid inequalities within and between regions and communities (for example, indigenous groups). For example, indigenous peoples' rights should be fully reflected in line with the United Nations Declaration on the Rights of Indigenous Peoples and actions likely to impact their rights should not be taken without their free, prior and informed consent. All policies and actions for climate change must include a gender approach (Farhana, 2021). Also, the rights of children, migrants, disabled people, and other vulnerable groups must be effectively protected.

6. Environmental education and research, and fair access to technologies and innovation. Environmental education as an institutionalized concept emerged in the 70s practically oriented towards sustainable development and the implementation of Agenda 21 of the United Nations Environment Program (UNEP). Its role is reinforced in the Agenda 2030. The environmental education is crucial to advance the ODSs and will inform the people and build capacities to address environmental and climate change issues (Rangel and Ivanova, 2021). The holistic education must include environmental issues and climate justice (Callum McGregor, 2021). The International Covenant on Economic, Social and Cultural Rights recognizes the right of persons and communities to have access to the scientific advances. Innovation and human capacities are the basis for the expansion of the knowledge-based economy (KBE). And the KBE is crucial for the green economy as the success of the Asia-Pacific countries proved (ADB, 2018; Ivanova, 2021). All governments should actively support the development of new climate mitigation and adaptation technologies, such as technologies for water saving, sustainable agriculture, renewable energies, etc. Very important is also to guarantee the access to green technologies through financing facilities, green investment, technology transfer and capacity building. The internationalization of production is creating new incentives and opportunities, and generating new pressures for knowledge acquisition. Unlike most other economic goods, knowledge often has 'public good' characteristics and increasing returns to scale. Therefore, its growing importance raises new challenges for public policy (Ivanova, 2021). The technology transfers between countries are important to ensure just and effective international

climate action, being very important the transfers North-South, but gaining place also the transfers South-South. The global intellectual property regimes must not obstruct the access to green technologies, and create incentives to meet the ODSs. Also, it is important to protect the right of indigenous peoples to participate in decision making and benefit from the use of their knowledge, and ancestral practices.

Additionally, climate change research must be promoted to present the current data and the tendencies in the expected impacts of climate change. The organizational and technological innovation are also very important areas for just climate action (Klinsky et al., 2017; Nayen and Islam, 2021).

The sensitivity and culture of the society and the educational institutions is very low regarding the environmental issues (disinterest, apathy and minimal commitment to environmental and educational problems in general). The prevalence of the top-down approach in planning is hindering the population to participate with its particular visions in the decisions and actions on the development due to top-down approaches to planning. Additional difficulties to involve the population are the unemployment, migration, addictions, and loss of values that lead to social disintegration. Additionally, because of discontinuity the environmental education and promotion programs and campaigns are not very efficient. Their teaching approaches and instruments often do not correspond to the socioeconomic and cultural specificities of regions or communities (Rangel and Ivanova, 2021).

7. Meaningful and informed participation of all the population in the sustainable development and climate action policies. The International Covenant on Civil and Political Rights and other human rights instruments guarantee all persons the right to free, active, meaningful and informed participation in public affairs. The public participation in climate action plans and strategies is critical for the implementation of mitigation and adaptation instruments, adequate for specific regions, socioeconomic and cultural characteristics. This is requiring well established participatory institutions and processes, that guarantee transparency of the access to information on climate change impacts and the pathways to affront these.

The scenarios of the present and future climate change impacts must be important part of the risk atlases. The early warning systems must be accessible by all population, including islands and remote areas (Dolšak and Prakash, 2022). All population groups must be informed on the actions planned in adaptation and mitigation in the regions and local communities of their residence. In this process is very relevant to comply with human rights related to participation of highly vulnerable persons and communities in decision-making processes and to avoid any adverse effects of climate action. The bottom-up approach to the formulation and monitoring of climate change policies must be further promoted. Moreover, climate action should be assessed regarding the respect and fulfillment of human rights. To make such assessment efficient, human rights indicators should be developed and periodically monitored.

8. International cooperation. The UN Charter, the International Covenant on Economic, Social and Cultural Rights, and other human rights instruments impose upon governments the duty to cooperate to ensure the realization of all human rights. The ODSs also contemplate the international cooperation as an important requisite for sustainability. Climate change is endangering

human rights, human lives and livelihoods in all the planet, with transborder and transregional impacts. States should share resources, knowledge and technology in order to address climate change. That's why it must be affronted by all the countries, considering the historical responsibility of the developed states. In this context, the green climate funds and special financing instruments by the regional developments banks are created, that are additional to existing official development aid (ODA). Another problem that implies the international community, are the climate migrants, and the special assistance required by the small island developing states. According the UN Common Understanding of a Human Rights based approach to Development Cooperation, all the international collaboration must be relevant to human rights principles and should be oriented in first place to most vulnerable regions, communities and persons.

5. Final remarks

The 2030 Agenda marks a change in the way nations consider their present and future development. The idea of economic growth without considering the impacts on the environment and human beings, is now substituted by the sustainable development that values equally the economic, social and environmental pillars, with special attention to human rights and vulnerable groups. The new framework finally includes key human rights principles like universality and inalienability, indivisibility, interdependence and interrelatedness, non-discrimination and equality, participation and inclusion, accountability and the rule of law.

The UNFCCC is a framework convention and it is open to evolution and continuing negotiations. The Paris Agreement (2015) established a high level of ambition of climate action that is protecting the human rights from the negative effects of climate change. During the COP 26 in Glasgow (2021) the concepts of loss and damage were introduced, that further protect human rights. Generally, in climate change negotiations, the human rights principles of transparency, participation and accountability have an important role. Participation is a basic human right in itself, and a precondition or catalyst for the realization and enjoyment of other human rights (UNFCCC, 2015). The legal obligations of governments and businesses to address climate change are the subject of growing consensus (Oslo Principles on Global Climate Change Obligations, 2015).

Sustainable development requires the generation and application of creative ideas and innovative designs and techniques. For this reason, the UN must collaborate with governments, the private sector, development agencies and civil society organizations (CSOs) to provide strong institutional and financial support to universities and other research institutions. Appropriate legal frameworks and strict enforcement of regulations to ensure that all stakeholders comply with the SD agenda and respect the human rights must support all of this.

There must be constant education on sustainability and the impact of climate change by the UN, governments, schools, universities, as well as civil society organizations, for all world inhabitants. Awareness programs should be aimed at ensuring that the residents of each country understand the concept and principles of sustainable development and climate action, and are committed to responsible environmental, economic, and social behavior, as well as participation in the formulation of policies.

Climate action is an intrinsic component of sustainability. Climate justice requires that climate action is consistent with existing human rights agreements, obligations, standards and

principles. Communities, countries and regions that have contributed the least to climate change are exposed to mayor impacts and damage by climate impacts. These must be active participants in the formulation of climate policies and primary beneficiaries of climate action and cooperation.

The basic human rights principles of equality and non-discrimination require action to address and remedy the disproportionate impacts of climate change on the most marginalized and to ensure that climate actions benefit persons, groups and peoples in vulnerable situations and reduce inequalities. The Universal Declaration of Human Rights, the International Covenant on Civil and Political Rights (ICCPR) and other human rights instruments make it clear that the human rights of all persons must be properly safeguarded. The main characteristics of a human rights-based approach are the following: (1) In the formulation of strategies, policies and actions, the main objective should be to fulfill human rights; (2) The specific human rights holders should be identified, empowered, and involved in the policies formulation and monitoring; (3) Principles of international human rights law should guide all policies, and also their implementation and assessment of the outcomes.

Government's policies and actions therefore require international cooperation, including financing, green investment, technology transfer and capacity-building support, to advance towards a socioecological transformation based on carbon-neutral economy, green technology and sustainable development. To achieve this scenario, the people must be empowered to participate in policy formulation and monitoring, and that will enable respect and compliance with all human rights for the whole world population.

To wrap up, the 2030 Agenda has five general axes, known as the five Ps: people, planet, prosperity, peace and partnerships, which encompass the 17 SD, and all five axes are intrinsically connected to human rights. Finally, we hope that this paper will contribute to further consider the human rights approach to mitigation and adaptation policies and instruments, with broad participation of people, communities and countries, and within a sustainability framework.

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] ADB (2018). Strategy 2030: Achieving a Prosperous, Inclusive, Resilient, and Sustainable Asia and the Pacific. Asian Development Bank. ISBN 9789292612856.
- [3] Alexandrescu, F., Anghel, I., Stănescu, S., Ștefănescu, L. & Pop, A. (2021). From environmental to climate justice: social-environmental expulsions and the emergence of a climate edge in Europe, *Globalizations*, 10.1080/14747731.2021.2009307, 19, 5, (760-780).
- [4] Amnesty International (2020) Climate Change. <https://www.amnesty.org/en/what-we-do/climate-change/>
- [5] Anantharajah, K. & Setyowati, A.B. (2022). Beyond promises: Realities of climate finance justice and energy transitions in Asia and the Pacific, *Energy Research & Social Science*, 10.1016/j.erss.2022.102550, 89, (102550).

- [6] Callum McGregor, B. C. (2021). Towards climate justice education: views from activists and educators in Scotland, *Environmental Education Research*, 10.1080/13504622.2020.1865881, 27, 5, (652-668).
- [7] Campello Torres, P.H., Leonel, A.L., Pires de Araújo, G. (2021). Climate Injustice in Brazil: What We Are Failing Towards a Just Transition in a Climate Emergency Scenario?, *Towards a just climate change resilience*, 10.1007/978-3-030-81622-3_6, (81-107).
- [8] Conversi, D. (2020). The Ultimate Challenge: Nationalism and Climate Change, *Nationalities Papers*, Volume 48, Special Issue 4: Special Issue on Migrant Rights, Agency, and Vulnerability, pp. 625 – 636.
- [9] CSIS [Center for Strategic and International Studies] (2021). Pathways for Just Transition, https://justtransitioninitiative.org/wpcontent/uploads/2021/02/JTI_Pathways_Report_WEB.pdf
- [10] DARA and the Climate Vulnerable Forum, Second edition: A guide to the cold calculus of a hot planet, DARA and Climate Vulnerability Monitor, 2021, <https://daraint.org/climate-vulnerability-monitor/climate-vulnerability-monitor-2021>.
- [11] Davis, L.F. & Ramírez-Andreotta, M.D. (2021). Participatory Research for Environmental Justice: A Critical Interpretive Synthesis, *Environmental Health Perspectives*, 10.1289/EHP6274, 129, 2, (026001).
- [12] Devandas Aguilar et al. (2015). The effects of climate change on the full enjoyment of human rights. OHCHR, <http://www.ohchr.org/EN/NewsEvents/Pages/DisplayNews.aspx?NewsID=16049&LangID=E>
- [13] Dolšak, N. & Prakash, A. (2022). Three Faces of Climate Justice, *Annual Review of Political Science*, 10.1146/annurev-polisci-051120-125514, 25, 1, (283-301).
- [14] Farhana, S. (2021). Climate change, COVID-19, and the co-production of injustices: a feminist reading of overlapping crises, *Social & Cultural Geography*, 10.1080/14649365.2021.1910994, 22, 4, (447-460).
- [15] 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
- [16] Haines, A., Ebi, K. (2019), The imperative for climate action to protect health. *The New England Journal of Medicine* 380 (3): 263-273.
- [17] IPCC. (2018). Global Warming of 1.5 °. 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/>
- [18] IPCC (2021). Summary for Policy Makers. V. Masson-Delmotte, P. Zhai, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, J. B. R. Matthews, et al. (eds.), *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.
- [19] IPCC (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, M. Tignor, E. S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.), *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.
- [20] Ivanova Boncheva, A. (2007). “Los Acuerdos Ambientales Multilaterales y la Organización Mundial de Comercio: ¿colaboración o controversia? En: *Comercio Exterior*, Mayo, Vol. 57, #5, pp. 406-415.
- [21] Ivanova Boncheva, A. (2022). Finance for Climate Action: Postcovid-19 Recovery Challenges. *The Mexican Journal of Economics and Finance (REMEF)*, Vol. 17, Núm. 2: Abril - Junio DOI: 10.219.191 remef.
- [22] Ivanova Boncheva, A. (2021). “The Knowledge Based Economy in Asia and the Pacific: Links to the Sustainable Development Goals” en (Rangel Delgado, J. E. y A. Ivanova Boncheva, Ed.) *Knowledge Society and Education in the Asia-Pacific - Recent Trends and Future Challenges*, SPRINGER, ISBN 978-981-16-2332-5, <https://doi.org/10.1007/978-981-16-2333-2>

- [23] 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
- [24] 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
- [25] Kilpatrick, M. and Randolph, S. (2012). Drivers, dynamics and control of emerging vector borne zoonotic diseases. *Lancet*. 380(9857): 1946-1955. 10.1016/S0140-6736(12)61151-9
- [26] 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>.
- [27] 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>.
- [28] Nayeen, S.Z. & Islam, A. (2021). Environmental Justice: Emergence to Implementation and Its Relation with SDGs, *Peace, Justice and Strong Institutions*, 10.1007/978-3-319-95960-3_48, (242-252).
- [29] Newell, P. (2022). Climate justice, *The Journal of Peasant Studies*, 10.1080/03066150.2022.2080062, 49, 5, (915-923).
- [30] Newell, P., Srivastava, S., Naess, L.O., Torres Contreras, G.E., & Price, R. (2021). Toward transformative climate justice: An emerging research agenda, *WIREs Climate Change*, 10.1002/wcc.733, 12, 6.
- [31] Oslo Principles on Global Climate Change Obligations (2015), <https://globaljustice.yale.edu/sites/default/files/files/OsloPrinciples.pdf>
- [32] Peel, J. & Osofsky, H. M. (2018). A Rights Turn in Climate Change Litigation?
- [33] Transnational Environmental Law, Volume 7, Issue 1, March 2018, pp. 37 – 67, *PRISMA* (2020). Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta Analyses guidelines, DOI: <https://doi.org/10.1017/S2047102517000292> https://www.covidence.org/blog/what-is-prisma-whats-new-in-the-2020-guideline-2/?campaignid=13271466385&adgroupid=123024099299&adid=524233276765&gclid=Cj0KCQjwjvaYBhDIARIsA08PkE1lxfKRVV7_bemISQKBmJU9F6vv8gsAdt_TYhgtMUleTIIEWCSyA0MaAipFEALw_wcB
- [34] 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>
- [35] Rangel Delgado, J.E. y A. Ivanova Boncheva (ed.) (2021). *Knowledge Society and Education in the Asia-Pacific - Recent Trends and Future Challenges*, SPRINGER, Sprinder Briefs en Education & Pacific Circle Consortium, ISBN 978-981-16-2332-5, <https://doi.org/10.1007/978-981-16-2333-2>
- [36] Ryan, S., Carlson, C., Mordecai, E. & Johnson, L. (2019). Global expansion and redistribution of Aedes-borne virus transmission risk with climate change. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 13(3), pp. 1–20. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0007213>
- [37] Schmid, B., Büntgen, U., Easterday, R., Ginzler, C., Walløe, L., Bramanti, B., y Stenseth, N. (2015). “Climate-driven introduction of the Black Death and successive plague reintroductions into Europe”. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 112(10), pp. 3020–3025. Recuperado de <https://doi.org/10.1073/pnas.1412887112>
- [38] Scott, P. (2003). *Political Theology of Nature*. West Nyack: Cambridge University Press.

- [39] See, J. & Wilmsen, B. (2022). A multidimensional framework for assessing adaptive justice: a case study of a small island community in the Philippines, *Climatic Change*, 10.1007/s10584-021-03266-y, 170, 1-2.
- [40] Shelton, R.E. & Eakin, H. (2022) Who's fighting for justice?: advocacy in energy justice and just transition scholarship, *Environmental Research Letters*, 10.1088/1748-9326/ac7341, 17, 6, (063006).
- [41] Siders, A.R. & Ajibade, I. (2021). Introduction: Managed retreat and environmental justice in a changing climate, *Journal of Environmental Studies and Sciences*, 10.1007/s13412-021-00700-6, 11, 3, (287-293), (2021).
- [42] Soriano Castro, B. (2015). Rights of Nature. The notions of anthropocentrism and biocentrism in the constitutions of Mexico and Ecuador. Thesis. UABCS, Mexico.
- [43] Taştan, R. y Ak Can, A. (2019). "One health approach to decreasing biodiversity and the problem of emerging zoonotic diseases". *Biological Diversity and Conservation*, 12(3), pp. 95–102. Recuperado de <https://doi.org/10.5505/biodicon.2019.52824>
- [44] The World Bank (2010) World Development Report 2010: Development and Climate Change
- [45] The World Bank (2012). Turn down the heat: why a 4°C warmer world must be avoided.
- [46] UN Women Watch, UNWW (2009). Fact Sheet: Women Gender Equality and Climate Change (2009).
- [47] UNESCO (1991). United Nations Committee on Economic, Social and Cultural Rights. General Comment No. 4, New York: United Nations, Art. 1.
- [48] UNFCCC. United Nations Framework Convention on Climate Change (2010). Report of the Conference of the Parties on its sixteenth session. Cancun: United Nations, FCCC/CP/2010/7/Add.1
- [49] UNFCCC (2015). Paris Agreement, https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf
- [50] United Nations UN (2002). New Delhi Declaration of Principles of
- [51] International Law Relating to Sustainable Development. World Summit
- [52] on Sustainable Development. <http://www2.ecolex.org/server2neu.php/libcat/docs/LI/MON-070850.pdf>
- [53] United Nations General Assembly, UNGA (2010). The human right to water and sanitation (2010), Art. 1, 64/292.
- [54] United Nations General Assembly, UNGA (2013). A/HRC/23/36: Report of the Special Rapporteur on extreme poverty and human rights, Magdalena Sepúlveda Carmona (New York: United Nations, Summary.
- [55] United Nations Environment Programme, UNEP (2015) *Climate Change and Human Rights*, Nairobi. <https://www.unep.org/resources/report/climate-change-and-human-rights>
- [56] UN Office of the High Commissioner for Human Rights, OHCHR (2015). Understanding Human Rights and Climate Change. <https://www.ohchr.org/sites/default/files/Documents/Issues/ClimateChange/COP21.pdf>
- [57] UN Office of the High Commissioner for Human Rights, OHCHR (2019). Gender-responsive Climate Action. <https://www.ohchr.org/en/climate-change/gender-responsive-climate-action>
- [58] UN Office of the High Commissioner for Human Rights, OHCHR (2021). Malé Declaration Towards 2022, <https://www.ohchr.org/sites/default/files/2021-12/Male-Declaration-Towards-2022.pdf>.
- [59] UN Office of the High Commissioner for Human Rights, OHCHR (2022). Climate Change and People in Vulnerable Situation. <https://www.ohchr.org/en/climate-change/impact-climate-change-rights-people-vulnerable-situations>
- [60] Yates, O.E.T., Manuela, S., Neef, A., Groot, S. (2022). Attitudes towards climate migrants in Aotearoa New Zealand: the roles of climate change beliefs and immigration attitudes, *Regional Environmental Change*, 10.1007/s10113-022-01942-y, 22, 3.

- [61] Yazar, M. & York, A. (2022). Disentangling justice as recognition through public support for local climate adaptation policies: Insights from the Southwest US, *Urban Climate*, 10.1016/j.uclim.2021.101079, 41, (101079).
- [62] Van Bommel, N., & Höffken, J.I. (2021). Energy justice within, between and beyond European community energy initiatives: A review, *Energy Research & Social Science*, 10.1016/j.erss.2021.102157, 79, (102157).
- [63] Weber, G., Cabras, I. (2021). Environmental Justice and Just Transition in the EU's Sustainability Policies in Third Countries: The Case of Colombia, *The International Spectator*, 10.1080/03932729.2021.1946262, 56, 3, (119-137).
- [64] Wieding, J., Stubenrauch, J. and Ekardt, F. (2020). Human Rights and Precautionary Principle: Limits to Geoengineering, SRM, and IPCC Scenarios, *Sustainability*, 12 (21), <https://doi.org/10.3390/su12218858>.
- [65] World Business Council on Sustainable Development, WBCSD. (2019) Reporting Matters 2019. <https://www.wbcsd.org/Programs/Redefining-Value/Reporting-matters/Resources/Reporting-matters-2019>
- [66] World Economic Forum. (2021). Global Risk Report 2021, <http://wef.ch/risks2021>

The Global Automotive Industry Stock Returns During the COVID-19 Pandemic

Jesús Dacio Villarreal Samaniego¹ - Tecnológico de Parral, México

Roberto J. Santillán-Salgado - Universidad Autónoma de Nuevo León, México

Luis Jacob Escobar Saldivar - EGADE Business School, México

Abstract

This study analyzes the relationship of firm-level ESG scores and stock returns from a worldwide database for the automotive industry. It measures the significance of the ESG and CFP relationship during the last decade, and includes a comparison of those firms with different levels of ESG scores, as well as between firms with ESG scores and to firms that lack such scores. A quasi-experimental difference-in-differences (DID) design and a panel data are estimated to examine the impact of ESG scores and ESG combined scores on firms' stock return before and during the COVID-19 pandemic period. The results suggest that sustainable actions during the pandemic lessened stock returns, as evidenced by the negative coefficients of the ESGC and ESG scores. The interaction terms with firm size, revealed that ESGC and ESG scores had a positive relationship with stock returns during the pandemic. Thus, larger firms' returns benefited from higher ESG scores during the COVID-19 crisis. The performance of the stratified sample firms' stock returns in the context of the COVID-19 sanitary emergency is an original contribution to the literature on the ESG-CFP relationship.

JEL Classification: C01, C58, G01, G11, G15, G30.

Keywords: ESG scores, Corporate Financial Performance, Automotive Industry, COVID-19 Pandemic.

Los rendimientos de las acciones de la industria automotriz mundial durante la pandemia de COVID-19

Resumen

Este estudio analiza la relación de los puntajes ESG a nivel de empresa y los rendimientos de las acciones de una base de datos mundial para la industria automotriz. Mide la importancia de la relación ESG y CFP durante la última década, e incluye una comparación de aquellas empresas con diferentes niveles de puntaje ESG, así como entre empresas con puntuaciones ESG y empresas que carecen de dichas puntuaciones. Se estiman un modelo cuasi-experimental de diferencia en diferencias (DID) y un panel de datos para examinar el impacto de las puntuaciones ESG y las puntuaciones combinadas ESG en el rendimiento de las acciones de las empresas antes y durante el período de pandemia de COVID-19. Los resultados sugieren que las acciones sostenibles durante la pandemia disminuyeron los rendimientos de las acciones, como lo indican los coeficientes negativos de las puntuaciones ESGC y ESG. Los términos de interacción con el tamaño de la empresa revelaron que los puntajes ESGC y ESG tuvieron una relación positiva con los rendimientos de las acciones durante la pandemia. Por lo tanto, los rendimientos de las empresas más grandes se beneficiaron de puntuaciones ESG más altas durante la crisis de COVID-19. La rentabilidad de las acciones de las empresas en la muestra estratificada, en el contexto de la emergencia sanitaria de la COVID-19, es una contribución original a la literatura sobre la relación ESG-CFP.

Clasificación JEL: C01, C58, G01, G11, G15, G30.

Palabras clave: Puntaje ESG, Desempeño Financiero Corporativo, Industria Automotriz, Pandemia COVID-19.

¹ Corresponding author. Email: jesusdacio@yahoo.com

* No source of funding for research development



1. Introduction

In recent years, the interest in Corporate Social Responsibility (CSR) has grown rapidly and has had a far-reaching impact on investment decisions (Mooij, 2017). Firms that follow a CSR model or framework seem to be rewarded by their stakeholders according to part of the literature, but a consensus hasn't been reached yet.

One way that companies can measure their Corporate Social Performance (CSP), is through Environmental, Social, and Governance (ESG) scores provided by sustainability rating agencies. The practice of combining ESG scores as criteria for asset selection, is defined as Socially Responsible Investing (SRI), and might also boost CSR firms' Corporate Financial Performance (CFP) as they receive funds from large financial institutions that follow SRI approaches. For example, Friede, Busch, & Bassen (2015) report that USD 60 trillion in assets under management, half of the total global institutional assets, were managed by entities that followed the Principles for Responsible Investment (PRI), i.e., investments guided by CSR-ESG criteria. Moreover, the Global Sustainable Investment Review reported that global sustainable investments represented USD 35.3 trillion, approximately 36% of all professionally managed assets covered by that review worldwide (Global Sustainable Investment Alliance, 2021).

The concept of CSR is wide and comprehensive. It refers to a large number of circumstances and factors that are internal and external to the firm, and provides information required by different types of investors, primarily long-term investors, about the potential risks to which firms are exposed, as well as the measures the managers take to protect it against such risks (Dahlsrud, 2008). CSR's main component is the Environmental, Social, and Corporate Governance (ESG) dimension, frequently measured by independent entities (Welford & Frost, 2006). From an overview of the literature, apparently there is more agreement on ESG components than on CSR components (Widyawati, 2020). ESG scores represent an external evaluation of the legislative, regulatory, reputational, and operational risks and opportunities faced by investors and are expressed as a metric needed to improve their understanding of the strengths and opportunities of those firms in which they invest, as they have reputational and legal implications (Boffo & Patalano, 2020). They may also be seen as a predictor of a firm's prospects to develop a competitive edge based on the attention managers provide to those dimensions.

Financial markets participants clearly understand that the adoption of CSR-ESG criteria in making investment decisions is appealing to individual investors as it offers them the opportunity to support their personal preferences about what sectors of the economy should be incentivized through the allocation of their investments. Portfolio managers are very much aware that concerns on global warming, environmental pollution, or the observance of good corporate governance principles to satisfy the preferences of their customers makes good business sense.

Moreover, modern societies' concerns over CSR-ESG factors are also reflected government policies. The introduction of government sponsored conservation policies (clean energy, water management, air pollution control) that contribute to curve down the damaging effects of global warming, the creation of conditions that improve employee relations and personal satisfaction in the job, or the emphasis on improving corporate governance practices to eliminate the possibility that

managers advance their interests over their investors', are all valid targets for public policies that eventually become beneficial to shareholders.

As a logical consequence of the increasing awareness of governments, investors, and other market participants of the relevance that non-financial corporate information has for the performance evaluation of publicly traded firms, the link between CSR-ESG and Corporate Financial Performance (CFP) has become an extensively researched subject for many decades. However, the results reported by different authors may still be considered inconclusive.

Portfolios of assets with high ESG ratings have been found to outperform their benchmarks in various contexts (e.g., Orlitzky, Schmidt, & Ryne 2003; Bird, Hall, Momentè, & Reggiani, 2007; Kempf & Osthoff, 2007; Edmans, 2011; Nagy, Kassam, & Lee, 2016). This outperformance has in some cases been sufficient to absorb hypothetical transaction costs of up to 50 basis points per trade (Hoepner, 2013). However, other studies have reported that the nature of the relationship is negative, and still others find no relationship at all (Barnett & Salomon, 2006; Girerd-Potin, Jimenez-Garcès, & Louvet, 2014; McWilliams & Siegel, 2000; Nagy et al., 2016). So, an answer to the question "what is the true nature of this relationship?" is still subject to debate and analysis in the literature.

The lack of agreement among the specialists may have to do with the use that researchers make of different, non-strictly comparable measures of CSR-ESG and CFP (Dahlsrud, 2008; Semenova & Hassel, 2015); it may also be due to the different statistical methodologies used to test that relationship (McWilliams & Siegel, 2000); and, still another possibility is that the relationship is not stable, but changing over time (Oikonomou, Brooks, & Pavelin, 2012).

An increasing awareness of the potential benefits of a generalized adoption of ESG criteria to guide strategic and operational decisions has motivated portfolio managers' preference to such investments (Lisin, Kushnir, Koryakov, Fomenko, & Shchukina, 2022). However, they also are responsible to maximize the long-term value of those assets under their watch and would like to have a better understanding of the true nature of the relationship (Henisz, Koller, & Nuttall, 2019). So, most attempts to make any progress towards the solution of this apparent inconclusiveness deserves attention. Some new directions that the CSR-ESG and CFP controversy has followed more recently include the analysis of specific economic sectors (Welford & Frost, 2006), geographic areas (Lisin et al., 2022; Welford & Frost, 2006), and of certain periods characterized by extraordinary events (e.g., financial crises or the COVID-19 pandemic) (Lins, Servaes, & Tamayo, 2017; Sahut & Pasquini-Descomps, 2015; Zhang, Wang, & Dong, 2022).

The present study analyzes firm-level data for the automotive industry from a worldwide database that includes ESG scores and stock returns, and aims to measure the significance of the ESG and CFP relationship during the last decade, including a comparison among those firms with different levels of ESG scores, as well as among firms with ESG scores with respect to firms that lack ESG scores.

The econometric technique used consists of a quasi-experimental difference-in-differences (DID) design, along with a panel data analysis to examine the impact of ESG scores and ESG Combined scores on firms' stock returns before and during the COVID-19 pandemic episode. The results reported highlight the performance of our stratified sample firms' stock returns in the context of the COVID-19 sanitary emergency.

In what follows, section 2 presents a brief survey of relevant studies on the concept of CSR, ESG and Corporate Financial Performance (CFP), as well as the attempts to relate them. It also presents a few studies on the impact of the sanitary emergency on firms, from different perspectives,

although from a financial perspective, none were identified. Section 3 introduces the data and the methodology used for the analysis, and discusses the output of the estimated models. And, finally, Section 4 concludes with some reflections about the possible directions for future research on this important subject.

2. Literature review

2.1 The Definition of ESG

Quantitative ESG data has become increasingly accessible to researchers during the last decades through several online databases. Scores published by diverse ESG rating agencies (KLD, Vigeo, Asset4, and Sustainalytics, among others) are frequently included in decision making models in the financial industry (and elsewhere). However, despite numerous efforts to bring about a clear and unbiased definition of CSR, in both the corporate and the academic world, there still exists confusion as to how CSR should be defined, and this represents a potentially delicate problem because different definitions may have diverging biases in the reading of analytical results. According to Diez-Cañamero, Bishara, Otegi-Olaso, Minguez, & Fernández (2020) financial markets participants require Corporate Sustainability Systems (CSS) that objectively rate corporate performance. However, in all intellectual honesty, the development of a more generally accepted paradigm is still in the making.

The challenge is not trivial since there is no way to confirm if a measurement is right or contains a certain bias. Some progress has been achieved by studying different databases that intend to measure the environmental, social, and governance dimensions of firms. For example, Dahlsrud (2008) argues that CSR (and CSR measures) should be considered a social construction for which it is unfeasible to agree on a definition. However, that fact should not be considered an obstacle to analyze the common traits among them, so he engages on a categorization of CSR definitions into five dimensions² identified from a vast Google journal articles and webpages exploration that found 37 definitions of CSR, from 27 authors, for a period that goes 1980 to 2003, based on which he was able to perform frequency counts, and based on them, to provide evidence about the consistency with which such dimensions are mentioned in the literature. This author reported that the definitions were mainly congruent and that while the a universally accepted definition of CSR is still missing, that congruence among measures makes the problem less acute. While most authors CSR definitions describe an organizational dimension, they do not postulate any guidelines on how to use it from a business perspective. So, the author concludes, the greatest challenge for business is to understand how CSR is present in each specific situation, and how to respond to it from a strategic point of view, more so than to agree on a single definition.

Semenova & Hassel (2015) explored the convergence of different ESG ratings, including MSCI EST Stats, Thomson Reuters ASSET4, and Global Engagement Services (GES). The study concluded that the ratings share some dimensions, but they do not converge. They found a high correlation

² The dimensions identified by Dahlsrud (2008) included: environmental, social, economic, stakeholder, and voluntariness.

between the environmental ratings of MSCI (formerly known as KLD), ASSET4 and GES during the first decade of the 21st century, but not much correlation in the Social or Governance dimensions.

Dorfleitner, Halbritter, & Nguyen (2015), recognized the relevance of ESG scores for managers and investors decision-making, and empirically compared three different approaches that measure ESG (ASSET4, Bloomberg and KLD) using a data set that includes ESG data for more than 8,500 firms on a global scale and conclude there is an obvious lack of convergence of ESG measures since the ratings of each do not coincide neither in distribution nor in risk. Dremptic, Klein, & Zwergel (2020) used the ASSET4 database of Thomson Reuters (containing more than 6000 companies) to evaluate the relationship among firm size, a company's resources allocated to providing ESG data, and the company's ESG data on its sustainability performance, and found a significant positive correlation between those three variables. Those results raised the concern of whether the way the ESG score measures corporate sustainability represents a relative advantage to those firms with more resources available, and the authors concluded that the current ESG measures do not represent realistic measures of the sustainability performance of a company, but rather depend of firm size which determines data availability and allocated resources to provide ESG information.

While the discussion on which database is more adequate continues, it becomes more and more clear that there is a serious commitment to achieve a unified understanding of the CSR and ESG dimensions.

2.2 CSR, ESG, CSP, CFP, and Business Decisions

A fundamental question in the search for a definitive answer is: why should business managers promote and accept the adoption of CSR and ESG and contribute to their diffusion? If it can be proved that CSR and ESG bring tangible benefits to businesses (in terms of financial indicators, for example), it is much easier for managers to convince their investors of the importance to allocate resources (material, financial, human) to the achievement of CSR and ESG criteria improvements. The inability to build a compelling case about their adoption in terms of tangible benefits could be contrary to their generalized adoption. The original question may be re-expressed in terms of whether or not the promotion and effective adoption of CSR criteria on managerial and strategic decisions in business also results in tangible economic benefits.

Carroll & Shabana (2010) reviewed the seminal works on CSR with the intention to build a "business case" for CSR, i.e., discussing the underlying rationality of the business community to support and adopt CSR criteria. Their conception of a business case for CSR refers to the determination of how profits benefit and other possible dimensions are affected by the pursuit of CSR strategies. They also briefly discussed the research lines that have derived from that discussion.

Research on the empirical relationship between different forms of socially responsible management (such as CSR, ESG, SRI, among others) and firms' financial performance is interested on finding evidence of whether actions that promote social and environmental improvements also have beneficial economic effects. The different measures of firms' financial performance and its relation with CSR/ESG that have been discussed in the literature include, for example, return on equity (ROE), return on assets (ROA), or return on sales (ROS) (Barnett & Salomon, 2012; Waddock & Graves, 1997). A different approach consists in the use a firm's stock returns as an unbiased estimator of its

financial performance (Girerd-Potin et al., 2014). While accounting based measurements have the benefit of making cross-comparisons among firms more consistent, since all follow common accounting principles and rules, stock returns are recognized as an immediate and efficient measure of market participants' perceptions on the firm's general performance, but particularly its financial performance.

Among other many studies that have focused their attention on the business relevance derived from the adoption of CSR, the work of Brooks & Oikonomou (2018) explore the literature on the relationship between CSR and Financial Performance (FP). According to these authors, finding evidence of financial benefits associated to responsible corporate governance is enough to transfer the discussion from the realm of moral and ethics to the arena of business economics.

The possibility that the adoption of corporate social responsibility principles to guide managerial activity may propitiate financial improvements is a strong economic argument in favor of following ESG scores as criteria to choose investments. However, while there is strong evidence in favor of that relationship, until now there is not a definitive consensus.

In what follows we review some representative empirical studies that document the existence of that relationship, and also mention those few that question its existence, whether because they empirically find a negative relationship, or because they find no relationship at all.

Among the vast number of studies that have reported a positive relationship between CSR-ESG and CSP many different conceptual and methodological approaches have been used. While the subject has been explored since at least fifty years ago, due to space concerns we limit our literature review to the two most recent decades and refer to seminal papers only exceptionally.

At the beginning of the 21st century, the generalized belief was that the relationship between corporate social/environmental performance (CSP) and corporate financial performance (CFP) was "too fractured". In response, Orlitzky et al. (2003) developed a meta-analytic review of 52 quantitative works, which represented approximately 34,000 observations on the CSP-CFP relationship, developed within a time horizon of 30 years, and found a positive association between these two constructs, so they were able to reject the hypothesis that CSP is inconsistent with shareholder value maximization. Interestingly, they reported that CSP seems to be more highly correlated with accounting-based CFP measures than with market-based measures, opening a new line of research that should attempt to answer why. Briefly, this study presented significantly stronger evidence on the existence of a positive CSP-CFP relationship than many other works on the subject. These authors derive relevant implications for decision makers, e.g., that the market does not penalize firms characterized by an outstanding corporate social performance, which supports the idea that managers can be socially responsible without contradicting the firm's value maximization objective; indeed, they may even pursue CSP objectives if they are convinced the market will respond favorably.

Managers are often said to experience a conflict between guiding their actions only by the interest of the stockholders vs. considering other stakeholders' interests, but it does not need to be the case. No conflict of interest exists if the more comprehensive stakeholder perspective is aligned with firm value (and stockholder wealth) maximization. Bird et al. (2007) examined the extent to which such a conflict exists. Instead of focusing on a single CSR score for each company, they use five

different CSR activities, to examine the strengths (defined in terms of those dimensions in which a company exceeds legal requirements) and concerns (defined in terms of the extent to which a company falls short of legal requirements or acceptable community standards) scores relationship with equity performance. Their general conclusion was that the evidence was insufficient and, for that reason, to take a wide stakeholder perspective was contrary to the interest of the stockholders. They also found that all CSR activities influence the market and that, in recent times, most firms that satisfied minimum requirements of diversity and environmental protection but were the most proactive in employee-relations were favorably valued by the market.

Welford & Frost (2006) provide an overview of CSR practices in Asia, evaluate the usefulness of codes of conduct, reviews the benefits of CSR in supply chains and reviews obstacles for companies wishing to adopt good CSR practices. In order to achieve this, interviews were undertaken with CSR managers, factory managers and other experts, conducted in confidence and anonymously. This research finds clear advantages to firms that adopt CSR practices, but that conclusion is not without caveats. For example, firms that have reached a maturity phase are better able to implement CSR since during their evolution they have implemented many of the principles: they enjoy more advanced and sophisticated governance and managerial systems, can pay better salaries and count with alternative mechanisms of employee retention (training, growth opportunities, etc.).

Kempf & Osthoff (2007) implement a simple trading strategy based on socially responsible ratings (KLD Research & Analytics). By combining long position in stocks with high socially responsible ratings and short positions in stocks with low socially responsible ratings resulted in an abnormal return of 8.7% per year. These authors report that the abnormal returns obtained with their strategy remain significant even after including transaction costs.

Sharfman & Fernando (2008) found an association between environmental responsibility and firm performance, that they attribute to an adequate use of the firm's resources, and infer it manifests in the form of organizational performance. However, the conceptualization proposed by these authors, is that environmental risk management lowers the cost of capital and, thus, represent an alternative perspective of the environmental-economic performance relationship. This is explained among environmentally responsible firms by a conversion of equity into debt financing, which provide increased tax shield and reduces the effective cost of capital of the firm.

Working with a value-weighted portfolio of the "100 Best Companies to Work For in America", Edmans (2011) focused on the relationship between employee satisfaction and long-run stock returns and reported an annual alpha of 3.5% for a period of 25 years (1984-2009). His results were robust to controls for firm characteristics, different portfolio building strategies, and the removal of outlier observations. Consistent with human capital theories, the empirical evidence supports the assertion that employee satisfaction is positively correlated with shareholder returns.

An extensive literature review by Friede et al. (2015) on the same subject identified more than 2000 empirical and review studies interested in the relation between CSR-ESG and CFP. It is possible to conclude from these authors' research that the case for ESG investing has been empirically very well documented, and that a vast majority of the studies have concluded there is a positive and stable in time ESG-CFP relation.

The increasing importance attributed to ESG factors among institutional investors selection criteria for investments was documented by Nagy et al. (2016). These authors recognized portfolio managers' frequent concerns that the inclusion of ESG factors in their decision-making process comes

at the cost of weaker risk-adjusted returns. In their work they analyze two strategies for which this performance trade-off does not always occur: their first (“Tilt”) strategy builds portfolios that overweight those stocks with high ESG scores; and their second (“Momentum”) strategy overweighs those stocks that have recorded and improvement of their ESG scores in recent periods. Both strategies outperformed the MSCI World Index and, at the same time, increased the portfolios’ ESG profile.

Two important contributions derived from the systematic literature review reported by Widyawati (2020) on Socially Responsible Investments and Environmental Social Governance metrics, were: 1) a bibliographic map that reveals a disproportionate interest on the financial performance of SRI portfolios; 2) evidence that ESG metrics are frequently used as a proxy for sustainability performance but lack transparency and convergence.

More recently, Huang (2021) reviewed 69 studies that utilize ESG and CFP metrics and, based on their analysis, suggested that most of the empirical evidence indicates “a positive, statistically significant but economically modest ESG–CFP link, concluding that ESG efforts do not seem to be motivated by any specific CFP indicators and that the problem should be approached considering ESG as “a part of overall firm activity”.

From the previous review, one might conclude that the relationship between CSR/ESG and CFP/CSP is reliable and predominantly positive. However, Brooks & Oikonomou (2018) assert that the idea that socially responsible behavior brings financial benefits to the firm also has had its detractors. The Nobel Laureate in Economics, Milton Friedman, famously argued that CSR represents unjustified taxation on shareholders (Friedman, 1970).

Beyond Friedman’s (1984) purely theoretical reasoning, there are a few studies that report a negative or a non-significant relationship between CSR/ESG and CFP, as well as a changing relationship that depends on the filtering process chosen by the authors. For example, McWilliams & Siegel (2000) argued that the inconsistency in the empirical results of different researches may be explained by a model specification problem. While most studies estimate the influence of CSR on firm performance using regression analysis, including a number of control variables, in almost all cases there is no control variable for Research and Development (R&D) investment. However, that variable has been extensively considered as an important determinant of firms’ performance (see, for example, Boiko, 2021). When R&D is included in the model, McWilliams & Siegel (2000) find that CSR has no effect whatsoever on the financial performance of the firm. Barnett & Salomon (2006) contribute to the debate by measuring the significance of that link in a sample of 61 mutual funds that practiced Socially Responsible Investing (SRI) from 1972 through the year 2000. Their proposed hypothesis was that the financial losses due to poor diversification in a certain fund are compensated by a more exhaustive “screening” that includes better and more stable firms in its portfolio. Their results, in effect, confirmed that as more social screens are used by a fund, financial returns tend to diminish first, but as the number of screens increases and reaches a maximum, it improves again. Such findings suggest that positive and negative evidence on the relationship may be correct and complementary after all. Moreover, community relations screening was positive for financial performance, but that environmental and labor relations screening diminished financial performance. What becomes clear from Barnett & Salomon’s (2006) contribution is that the focus on

the relationship between financial performance and CSR should move towards a more detailed analysis of different screening strategies results instead of attempting to confirm whether there is a financial benefit on following CSR guidelines. Another example of these seemingly contradictory reports is the study by Oikonomou et al. (2012), who were interested on the wealth protective consequences of firms' CSR behavior and studied the relationship between Corporate Social Performance and financial risk using a large sample of firms from the S&P 500 for a period from 1992 through 2009. Interestingly, their main finding was a negative but weak association between corporate social responsibility and systematic firm risk, at the same time that corporate social irresponsibility showed a positive strong association with financial risk. However, what matters for the present discussion is that, according to the results reported, there seems not to be a significant benefit when investments are selected according to Corporate Social Performance (or CSP, equivalent to a combination of CSR and ESG criteria), i.e., portfolio managers cannot use CSR/ESG criteria to deliver superior investment performance. The study concludes that, maybe, the stock market volatility acts as a buffer to the CSP-risk relationship. Finally, referring that the abundant evidence that firms with high ESG scores show high excess returns as well as lower market volatility, La Torre, Mango, Cafaro, & Leo (2020) argue that such evidence seems to be supported by the belief that ESG factors are interpreted as proxy measures of a firm's financial quality. Using a two-step methodology, they study the market performance of Eurostoxx50 index member companies, and using different ESG indicators they find that their results contradict previous reports: the stocks in their sample seem not to be affected by the type or intensity of ESG efforts they display.

2.3 Is There a Relationship Between ESG and Financial Performance?

According to Freeman's "Stakeholder Theory" (Freeman, 1984) CSR principles provide a solid foundation to build relationships among different groups of constituencies, internal and external to the firm which, if rightly conducted can have a positive impact on the long-term financial performance of the latter. The diversity and complexity of factors involved in CSR is such that the elaboration of adequate indicators must be carefully designed to objectively measure individual entities' compliance with CSR (sustainable development, social responsibility, and good corporate governance) criteria. Otherwise, neither governments nor investors can be sure of the extent to which economic agents act responsibly (Diez-Cañamero et al., 2020).

The puzzling inconsistency with which researchers have reported a positive, negative, and neutral impact of corporate social responsibility (CSR) on financial performance may be due to a problem of definitions in the measurement of the underlying dimensions, which as mentioned before, is one of the most prolific discussion subjects in the field. Another possible explanation may lie on the differing statistical approaches used by different studies. An interesting case in point is the work of McWilliams & Siegel (2000), who estimate the effect of CSR scores by regressing CFP measures on the former along with several control variables, and demonstrate a flaw that is present in many econometric studies. According to their view, the model is mis specified because it omits the investments in R&D as a control variable that has been reported to play a significant role in the determination of a firm's financial performance. This omission results in an over estimation of the financial impact of CSR scores. When they include that variable in their estimations, they conclude that CSR has no statistically significant impact on the financial performance of their sample firms.

Furthermore, the explanation of the inconclusiveness observed may even be the outcome of a constantly changing relationship which has, until now, been elusive to empirical research.

2.4 ESG and the Automotive Industry

An interest to examine the response of firms' stock performance to ESG criteria in the automotive industry and its performance during the COVID-19 pandemic is justified by the high degree of globalization that that industry has attained, as well as because of the growing economic importance that it represents today for many countries. The evolution of the industry during the pandemic requires a contrasting analysis of the evolution of the ESG and CFP relationship during a period of great uncertainty and significant market volatility, relative to the previous period. As an immediate antecedent, the sales of automotive products came to a serious slow-down during the first months of the COVID-19 pandemic with sales dropping by 71% in China, 47% in the United States, and 80% in Europe (Hensley, Maurer, & Padhi, 2021). The disruptive implications of the COVID-19 crisis for automotive manufacturers were unparalleled by any standards (Hoeft, 2021). Wang & Wells (2020) discuss the significant transformation of the public's behavior in what respects the physical mobility and the increasing use of virtual mobility during the pandemic. They postulate that the period may be considered an extraordinary experimental set to explore the consequences of deep changes in the structure and practices that have long characterized the automobile use. Hojdik (2021), for example, assessed how the extraordinary conditions detonated by the pandemic affected the automotive industry in the European region. His analysis highlights the economic importance of the industry for the European Union (EU), where it employs 2.7 million people and produces approximately 20% of all vehicles produced worldwide, not to mention the relevance that the industry has for the innovation process and technological advance of the region. The analysis he presents makes an evaluation across the EU members of the automotive industry performance after the pandemic.

Dealerships around the world muddled through the sanitary emergency to respond to the obligatory isolation of customers with the use of technology. However, as the isolation restrictions were gradually lifted, customers massively came back to the dealers' floors. Most dealerships are now combining their physical sales floor along with internet-based platforms to reactivate the industry (Hensley et al., 2021). The initiative and creativity of the industry has become a valuable asset used by industry participants to scout, develop and capture market opportunities in extraordinary times. Hoeft (2021) provided insights into the crisis management of automotive industry in Asia and, based on 18 interviews with market participants, he identified six principles that can leverage the resources and improve business outcomes. This study was a valuable contribution to understand industry participants' adoption of extraordinary measures that included flexible and adaptive organizational design, leadership structures interacting with the environment to respond to new and continuously changing goals, etc., and the findings are likely to represent a valuable input for regulators as it may suggest new ways into which the regulation may be improved.

Several studies have focused on more regional impacts of the pandemic on the automotive industry. Navavongsathian, Trimetsoontorn, Rungruang, & Janthongpan (2020), for example, study the impact of the pandemic on the supply side performance of the auto part industry in Thailand

based on a questionnaire on a stratified sample of auto parts manufacturers. This study concluded that the pandemic and the environmental consequences derived from it negatively affected the supply chain performance.

Wang & Wells (2020) examined the COVID-19 pandemic impact on the European automotive industry from the perspective of the socio-technical transitions literature. The authors conclude that mobility sharing is likely to diminish, as the use of electric cars increases.

The analysis of the relationship between the effects of the COVID-19 provoked pandemic, the CFP and the ESG of automotive industry firms has, until now, not been subject of a detailed analysis. The present study aims to successfully fill that gap in the literature.

3. Data and Methodological Aspects

3.1 Data

The database that supported the model's estimation was obtained from the ASSET4³, and consisted of quarterly data on 422 automotive companies listed in 29 different countries⁴, covering a period that goes from 2017Q4 through 2022Q1. The definition of automotive industry comprised (1) auto and truck manufacturers; (2) vehicles, parts and service retailers; (3) auto, truck, and motorcycle parts; and (4) tires and rubber products.

The research focuses on the impact of the ESG and ESG combined scores on these companies' stock returns before and during the COVID-19 pandemic. However, some firms reported their ESG only at some points of the period of interest, while others did not report their ESG ratings at any time. Additionally, the database was continuously updated, excluding firms that no longer qualified, and adding new companies as they were listed. Thus, the analysis examines all the firms in the dataset, as well as the 98 firms that consistently disclosed their ESG scores for the period of interest.

3.2 Econometric Specifications

We estimated a quasi-experimental difference-in-differences (DID) model and a panel data design to examine the impact of ESG scores and ESG combined scores on firms' stock return before and during the COVID-19 pandemic period. The quarterly stock return for each company ($r_{i,t}$) is computed as:

$$r_{i,t} = \left(\frac{P_{i,t}}{P_{i,t-1}} - 1 \right) \times 100 \quad (1)$$

³ ASSET4 was founded in 2003, taken over by Thomson Reuters in 2009 and their headquarters are located in Zurich Switzerland. The ASSET4 universe includes over 3000 public world companies and covers major indices: S&P 500, MSCI World Index, Nasdaq, FTSE350 and MSCI World Index. The main customers of ASSET4 are from the financial sector. The company collects and analyzes data from company reports, company websites, NGO websites, newspapers, journals, and trade publications but the sources of most ESG data are CSR reports created by the company themselves (Graafland & Smid, 2012).

⁴ The countries where the sample's firms are listed is the following: Australia, Belgium, Bermuda, Brazil, British Virgin Islands, Canada, Cayman Islands, Denmark, Finland, France, Germany, Hong Kong, Ireland, Israel, Italy, Japan, Jersey, Luxembourg, Mexico, Netherlands, Norway, Portugal, South Korea, Spain, Sweden, Switzerland, United Kingdom, United States.

Where $P_{i,t}$ is the closing price of the stock on quarter t and $P_{i,t-1}$ is the previous quarter closing price.

The DID approach estimates different results between control and treatment groups in the presence of shocks. So, we apply the DID model to examine the impact of the COVID-19 pandemic economic effects on the stock returns of automotive firms. Following Zhang (2021), the following DID model was specified:

$$r_{i,t} = \alpha + \beta_1(CVD_t) + \beta_2(DMK_{i,t}) + \beta_3(CVD_t \times DMK_{i,t}) + \beta_4(NDX_{i,t}) + \beta_5(\ln MK_{i,t}) + v_i + v_t + \varepsilon_{i,t} \quad (2)$$

The event dummy variable for the COVID-19 pandemic period was CVD_t , which takes a value of 1 from the first quarter of 2020 to the first quarter of 2022 and 0 otherwise. The treatment group includes companies that were most affected by the COVID-19 pandemic economic ripple waves. Such companies were defined as those whose total market capitalization during the first quarter of 2020 was reduced by more than the average decrease in market capitalization for all firms in the sample when compared to the first quarter of 2019⁵. DMK_i is equal to 1 if a firm belongs to the treatment group and 0 otherwise. Accordingly, in the context of the DID approach, DMK_i is the treatment group, while CVD_t is the pre- and after-treatment time variable. Our focus on the DID estimation design is on the combined effect of $CVD_t \times DMK_i$.

Previous studies report evidence that firm size influences its financial performance (Breitz & Partapuoli, 2020; Zhang, 2021). For that reason, the logarithm of each firm's market capitalization ($\ln MK_i$) was included to capture its size. The returns of the stock market index also influence individual companies' stock returns (Ivanovski, Ivanovska, & Narasanov, 2016). Accordingly, the market index returns for the market where the firm is incorporated was included as a control variable (NDX_i).

The key explanatory variables are the ESG combined ($ESGC_i$) and ESG (ESG_i) scores which are assigned a value from 0 to 100. The ESG score reflects companies' publicly available data to measure their performance on environmental, governance, and social issues. The combined score is a weighted average of the ESG and the controversies score, which includes 23 controversial subjects. So, when a company is not involved in any controversies, both scores are the same. To examine the influence of these scores on stock returns of the automotive industry before and during the COVID-19 episode, we set our econometric specification as follows:

$$r_{i,t} = \alpha + \beta_1(CVD_t) + \beta_2(DMK_{i,t}) + \beta_3(CVD_t \times DMK_{i,t}) + \beta_4(CVD_t \times DMK_{i,t} \times S_{i,t-1}) + \beta_5(S_{i,t-1}) + \beta_6(NDX_{i,t}) + \beta_7(\ln MK_{i,t}) + v_i + v_t + \varepsilon_{i,t} \quad (3)$$

Where $S_{i,t-1}$ alternatively represents either the ESG combined score or the raw ESG score. In other words, Equation (3) represents a general model that the study uses for either the ESGC or the

⁵ The average change in market capitalization in 2020Q1 was -30.04%.

raw ESG scores represented by the variable $S_{i,t-1}$ in the model. ESG data is updated once a year in most cases. However, individual firms' scores may be published at different dates, e.g., the ESG score for company P is published in the third quarter, while company's Q score is published in the first quarter. Thus, the company's stock return of quarter t reflects the ESG score corresponding to quarter $t-1$.

We also examine the stock returns of the 98 companies that published their ESG scores for the period of interest and split that period into two subperiods: one before the COVID-19 pandemic (2017Q4-2019Q4) and the other corresponding to that episode (2020Q1-2022Q4). In the panel data specifications, the interaction of the company's ESG with its size (as measured by $\ln MK_i$) was included to examine their combined effect on stock returns. The panel regression model is represented as:

$$r_{i,t} = \alpha + \beta_1(S_{i,t-1}) + \beta_2(S_{i,t-1} \times \ln MK_{i,t}) + \beta_3(NDX_{i,t}) + \beta_4(\ln MK_{i,t}) + v_i + v_t + \varepsilon_{i,t} \quad (4)$$

3.3 Empirical Analysis

Table 1 presents a statistical summary of the main variables of the study. The ESGC's skewness is negative, while the ESG is right-skewed; i.e., a larger proportion of the companies have a higher ESG. The left-skewness of the ESGC may be related to the negative impact of effect of unfavorable media on the controversies score (Breitz & Partapuoli, 2020).

Table 1. Summary Statistics of the Panel Data Analysis

	Stocks Return	Indices Return	ln(Market Cap.)	ESG Combined Score	ESG Score	COVID Pandemic Period (Post)	Change in Market Cap. (Treat)
Mean	1.681	2.392	20.272	45.567	48.455	0.527	0.485
Median	-1.250	3.050	19.839	46.619	48.445	1	0
Maximum	860.774	31.853	27.739	84.550	93.585	1	1
Minimum	-99.734	-37.194	17.728	0.921	0.921	0	0
Std. Dev.	32.257	9.593	1.853	17.076	19.844	0.499	0.500
Skewness	8.145	-0.475	0.827	-0.118	0.076	-0.107	0.058
Kurtosis	170.745	3.763	2.966	2.494	2.355	1.012	1.003
Jarque-Bera (p-value)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Observations	6,439	6,517	6,517	2,592	2,592	6,517	6,517

Source: Authors' own elaboration.

Table 2 presents some descriptive statistics of different groups of companies and subperiods. The Wilcoxon test and the t -test reject the null of equal mean and equal median returns for the group of firms with and the group of firms without ESG. Similarly, the median and mean returns in 2017Q4-2019Q4 are not the same as in 2020Q1-2022Q1. However, average returns of the treatment and control groups are significantly different at a 5.5% level, while their medians are not significantly different at conventional levels.

Table 2. Descriptive Statistics by Groups (Returns Comparisons)

	ESG Available	ESG Unavailable	Treatment Group	Control Group	2017Q4 - 2019Q4	2020Q1 - 2022Q1
Mean	3.477	0.476	0.896	2.437	-1.303	4.365
Median	0.766	-2.700	-1.382	-1.122	-1.895	-0.012
Maximum	860.774	816.667	378.986	860.774	275.000	860.774
Minimum	-75.754	-99.734	-75.754	-99.734	-98.000	-99.734
Std. Dev.	34.073	30.926	27.296	36.390	19.085	40.421
Coeff. Var.	9.801	64.972	30.476	14.935	-14.641	9.261
Skewness	8.098	8.158	2.847	9.956	2.303	7.492
Kurtosis	172.329	167.009	28.276	197.666	26.018	128.450
Jarque-Bera (<i>p</i> -value)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Observations	2,585	3,854	3,159	3,280	3,049	3,390
Equality tests:						
Mean (<i>t</i> -test)	0.000		0.055		0.000	
Median (Wilcoxon)	0.000		0.407		0.000	
<i>F</i> -test (variance)	0.000		0.000		0.000	

Source: Authors' own elaboration.

Figure 1 presents the automotive sector's quarterly stock returns from 2017Q4 to 2022Q1. Panel A compares the returns of the treatment and control groups. The returns of both groups fell drastically in the first quarter of 2020 and then recovered during the next quarter. However, the average return of the treatment group fell almost two times (-42%) as much as the control group's (-24%), but they recovered from their losses over the next quarter. Panel B contrasts the returns of companies that disclosed their ESG scores with those that did not. Average returns of the former plunged by 40% during 2020Q1, while those of the latter dropped by 29%. Average returns of companies with ESG increased by 43% in the next quarter, and those of companies that did not publish their ESG score raised only 19%.

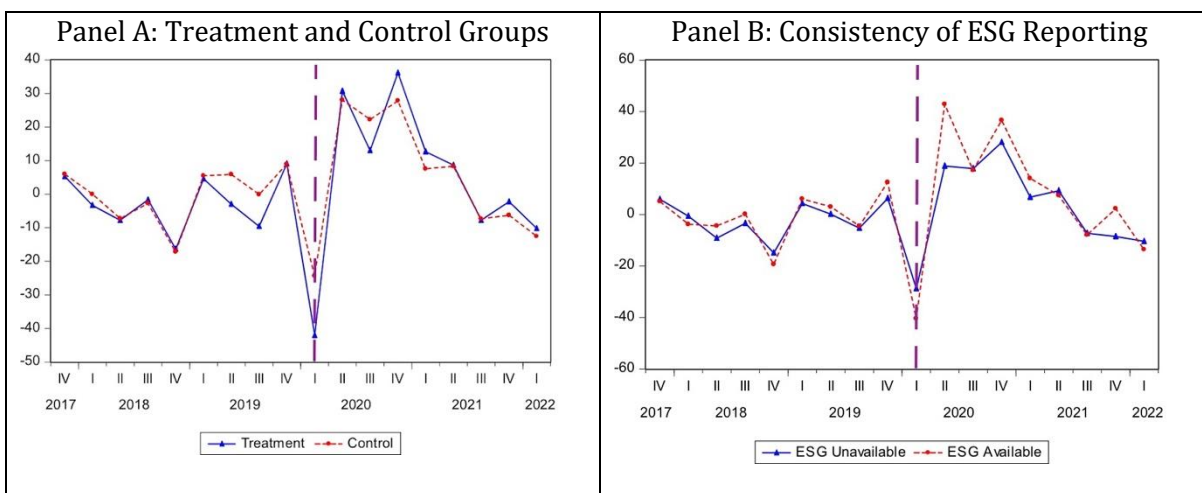


Figure 1. Automotive sector's average stock returns

Source: Authors' own elaboration.

Section A of Table 3 presents the results of DID regressions for the full sample of automotive companies. Section B displays the outcomes of those firms that consistently reported their ESG scores from 2017Q4 to 2022Q1. The estimated results of columns 1A and 1B correspond to Equation (2), the outcomes of columns 2A and 2B relate to Equation (3), and the findings in columns 3A and 3B concern Equation (4).

The dummy variable representing the COVID-19 period has a positive coefficient, indicating a direct relationship between stock returns and the pandemic episode. However, such a relationship was not statistically significant. The interaction term of the COVID-19 (Post) and change in market capitalization (Treat) dummies was positive in all cases but statistically significant only in the baseline model that does not consider ESG scores. The coefficient of $\ln MK_i$ was substantially positive and significant in all models. Thus, firm size directly affected stock returns during the COVID-19 episode. The interaction of CVD and DMK_i baseline results displayed in columns 1A and 1B are significantly positive. So, as expected, the outbreak of the COVID-19 pandemic had a positive impact on automotive firms' stock returns.

The results in columns 2A and 2B show a significantly negative relationship between the ESGC score and stock returns. Columns 3A and 3B present a similar result for the ESG score, although the magnitude of the coefficients is lower in the second case. Accordingly, the estimations suggest that ESG scores reduced stock returns. All models indicate that the interaction term of CVD , DMK_i , and $ESGS_i$ is marginal and not significant, which implies that during the COVID-19 pandemic, ESG scores did not play a role in determining the treatment group's stock returns.

Table 3. DID regression results of ESGC and ESG

A: All Automotive Firms						
			ESGC		ESG	
Variable	(1A)		(2A)		(3A)	
α	-18.807	***	-24.645	***	-33.527	***
CVD_t	1.257		2.720		2.869	
DMK_i	-3.051	***	-3.004	*	-2.731	
$CVD_t \times DMK_i$	3.442	**	4.407		5.110	
$CVD_t \times DMK_i \times S_{i,t-1}$			0.007		-0.007	
$S_{i,t-1}$			-0.169	***	-0.156	***
$\ln MK_i$	0.846	***	1.365	***	1.755	***
NDX_i	1.400	***	1.693	***	1.688	***
Observations	6,439		2,543		2,543	
Cross-sections	422		172		172	
Adjusted R ²	0.184		0.251		0.251	
Durbin-Watson	1.993		2.055		2.050	
B: Firms with ESG Scores						
			ESGC		ESG	
	(1B)		(2B)		(3B)	
α	-14.593	**	-19.109	***	-29.440	***
CVD_t	1.322		0.795		1.643	
DMK_i	-3.344	***	-2.964	**	-2.880	**

$CVD_t \times DMK_i$	6.034	***	10.032	***	10.783	***
$CVD_t \times DMK_i \times S_{i,t-1}$			-0.076		-0.076	
$S_{i,t-1}$			-0.101	***	-0.101	***
$\ln MK_i$	0.645	**	0.987	***	1.522	***
NDX_i	0.747	***	1.519	***	0.759	***
Observations	1,762		1,757		1,757	
Cross-sections	98		98		98	
Adjusted R ²	0.040		0.381		0.054	
Durbin-Watson	2.026		2.044		2.038	

***, **, and * denote significance levels of 1%, 5%, and 10%, respectively.

Source: Authors' own elaboration.

The dummy variable representing the COVID-19 period has a positive coefficient, indicating a direct relationship between stock returns and the pandemic episode. However, that relationship was not statistically significant. The interaction term of the COVID-19 (Post) and change in market capitalization (Treat) dummies was positive in all cases but statistically significant only in the baseline model. So, the outbreak of the COVID-19 pandemic had a positive impact on automotive firms' stock returns. The coefficient of $\ln MK_i$ was substantially positive and significant in all models. Thus, firm size directly influenced stock returns during the COVID-19 episode.

The results in columns 2A and 2B show a significantly negative relationship between the ESGC score and stock returns. Columns 3A and 3B present similar results for the ESG raw score, although the magnitude of the coefficients is lower for the raw score. Accordingly, the estimations suggest that ESG scores reduced stock returns. All models indicate that the interaction term of CVD , DMK_i , and ESG_i is marginal and not significant, which implies that during the COVID-19 pandemic, ESG scores did not play a role in determining the treatment group's stock returns.

Table 4 shows the regression results of Equation (4) for the ESGC and ESG scores as independent variables for (A) all automotive firms in our sample and (B) those with ESG scores in the complete period of interest. Before the COVID-19 episode, such scores had no significant influence on stock returns. During the pandemic, however, the ESGC score was significantly negative for all firms, and the negative coefficient of ESG was also significant for those firms that consistently reported the score.

Table 4. Panel data results of ESGC and ESG

A: All Automotive Firms							
	2017Q4 - 2019Q4				2020Q1 - 2022Q1		
	ESGC		ESG		ESGC		ESG
Variable	(1A)		(2A)		(3A)		(4A)
α	-532.567	***	-48.514	***	-9.648		-145.165
$S_{i,t-1}$	2.244		-0.046		-6.597	***	-2.511
$S_{i,t-1} \times \ln MK_i$	-0.089		-0.005		0.254	**	0.063

$\ln MK_i$	23.512	***	2.423	***	2.661		9.257	*
NDX_i	0.946	***	1.042	***	1.769	***	1.788	***
Observations	1,124		1,124		1,419		1,419	
Cross-sections	142		142		172		172	
Adjusted R ²	0.221		0.185		0.250		0.248	
Durbin-Watson	2.011		1.993		2.251		2.244	
B: Firms with ESG Scores								
	2017Q4 - 2019Q4				2020Q1 - 2022Q1			
	ESGC		ESG		ESGC		ESG	
	(1B)		(2B)		(3B)		(4B)	
α	-48.985	**	-50.707	***	7.122		50.122	
$S_{i,t-1}$	0.301		0.067		-0.334		-1.167	**
$S_{i,t-1} \times \ln MK_i$	-0.018		-0.008		0.009		0.048	**
$\ln MK_i$	2.368	**	2.426	***	-0.013		-2.022	
NDX_i	0.291	*	0.929	***	1.765	***	1.765	***
Observations	875		875		882		882	
Cross-sections	98		98		98		98	
Adjusted R ²	0.272		0.217		0.436		0.436	
Durbin-Watson	1.976		1.998		2.051		2.051	

***, **, and * denote significance levels of 1%, 5%, and 10%, respectively.

Source: Authors' own elaboration.

The outcomes in column 4A suggest that ESGC and firm size interaction was significantly positive for the automotive sector's returns during the COVID-19 episode. Similarly, the results in column 4B indicate that the interaction between ESG and $\ln MK_i$ was significant. Nonetheless, its positive effect was marginal on the returns of ESG reporting companies. These results confirm the DID outcomes regarding the negative relationship between ESG scores and stock returns during the pandemic. Also, the outcomes of the DID and panel data models suggest that the influence of the market as a whole was significantly positive on individual firms' stock returns.

4. Conclusions

The analysis of the relationship between the effects of the COVID-19 pandemic, the CFP and the ESG of automotive industry firms has, until now, not been submitted to a careful analysis. The present study aims to successfully fill that gap in the literature as it investigates the impact of the COVID-19 outbreak on the stock returns of automotive firms worldwide, using as explanatory variables the ESGC and ESG scores from ASSET4.

During the first quarter of 2020, auto industry firms' returns plunged, but they then quickly recovered the next quarter. Due to the shock of the pandemic during that quarter, including compulsory lockdown restrictions, automobile sales plummeted as customers could not even visit dealerships. However, many dealers swiftly adapted to reach customers online, while private

vehicles became preferred over public transportation due to a reduced risk of infection transmission. Also, in some countries, governments introduced support measures for the automotive industry manufacturers. The result was a positive effect on automotive industry firms' stock returns. However, the results of our DID estimations indicate that the impact of the COVID-19 pandemic on automotive companies' stock returns was positive but not significant.

Regarding the role of ESG scores the estimation results suggest they significantly decreased stock returns during the pandemic, although the impact was marginal. Still, it was more pronounced in those companies that did not consistently report ESGC and ESG scores during the period of analysis. Thus, ESG disclosures reduced stock returns in the COVID-19 episode, but the lack of systematic information on such scores represented an additional uncertainty factor for investors.

The results of the panel data specifications suggest that taking sustainable actions during the pandemic lessened stock returns, as evidenced by the negative coefficients of the ESGC and ESG scores. These outcomes agree with the conclusions reached by Breitz & Partapuoli (2020) regarding the relationship between ESG scores and stock returns during periods of crisis. The negative coefficients are larger for the ESGC than for the ESG, which might be a consequence of the uncertainty perceived by investors due to adverse media reports related to firms' involvement in controversies. Through the interaction terms with firm size, we found that ESGC and ESG scores had a positive relationship with stock returns during the pandemic. Thus, larger firms' returns benefited from higher ESG scores in the COVID-19 crisis.

Besides the repercussions for automotive companies and investors, our findings also concern policymakers. Since the lack of systematic information on ESG-related scores entailed an additional source of uncertainty, policymakers should more proactively encourage and regulate firms to disclose their ESG information. As previously discussed, our results suggest that ESG scores did not have a significant impact on the automotive industry's stock returns and that such scores had a significantly negative, although marginal, effect on such returns. However, as evidenced by recent natural and social events, the need for compromise with the environment and firms' stakeholders is imperative and urgent. So, we consider it highly likely that the positive relationship between ESG scores and returns identified for large companies during the COVID-19 episode will become more widespread.

More research on this subject using alternative measures for ESG, as well as the environmental, social, and governance individual scores, the pillars of ESG, will consolidate our understanding of the role of ESG. It is also feasible to study the impact of ESG scores and the COVID-19 pandemic on the stock performance of other industries or define treatment groups differently for further DID analysis. Likewise, it would be worthwhile examining if the present results are robust once the COVID-19 pandemic is over and to compare such findings with other crisis periods.

References

- [1] Barnett, M. L., & Salomon, R. M. (2006). Beyond Dichotomy: The Curvilinear Relationship Between Social Responsibility and Financial Performance. *Strategic Management Journal*, 27(11), 1101–1122. <https://doi.org/10.1002/smj.557>
- [2] Barnett, M. L., & Salomon, R. M. (2012). Does It Pay to Be Really Good? Addressing the Shape of the Relationship Between Social and Financial Performance. *Strategic Management Journal*, 33(11), 1304–1320. <https://doi.org/10.1002/smj.1980>
- [3] Bird, R., Hall, A. D., Momentè, F., & Reggiani, F. (2007). What Corporate Social Responsibility Activities Are Valued by the Market? *Journal of Business Ethics*, 76(2), 189–206. <https://doi.org/10.1007/s10551-006-9268-1>
- [4] Boffo, R., & Patalano, R. (2020). ESG Investing Practices, Progress Challenges. In *OECD Paris*. Retrieved from www.oecd.org/finance/ESG-Investing-Practices-Progress-and-Challenges.pdf.
- [5] Boiko, K. (2021). R&D Activity and Firm Performance: Mapping the Field. *Management Review Quarterly*, 1–37. <https://doi.org/10.1007/s11301-021-00220-1>
- [6] Breitz, C., & Partapuoli, P. J. (2020). *How is ESG Affecting Returns? A Portfolio- and Panel Data Analysis of US Firms in the S&P 500*. Lund University. Retrieved from: <http://lup.lub.lu.se/student-papers/record/9022586/file/9022590.pdf>
- [7] Brooks, C., & Oikonomou, I. (2018). The Effects of Environmental, Social and Governance Disclosures and Performance on Firm Value: A Review of the Literature in Accounting and Finance. *British Accounting Review*, Vol. 50, pp. 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.bar.2017.11.005>
- [8] Carroll, A. B., & Shabana, K. M. (2010). The Business Case for Corporate Social Responsibility: A Review of Concepts, Research and Practice. *International Journal of Management Reviews*, Vol. 12, pp. 85–105. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2370.2009.00275.x>
- [9] Dahlsrud, A. (2008). How Corporate Social Responsibility Is Defined: An Analysis of 37 Definitions. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 15(1), 1–13. <https://doi.org/10.1002/csr.132>
- [10] Diez-Cañamero, B., Bishara, T., Otegi-Olaso, J. R., Minguez, R., & Fernández, J. M. (2020). Measurement of Corporate Social Responsibility: A Review of Corporate Sustainability Indexes, Rankings and Ratings. *Sustainability*, 12(5), 2153. <https://doi.org/10.3390/su12052153>
- [11] Dorfleitner, G., Halbritter, G., & Nguyen, M. (2015). Measuring the Level and Risk of Corporate Responsibility – An Empirical Comparison of Different ESG Rating Approaches. *Journal of Asset Management*, 16(7), 450–466. <https://doi.org/10.1057/jam.2015.31>
- [12] Drempetic, S., Klein, C., & Zwergel, B. (2020). The Influence of Firm Size on the ESG Score: Corporate Sustainability Ratings Under Review. *Journal of Business Ethics*, 167(2), 333–360. <https://doi.org/10.1007/s10551-019-04164-1>
- [13] Edmans, A. (2011). Does the Stock Market Fully Value Intangibles? Employee Satisfaction and Equity Prices. *Journal of Financial Economics*, 101(3), 621–640. <https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2011.03.021>
- [14] Freeman, R. E. (1984). *Strategic Management: A Stakeholder Approach*. Marshfield, MA: Pitman. <https://doi.org/10.1017/cbo9781139192675.003>
- [15] Friede, G., Busch, T., & Bassen, A. (2015). ESG and Financial Performance: Aggregated Evidence From More Than 2000 Empirical Studies. *Journal of Sustainable Finance and Investment*, 5(4), 210–233. <https://doi.org/10.1080/20430795.2015.1118917>
- [16] Friedman, M. (1970). The Social Responsibility of Business Is to Increase Its Profits. *New York Times Magazine*, pp. 122–126. https://doi.org/10.1007/978-3-540-70818-6_14
- [17] Girerd-Potin, I., Jimenez-Garcès, S., & Louvet, P. (2014). Which Dimensions of Social Responsibility Concern Financial Investors? *Journal of Business Ethics*, 121(4), 559–576. <https://doi.org/10.1007/s10551-013-1731-1>

-
- [18] Global Sustainable Investment Alliance. (2021). Global Sustainable Investment Review 2020. In *Global Sustainable Investment Review*. Brussels. Retrieved from: <http://www.gsi-alliance.org/wp-content/uploads/2021/08/GSIR-20201.pdf>
- [19] Boffo, R., & Patalano, R. (2020). ESG Investing Practices, Progress Challenges. In *OECD Paris*. Retrieved from www.oecd.org/finance/ESG-Investing-Practices-Progress-and-Challenges.pdf
- [20] Graafland, J., & Smid, H. (2012). *Impact Measurement and Performance Analysis of CSR (IMPACT)*. Retrieved from <https://www.nottingham.ac.uk/business/who-we-are/centres-and-institutes/iccsr/research-projects/impact-measurement-and-performance-analysis-of-csr.aspx>.
- [21] Henisz, W., Koller, T., & Nuttall, R. (2019). Five Ways That ESG Creates Value. In *McKinsey Quarterly*. Retrieved from <https://www.mckinsey.com/business-functions/strategy-and-corporate-finance/our-insights/five-ways-that-esg-creates-value>
- [22] Hensley, R., Maurer, I., & Padhi, A. (2021). How the Automotive Industry is Accelerating Out of the Turn. *McKinsey Quarterly*, (July), 1–3. Retrieved from <https://www.mckinsey.com.br/industries/automotive-and-assembly/our-insights/how-the-automotive-industry-is-accelerating-out-of-the-turn>.
- [23] Hoefl, F. (2021). The Case of Sales in the Automotive Industry During the COVID-19 Pandemic. *Strategic Change*, 30(2), 117–125. <https://doi.org/10.1002/jsc.2395>
- [24] Hoepner, A. G. F. (2013). *Environmental, Social, and Governance (ESG) Data: Can It Enhance Returns and Reduce Risks?* Detsche Bank – Global Financial Institute Retrieved from: https://www.longfinance.net/documents/1151/DGFI_ESG_2013.pdf
- [25] Hojdik, V. (2021). Current Challenges of Globalization in the Automotive Industry in European Countries. *SHS Web of Conferences*, 92, 1–10. <https://doi.org/10.1051/shsconf/20219201015>
- [26] Huang, D. Z. X. (2022). An Integrated Theory of the Firm Approach to Environmental, Social and Governance Performance. *Accounting and Finance*, 62(S1), 1567–1598. <https://doi.org/10.1111/acfi.12832>
- [27] Ivanovski, Z., Ivanovska, N., & Narasanov, Z. (2016). The Regression Analysis of Stock Returns at MSE. *Journal of Modern Accounting and Auditing*, 12(4), 217–224. <https://doi.org/10.17265/1548-6583/2016.04.003>
- [28] Kempf, A., & Osthoff, P. (2007). The Effect of Socially Responsible Investing on Portfolio Performance. *European Financial Management*, 13(5), 908–922. <https://doi.org/10.1111/j.1468-036X.2007.00402.x>
- [29] La Torre, M., Mango, F., Cafaro, A., & Leo, S. (2020). Does the ESG Index Affect Stock Return? Evidence from the Eurostoxx50. *Sustainability*, 12(16), 6387. <https://doi.org/10.3390/su12166387>
- [30] Lins, K. V., Servaes, H., & Tamayo, A. (2017). Social Capital, Trust, and Firm Performance: The Value of Corporate Social Responsibility During the Financial Crisis. *Journal of Finance*, 72(4), 1785–1824. <https://doi.org/10.1111/jofi.12505>
- [31] Lisin, A., Kushnir, A., Koryakov, A. G., Fomenko, N., & Shchukina, T. (2022). Financial Stability in Companies with High ESG Scores: Evidence from North America Using the Ohlson O-Score. *Sustainability*, 14(1), 479. <https://doi.org/10.3390/su14010479>
- [32] McWilliams, A., & Siegel, D. (2000). Corporate Social Responsibility and Financial Performance: Correlation or Misspecification? *Strategic Management Journal*, 21(5), 603–609. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0266\(200005\)21:5<603::AID-SMJ101>3.0.CO;2-3](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0266(200005)21:5<603::AID-SMJ101>3.0.CO;2-3)
- [33] Mooij, S. (2017). The ESG Rating and Ranking Industry; Vice or Virtue in the Adoption of Responsible Investment? *Journal of Environmental Investing*, 8(1), 331–358. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2960869>
- [34] Nagy, Z., Kassam, A., & Lee, L.-E. (2016). Can ESG Add Alpha? An Analysis of ESG Tilt and Momentum Strategies. *The Journal of Investing*, 25(2), 113–124. <https://doi.org/10.3905/joi.2016.25.2.113>

- [35] Navavongsathian, A., Trimetsoontorn, J., Rungruang, P., & Janthongpan, S. (2020). The Impact of the COVID-19 Pandemic on Supply Chain Performance of the Auto Parts Industries of Thailand. *Acta Logistica*, 7(4), 245–251. <https://doi.org/10.22306/al.v7i4.185>
- [36] Oikonomou, I., Brooks, C., & Pavelin, S. (2012). The Impact of Corporate Social Performance on Financial Risk and Utility: A Longitudinal Analysis. *Financial Management*, 41(2), 249–258. <https://doi.org/10.1111/j.1755-053X.2012.01190.x>
- [37] Orlitzky, M., Schmidt, F. L., & Rynes, S. L. (2003). Corporate Social and Financial Performance: A Meta-Analysis. *Organization Studies*, 24(3), 403–441. <https://doi.org/10.1177/0170840603024003910>
- [38] Sahut, J.-M., & Pasquini-Descomps, H. (2015). ESG Impact on Market Performance of Firms: International Evidence. *Management International*, 19(2), 1–30. <https://doi.org/10.7202/1030386ar>
- [39] Semenova, N., & Hassel, L. G. (2015). On the Validity of Environmental Performance Metrics. *Journal of Business Ethics*, 132(2), 249–258. <https://doi.org/10.1007/s10551-014-2323-4>
- [40] Sharfman, M. P., & Fernando, C. S. (2008). Environmental Risk Management and the Cost of Capital. *Strategic Management Journal*, 29(6), 569–592. <https://doi.org/10.1002/smj.678>
- [41] Waddock, S. A., & Graves, S. B. (1997). The Corporate Social Performance-Financial Performance Link. *Strategic Management Journal*, 18(4), 303–319. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0266\(199704\)18:4<303::AID-SMJ869>3.0.CO;2-G](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0266(199704)18:4<303::AID-SMJ869>3.0.CO;2-G)
- [42] Wang, L., & Wells, P. (2020). Automobilities After SARS-CoV-2: A Socio-Technical Perspective. *Sustainability (Switzerland)*, 12(15), 1–14. <https://doi.org/10.3390/su12155978>
- [43] Welford, R., & Frost, S. (2006). Corporate Social Responsibility in Asian Supply Chains. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, Vol. 13, pp. 166–176. <https://doi.org/10.1002/csr.121>
- [44] Widyawati, L. (2020). A systematic literature review of socially responsible investment and environmental social governance metrics. *Business Strategy and the Environment*, 29(2), 619–637. <https://doi.org/10.1002/bse.2393>
- [45] Zhang, D. (2021). Does a Designed Financial System Impact Polluting Firms' Employment? Evidence of an Experimental Economic Policy. *Finance Research Letters*, 38, 101500. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2020.101500>
- [46] Zhang, D., Wang, C., & Dong, Y. (2022). How Does Firm ESG Performance Impact Financial Constraints? An Experimental Exploration of the COVID-19 Pandemic. *The European Journal of Development Research*. <https://doi.org/10.1057/s41287-021-00499-6>

Contribución de la educación superior en el cumplimiento de la agenda 2030

Lic. Camila Aguilar - CACECA
Dr. Eduardo Ávalos - AICE

Introducción

En vista de las amenazas sociales y medioambientales que enfrenta el mundo actualmente, desde hace varias décadas, específicamente desde los años 80, la sostenibilidad ha cobrado relevancia. Oficialmente, el término “desarrollo sostenible” fue acuñado en 1987, año en que fue publicado el reporte “Nuestro futuro común”, conocido como el reporte Brundtland, elaborado por la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. En este reporte, la definición de desarrollo sostenible considera la satisfacción de las necesidades de la generación actual sin comprometer las necesidades de futuras generaciones, tomando en consideración factores de desarrollo social, económico y medioambiental.

La participación de la educación superior para el logro de estos objetivos se puede considerar como un fenómeno reciente. Los objetivos de Desarrollo del Milenio, predecesores de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, no contemplaban el acceso a la educación superior y por ende la participación de las instituciones educativas de este sector era mínima.

A inicios de los 90, Jean Mayer, Presidente de Tufts University convocó a veintidós representantes de universidades a una reunión internacional llevada a cabo en Talloires, Francia, donde se presentaron diez acciones que podrían llevar a cabo las Instituciones de educación superior y firmaron la Declaración Talloires. En esta reunión, se llegó a la conclusión de que las Instituciones de educación superior educan a la mayoría de las personas encargadas del manejo y desarrollo de las principales organizaciones de la sociedad y por esta razón, las tienen la responsabilidad de concientizar, educar, crear la tecnología y herramientas que coadyuven a la creación de un futuro sostenible.

En el año 2015, la Asamblea General de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) aprobó la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible como un instrumento global y que tiene un alcance sin precedentes bajo el lema “No dejar a nadie atrás”. Esta agenda compuesta por 17 objetivos abarca tres dimensiones; económica, social y ambiental, teniendo como eje transversal a las personas.



Figura 1. Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) son el corazón de la Agenda 2030 y muestran una mirada integral, indivisible y una colaboración internacional renovada.

Fuente: Cepal.

El avance en el cumplimiento de los ODS no puede entenderse de forma segmentada sino de forma sistémica e integrada, con especial énfasis en la transversalidad que existe entre los diversos objetivos de desarrollo sostenible, ya que su cumplimiento implica la alineación de cambios sociales, ecológicos y económicos y científico-tecnológicos que involucren la creación de alianzas y movilización de gran parte de la sociedad. (Chaleta, Saraiva, Leal, Fialho & Borralho, 2021) En esta movilización para el cumplimiento, resulta clave la colaboración entre actores, el aprendizaje y la integración de conocimientos. Dentro de este llamado a la acción, las universidades son agentes generadores de conocimiento que tienen la capacidad de generar las condiciones favorables que son necesarias para que se lleven a cabo estas transformaciones.

Por medio de la integración de los ODS en sus funciones sustantivas (docencia, investigación y extensión) las IIEE tienen un rol fundamental en el cumplimiento de la Agenda 2030; tienen la responsabilidad de generar conciencia, conocimientos, desarrollar innovaciones en conocimientos y tecnologías que permitan crear un futuro sostenible.

El objetivo de este artículo es realizar una revisión de antecedentes de la Agenda 2030, analizar el nivel de involucramiento de las Instituciones de educación superior en la adopción de la Sostenibilidad y compartir la contribución de la acreditación institucional como herramienta de apoyo para la integración de la Agenda 2030 en las IIEE.

Agenda 2030 y desarrollo sostenible

En 2015 la Asamblea General de las Naciones Unidas adoptó de forma unánime el documento "Transformar nuestro mundo: Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible". Esta iniciativa incluye diecisiete Objetivos para el Desarrollo Sostenible que tienen como fecha límite de cumplimiento, el año 2030. A pesar de ser considerada una agenda universal a la cual aspirar para el bien común, ha recibido críticas por ser considerada ambigua, ya que abarca la resolución de problemáticas sociales, económicas y ambientales sin ofrecer una ruta de acción específica o realista. A pesar de esto, representa la unión de esfuerzos colectivos que plasman a lo que debemos aspirar, donde los objetivos están interconectados y solo pueden ser logrados de manera conjunta.

Para entender la transversalidad de los objetivos, se han clasificado en cinco pilares: Personas (ODS 1-5), Prosperidad (ODS 6-12), Planeta (ODS 13-15), Paz (ODS 16) y Alianzas (ODS 17). Estos pilares también corresponden con las dimensiones del desarrollo sostenible: social, económico y ambiental.

Desde la adopción de la agenda 2030, en septiembre de 2015, los íconos que representan los objetivos han cobrado visibilidad en páginas web de empresas, revistas e incluso espacios abiertos; desde su aprobación han tenido mayor divulgación y acogida que sus antecesores, los Objetivos del Milenio, que tenían como fecha de vencimiento el año 2015. Posterior a la publicación de la Agenda 2030 se dio inicio a la "Década de acción" en la que se espera que los objetivos no sean utilizados como una herramienta mercadotécnica, sino que las iniciativas planteadas para el alcance de los mismos sean transformadoras y ayuden al cambio sistémico transversal para la mejora mundial.

Actualmente, si bien se cuentan con iniciativas y planes de acción, diversas fuentes indican que los objetivos no serán cumplidos cabalmente para la fecha establecida, lo cual demanda políticas urgentes para los siguientes años para lograr un avance significativo. Además de haber sido criticada por su ambigüedad, complejidad y costo, la Agenda 2030, cuya intención es ser una agenda global, está basada en paradigmas de sostenibilidad y desarrollo occidentales que dejan por fuera otros puntos de vista.

La educación superior en la agenda 2030

En vista de las amenazas sociales y medioambientales que enfrenta el mundo actualmente, desde hace varias décadas, específicamente desde los años 80, la sostenibilidad ha cobrado relevancia. Oficialmente, el término "desarrollo sostenible" fue acuñado en 1987, año en que fue publicado el reporte "Nuestro futuro común", conocido como el reporte Brundtland, elaborado por la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. En este reporte, la definición de desarrollo sostenible considera la satisfacción de las necesidades de la generación actual sin comprometer las necesidades de futuras generaciones, tomando en consideración factores de desarrollo social, económico y medioambiental.



Figura 2. Pilares transversales en los que se basa la Agenda 2030.
Fuente: ONU

Además de la inclusión en las metas del ODS 4, la educación superior es un actor clave para alcanzar la sostenibilidad; su impacto puede ser analizado desde dos perspectivas: por un lado, los ODS en la transformación en las funciones sustantivas de las instituciones educativas en los objetivos de enseñanza, actividades de investigación y extensión. Por otro lado, las IIEE son plataformas en donde convergen actores sociales que están unidos bajo un mismo objetivo y son capaces de vincular diferentes áreas de experiencia y actividades de distintas áreas de conocimiento. A nivel social, las universidades son el principal agente de generación de conocimiento e innovación tecnológica y social, por medio de la transferencia y difusión de los resultados de las actividades de investigación y de manera indirecta, por medio del desarrollo de emprendimientos y creación de patentes. Es por ello, que en la última década, la literatura referente a la sostenibilidad ha enfatizado la necesidad de una mayor transversalidad en las colaboraciones universitarias en función de un desafío en particular, como ingrediente fundamental para la transformación de procesos locales y regionales.

Ante este escenario en el que las IIEE son actores clave, se destaca que si bien el interés en los Objetivos para el desarrollo sostenible ha aumentado, no todos se abordan de la misma manera y con el mismo nivel de compromiso. De acuerdo a la última encuesta realizada por la Asociación Internacional de Universidades, los Objetivos 4 (Educación de calidad), 5 (Igualdad de género) y 13 (Acción por el clima) son los que tienen un mayor nivel de compromiso, mientras que los objetivos 14 (Vida submarina), 2 (Hambre cero) y 12 (consumo y producción sostenibles) reciben menos atención. Aunado a esto, el conocimiento de los ODS varía por región y tiende a ser subjetivo dependiendo del rol de las personas dentro de la comunidad universitaria. Donde tienen mayor relevancia es en los contenidos de enseñanza y donde hay oportunidad de mayor integración es en las actividades de vinculación y extensión hacia el exterior. (IUA,2020)

De igual manera, el nivel de compromiso con la sostenibilidad en cada institución educativa varía. De acuerdo con Mirian Vilela, directora ejecutiva de la Carta de la Tierra Internacional y coordinadora de la Cátedra UNESCO, existen diferentes escenarios en el contexto de las IIEE.

En primer lugar, hay instituciones donde puede existir un liderazgo comprometido sin apoyo del cuerpo académico. Es decir, la junta directiva, rector o consejo superior de la institución tienen el compromiso con la sostenibilidad, sin embargo, no encuentra apoyo en el ámbito académico y por ende la educación para la sostenibilidad no se ve reflejada en las actividades de enseñanza y líneas de investigación. Por otro lado, está el escenario donde las instituciones tienen un cuerpo académico comprometido con traer la sostenibilidad a las aulas, pero no tienen el apoyo de los líderes de la institución, y por ende no hay una estrategia definida de adopción ni suficientes recursos para implementar las propuestas.

Otro tipo de acercamiento a los ODS, es desde un solo ángulo, o sea desde una sola de las funciones sustantivas que caracterizan a las universidades. En este escenario, por ejemplo, las instituciones pueden estar comprometidas a incorporar la sostenibilidad únicamente desde el currículum, dejando de lado otras actividades como la investigación, la vinculación con la comunidad externa o la propia gestión administrativa. A continuación está el escenario donde la institución tiene un compromiso superficial con la Agenda 2030 con fines de marketing e imagen; se comprometen porque ven una oportunidad de mejorar su imagen externa, pero no hay coherencia en traer la sostenibilidad de manera integral. Por último, está el escenario donde las universidades no reconocen la importancia de la sostenibilidad y por consiguiente no hay un compromiso transversal en su modus operandi. La tendencia ha sido y será la disminución estos dos últimos escenarios. Cada vez, será menos común que una universidad no haya entendido la importancia de la sostenibilidad e irá en aumento el compromiso real e integral de las instituciones con la agenda 2030. (Vilela, 2022)

La situación actual del cumplimiento de la agenda 2030 en América Latina

De acuerdo al Centro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible para América Latina (CODS) en su último reporte "Índice ODS 2021 América Latina y el Caribe" concluye que actualmente hay retrasos significativos en el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. A continuación algunos datos emitidos por este organismo que permiten identificar el estado actual de la región:

- Los países de la región avanzaron en promedio un 63% frente al mejor resultado posible obtenido por Argentina.
- Los países con mayor éxito son Uruguay, Chile y Costa Rica. Los objetivos donde se identifican los mejores resultados: ODS 1 (acabar con la pobreza), ODS 6 (agua limpia y saneamiento), ODS 7 (energía limpia y asequible) y ODS 16 (paz, justicia e instituciones estables).
- La mayoría de los países aún enfrentan desafíos para avanzar en el ODS 9 (Industria, innovación e infraestructura), el ODS 10 (Reducción de las desigualdades) y el ODS 16 (Paz, justicia e instituciones sólidas). Por otro lado, a raíz de la pandemia del COVID-19 han surgido nuevos desafíos relacionados con la seguridad alimentaria y la pobreza.
- De acuerdo a la metodología propuesta por este centro, todos los países tienen el peor desempeño posible en al menos un objetivo, y todos se han deteriorado o corren el riesgo de lograr al menos un objetivo de desarrollo sostenible.
- El desarrollo de América Latina y el Caribe desde la adopción de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en 2015 ha sido insuficiente. Este lento progreso se ha visto exacerbado por las externalidades negativas derivadas de la llegada del COVID-19 a la región, y las tendencias actuales sugieren que algunos de los ODS pueden no estar avanzando en la dirección deseada.

NOTAS, COMENTARIOS Y REFLEXIONES

Respecto al avance en el cumplimiento de la Agenda 2030, la educación superior y la investigación científica se mencionan específicamente en varios ODS, pero se necesita la contribución de las universidades a un nivel más amplio para lograr el cumplimiento de los ODS.

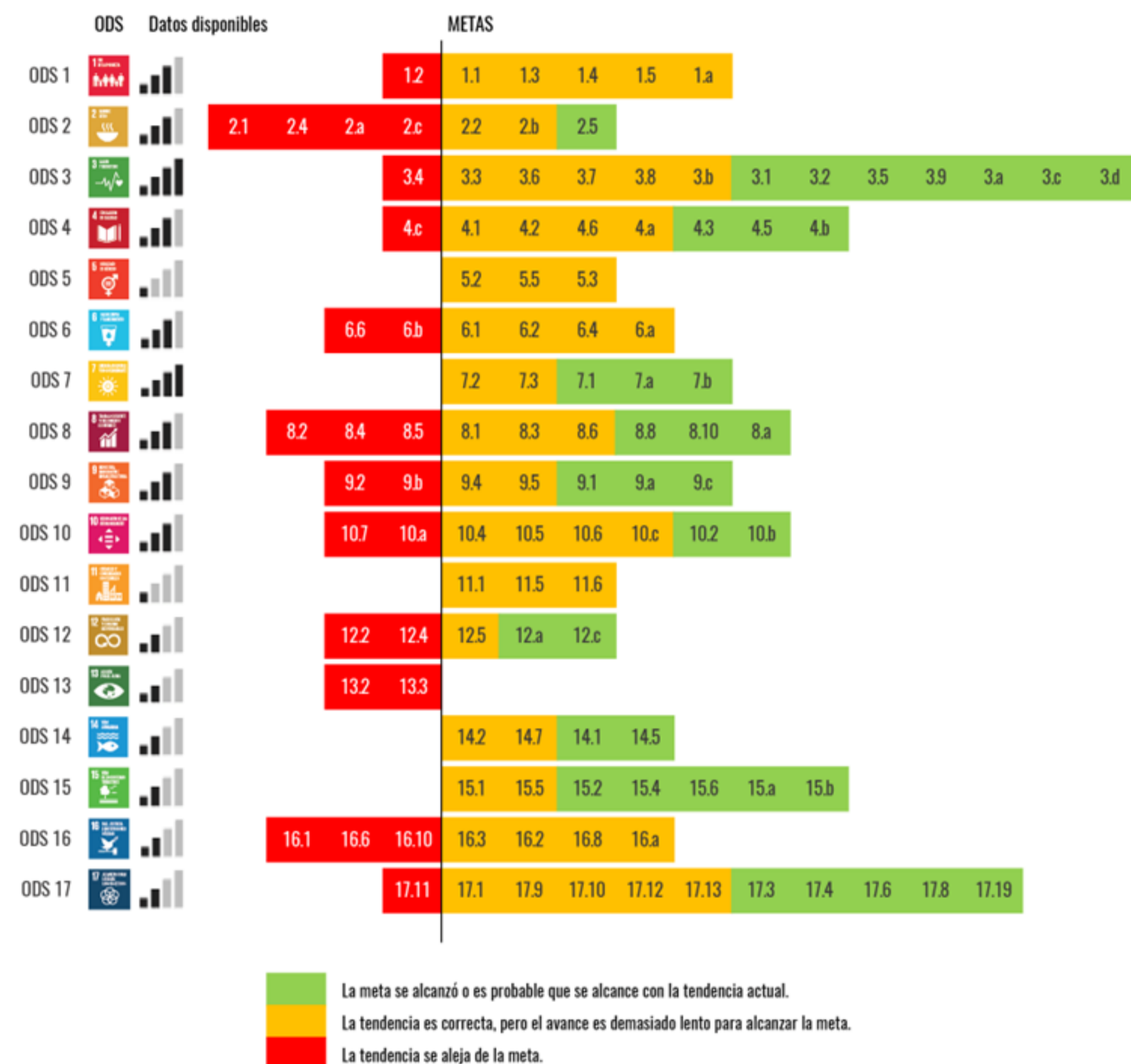


Figura 3. Estado de cumplimiento de ODS en 2020 en América Latina y el Caribe. Fuente: Agenda 2030 en América Latina y el Caribe Plataforma regional de conocimiento.

Contribución de la acreditación institucional en Instituciones educativas

La acreditación de programas e instituciones educativas tiene como propósito central promover el continuo mejoramiento y determinar si una institución académica posee calidad a nivel general o respecto a uno o más de sus programas académicos. Consecuentemente, la acreditación universitaria es concebida como un mecanismo mediante el cual la comunidad educativa establece mecanismos de autorregulación y garantiza a los estudiantes y la sociedad que sus servicios son de pertinencia y calidad.

En múltiples espacios internacionales se ha acordado que la gran meta de la universidad latinoamericana es responder a una triple misión:

1. Demostrar su capacidad de innovación científica, tecnológica y cultural, aunado a la formación de profesionales.
2. Extender los conocimientos generados en la institución a diversos sectores de la sociedad.
3. Asegurar la mejora de la calidad de la enseñanza, investigación y extensión.

NOTAS, COMENTARIOS Y REFLEXIONES

De acuerdo a esta revisión de la gran meta de las universidades latinoamericanas, la acreditación debe ser vista como una herramienta para impulsar la integración transversal de la Agenda 2030 en la educación superior tanto en el ámbito académico como en la gestión administrativa de las mismas.

Teniendo en cuenta el papel que puede tener la acreditación en impulsar la sostenibilidad en las IIEE, CACECA y AICE desarrollaron un instrumento para evaluar el nivel de integración de los 17 ODS a nivel institucional. En este instrumento, cada indicador está relacionado con un ODS y su finalidad es corroborar cómo se están incorporando los diferentes ejes de la sostenibilidad en las funciones sustantivas universitarias, la gestión institucional e incluso en aspectos de infraestructura física. Esta acreditación se aplicó por primera vez, durante 2021 en tres instituciones de educación superior pública mexicanas, obteniendo resultados que permiten tener una mayor comprensión del estado actual de las IIEE ante los retos propuestos por la Agenda 2030.

El proceso de acreditación incluye 4 etapas:

1. Autoevaluación de la institución: revisión del instrumento de acreditación por parte de la institución que se somete al proceso de acreditación y llenado de carpetas con evidencias para dar cumplimiento a los indicadores.
2. Revisión del comité de pares evaluadores: un comité compuesto por 4 expertos revisa las evidencias y asigna puntaje de acuerdo a los criterios establecidos en el instrumento de acreditación.
3. Revisión del comité de dictaminadores: el criterio emitido por el comité de pares es sometido a un doble filtro de evaluación. En este punto se elabora un dictamen con el puntaje final y se emiten recomendaciones.
4. Entrega de dictamen con resultados y recomendaciones: se entregan los resultados del proceso a la Institución Educativa junto a las recomendaciones para la elaboración de un Plan de Mejora Institucional.

Tabla 1. Muestra de indicadores de evaluación de la Acreditación Institucional Internacional 2030

ODS	Categoría	Criterio	Indicador
15	Infraestructura	Sostenibilidad	¿Se cuentan con políticas para asegurar la conservación, restauración y uso sostenible de los ecosistemas terrestres asociados a la universidad?
5	Investigación	Líneas y proyectos de investigación	¿Se cuenta con líneas de investigación orientadas a la promoción de la igualdad de género, así como la erradicación de las violencias de género y contra las mujeres?
12	Formación Integral	Desarrollo de competencias/habilidades	¿Se integra contenido temático que promueva la economía basada en el aprovechamiento de todos los recursos, de manera competitiva, sostenible e innovadora?

Fuente: Elaboración propia.

Como se menciona anteriormente, posterior al proceso de evaluación, se entrega a las instituciones un resumen ejecutivo de los hallazgos, puntajes y recomendaciones. A continuación una muestra de cómo se ven los resultados por una de las instituciones que se sometieron al proceso de evaluación.

Figura 4. Resumen de los resultados de la acreditación institucional internacional 2030.
Fuente: elaboración propia.



aice				OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE			
						60.00%	ODS 3
9.1.4	Infraestructura	Física	¿Se cuenta con servicios médicos e infraestructura básica de primer contacto, dentro de las instalaciones físicas donde está ubicada la institución?	Mostrar evidencia de acuerdo a los requisitos mínimos establecidos por la autoridad local.	Evidenciar que los servicios médicos de primer contacto cumplen con los requisitos mínimos establecidos por la autoridad local.		
						90.00%	ODS 13
9.1.5	Infraestructura	Física	¿Se cuentan con planes de adecuación de la infraestructura física que incluyan parámetros de sostenibilidad, (uso eficiente de electricidad y agua) cuidado por el medio ambiente, inclusión y accesibilidad para el desarrollo de actividades académicas para los próximos 6 años como mínimo?	Presentar planes y presupuestos de acuerdo con estudios diagnósticos de la infraestructura.	Presentar planes y presupuestos de acuerdo con estudios diagnóstico sobre la infraestructura física con parámetros de sostenibilidad.		
						50.00%	ODS 2
9.1.6	Infraestructura	Física	¿Dentro de la institución se cuenta con establecimientos para la venta de comida y similares debidamente regulados que cumplan con los parámetros de higiene necesarios y sean asequibles para estudiantes y personal del plantel?	Presentar visitas de verificación sanitaria oficiales vigentes, registros sanitarios y/o normativas vigentes.	Enlistar las verificaciones sanitarias o normativa vigente para la operación de estos establecimientos de venta de comida, con el fin de tener claro que se cumplan con los parámetros de higiene.		

Figura 5. Ejemplo de recomendaciones emitidas posterior al proceso de acreditación.

Fuente: elaboración propia.

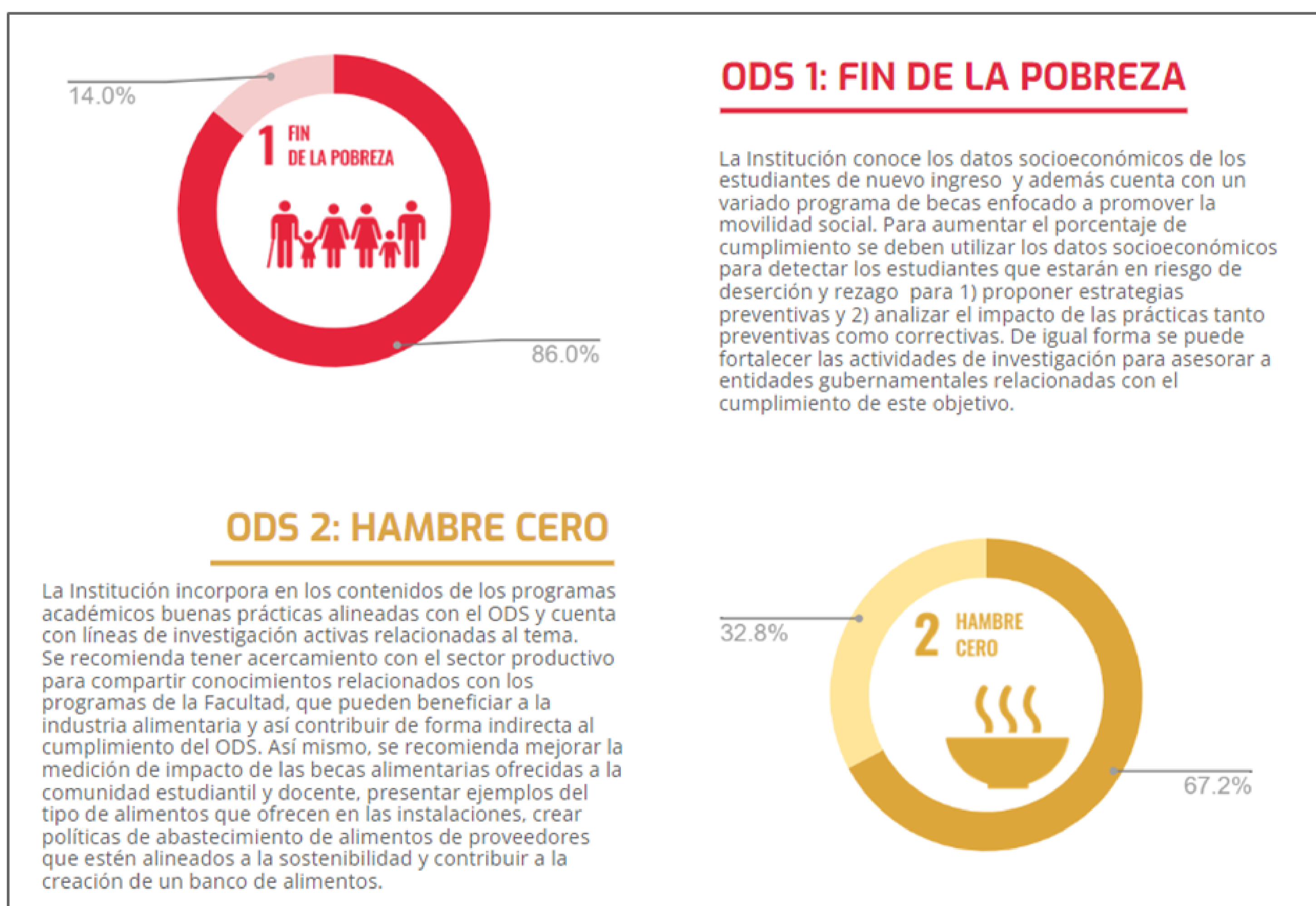


Figura 6. Ejemplo de análisis entregado a instituciones respecto al estado actual de cada ODS

Fuente: Elaboración propia.

El objetivo de este proceso es invitar a las IIEE a que vean la acreditación como un ejercicio que implica cambios a corto, mediano y largo plazo que conlleva la revisión de su misión, las metas y objetivos y es, finalmente, una invitación a la mejora continua para responder a las cambiantes y crecientes demandas de la sociedad a la que sirve.

Conclusiones

Abordar los desafíos de los ODS requiere nuevos conocimientos, nuevos enfoques, elecciones difíciles y, en algunos casos, cambios significativos. La educación superior tiene un rol importante en el alcance de los retos que supone la sostenibilidad. Las universidades fomentan el progreso tecnológico y social a través de la investigación, el descubrimiento, la creación y la adquisición de conocimientos. De igual manera juegan un papel importante en los sistemas de innovación regionales, nacionales e internacionales, atrayendo y fomentando el talento y la creatividad.

Alcanzar el cumplimiento de los ODS requiere la contribución de todos los sectores de la sociedad. Por lo tanto, las universidades deben asegurarse de formar líderes, tomadores de decisiones, educadores, innovadores, emprendedores y ciudadanos con el conocimiento, las habilidades y la motivación para contribuir al logro de los ODS.

Referencias

- [1] Chaleta, E., Saraiva, M., Leal, F., Fialho, I., & Borralho, A. (2021). Higher Education and sustainable development goals (sdg)—potential contribution of the undergraduate courses of the School of Social Sciences of the University of Évora. *Sustainability*, 13(4), 1828. <https://doi.org/10.3390/su13041828>
- [2] CODS (2022). Índice ODS 2021. Recuperado de: <https://cods.uniandes.edu.co/indice-ods-2021/>
- [3] Galdós, M. A., Ramírez, M., & Villalobos, P. (2020). El Rol de las Universidades en la Era de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Instituto De Innovación Basado En Ciencia (IIBC). Recuperado de: https://www.researchgate.net/profile/Melina-Galdos-Frisancho/publication/348003583_El_Rol_de_las_Universidades_en_la_Era_de_los_Objetivos_de_Desarrollo_Sostenible_Serie_IIBC-Working_Papers_WP1_2020_pp_1-10/links/5feca002a6fdccdb81abe1a/El-Rol-de-las-Universidades-en-la-Era-de-los-Objetivos-de-Desarrollo-Sostenible-Serie-IIBC-Working-Papers-WP1-2020-pp-1-10.pdf
- [4] IAU (2020) IAU Global Survey Report - IAU-Aiu.net. Recuperado de: https://www.iau-aiu.net/IMG/pdf/iau_covid19_and_he_survey_report_final_may_2020.pdf
- [5] Owens, T. L. (2017). Higher education in the Sustainable Development Goals Framework. *European Journal of Education*, 52(4), 414-420. <https://doi.org/10.1111/ejed.12237>
- [6] Sustainable Development Solutions Network (SDSN) Australia / Pacífico. (2017). Cómo empezar con los ODS en las universidades. Recuperado de: <https://reds-sdsn.es/wp-content/uploads/2017/02/Guia-ODS-Universidades-1800301-WEB.pdf>
- [7] UNESCO. (2000a). The Dakar framework for action: Education for all – Meeting our collective commitments. Paris: Author
- [8] Vilela, M. [UNESCO IESALC] (2022). Educación Superior y los ODS [Video]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=je692MxNM2k&t=4228s>