



UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
Departamento de Ingeniería Comercial

**ANÁLISIS DEL IMPACTO DE LOS RIESGOS
GEOPOLÍTICOS EN LA INFLACIÓN Y ACTIVIDAD
ECONÓMICA DE CHILE, UTILIZANDO UN MODELO VARX**

Benjamin Andrés Verdejo Allendes
INGENIERÍA COMERCIAL
Noviembre 2024

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
Departamento de Ingeniería Comercial

**ANÁLISIS DEL IMPACTO DE LOS RIESGOS
GEOPOLÍTICOS EN LA INFLACIÓN Y ACTIVIDAD
ECONÓMICA DE CHILE, UTILIZANDO UN MODELO VARX**

Tesis presentada por
Benjamin Andrés Verdejo Allendes
Como requisito para optar al Título de
INGENIERO COMERCIAL

Director de Tesis: **Dr. Patricio Mansilla**
Noviembre 2024

TÍTULO DE TESIS:

“Análisis del impacto de los riesgos geopolíticos en la inflación y actividad económica de Chile, utilizando un modelo VARX”

AUTOR:

Benjamin Andrés Verdejo Allendes

TRABAJO DE TESIS, presentando en cumplimiento parcial de los requisitos para el Título de Ingeniero Comercial de la Universidad Técnica Federico Santa María.

Observaciones:


Dr. Patricio Mansilla
Director de Tesis

Dr. Roberto Muñoz
Correferente

Santiago, Noviembre 2024

Todo el contenido, análisis, conclusiones y opiniones vertidas en este estudio son de mi exclusiva responsabilidad.

Nombre: Benjamin Andrés Verdejo Allendes

Firma: 

Fecha: 22 de noviembre de 2024



RESUMEN EJECUTIVO

En el contexto de un mundo cada vez más interconectado y vulnerable a conflictos geopolíticos, la presente investigación analiza el impacto que la escalada de eventos geopolíticos adversos ejerce sobre la inflación y la actividad económica de Chile. Utilizando un enfoque econométrico basado en un modelo de Vectores Autorregresivos con Variables Exógenas (VARX), el estudio se enfoca en evaluar las dinámicas entre los riesgos geopolíticos, medidos a través del Índice de Riesgo Geopolítico (GPR) de Caldara y Lacoviello y variables macroeconómicas clave, como el Índice de Precios al Consumidor (IPC), el Índice Mensual de Actividad Económica (IMACEC), el tipo de cambio nominal y el precio del cobre. Los resultados muestran que un aumento en los riesgos geopolíticos puede elevar los precios de componentes volátiles del IPC, afectar negativamente la actividad económica y generar un alza en el precio del cobre, lo cual puede a su vez impulsar el tipo de cambio nominal.

Este estudio no solo contribuye a la comprensión del impacto económico de los riesgos geopolíticos en Chile, sino que también provee herramientas para tomadores de decisiones, como gestores de políticas públicas, inversionistas y analistas financieros.

ABSTRACT

In the context of an increasingly interconnected world vulnerable to geopolitical conflicts, this research examines the impact of escalating adverse geopolitical events on inflation and economic activity in Chile. Employing an econometric approach based on a Vector Autoregressive Model with Exogenous Variables (VARX), the study focuses on evaluating the dynamics between geopolitical risks, measured using the Geopolitical Risk Index (GPR) by Caldara and Lacoviello, and key macroeconomic variables, such as the Consumer Price Index (CPI), the Monthly Index of Economic Activity (IMACEC), the nominal exchange rate, and copper prices. The findings indicate that an increase in geopolitical risks can raise the prices of volatile CPI components, negatively affect economic activity, and lead to a rise in copper prices, which in turn could influence the nominal exchange rate.

This study not only enhances the understanding of the economic impact of geopolitical risks in Chile, but also provides valuable tools for decision-makers, including public policy managers, investors, and financial analysts.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | | |
|---------|--|----|
| 1. | INTRODUCCIÓN..... | 11 |
| 2. | ORIGEN Y PROPÓSITO DEL ESTUDIO | 12 |
| 3. | PRESENTACIÓN DE HIPÓTESIS | 13 |
| 4. | OBJETIVO GENERAL..... | 14 |
| 5. | OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 14 |
| 6. | ALCANCE DEL ESTUDIO | 14 |
| 7. | METODOLOGÍA..... | 14 |
| 7.1. | Enfoque de la investigación..... | 15 |
| 7.2. | Recolección de los datos..... | 15 |
| 7.3. | Descripción de la metodología..... | 15 |
| 8. | ESTADO DEL ARTE..... | 16 |
| 8.1. | Situación general | 16 |
| 8.2. | Riesgos geopolíticos en América Latina | 20 |
| 8.3. | Perspectivas de los riesgos geopolíticos | 22 |
| 9. | MARCO TEÓRICO..... | 22 |
| 9.1. | Definición de geopolítica | 22 |
| 9.2. | Definición de riesgo geopolítico..... | 23 |
| 9.3. | El índice de riesgos geopolíticos (GPR)..... | 24 |
| 9.4. | Modelos vectoriales autorregresivos (VAR) | 31 |
| 9.5. | Transformación de Box-Cox | 33 |
| 9.6. | Variables macroeconómicas consideradas | 34 |
| 9.6.1. | Índice de Precios al Consumidor (IPC) | 34 |
| 9.6.2. | IPC Sin Volátiles | 34 |
| 9.6.3. | IPC Alimentos Volátiles | 35 |
| 9.6.4. | IPC Energía Volátiles | 36 |
| 9.6.5. | IPC Resto de Volátiles..... | 36 |
| 9.6.6. | Tipo de Cambio..... | 37 |
| 9.6.7. | IMACEC..... | 38 |
| 9.6.8. | GEPU | 39 |
| 9.6.9. | VIX..... | 40 |
| 9.6.10. | EMBI Global Spread | 40 |
| 9.6.11. | MOVE..... | 41 |
| 10. | DESARROLLO DE LA PROPUESTA..... | 42 |
| 10.1 | Preparación de los datos..... | 42 |
| 10.2 | Especificación y aplicación del modelo VARX..... | 44 |
| 10.3 | Matriz de variables exógenas | 45 |
| 10.4 | Elección del número óptimo de rezagos | 48 |
| 10.5 | Revisión de los supuestos estadísticos..... | 48 |
| 10.5.1 | Normalidad de las innovaciones..... | 48 |
| 10.5.2 | Autocorrelación serial..... | 48 |
| 10.5.3 | Homocedasticidad de los residuos | 49 |
| 10.5.4 | Estabilidad | 50 |
| 10.6 | Causalidad de Granger | 51 |
| 10.7 | Descomposición de varianza | 52 |
| 10.8 | Funciones de impulso - respuesta | 58 |
| 11. | CONCLUSIONES..... | 68 |
| 12. | RECOMENDACIONES..... | 70 |

| | |
|-----------------------|----|
| 13. BIBLIOGRAFÍA..... | 71 |
| 14. WEBGRAFÍA..... | 72 |



ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

| | |
|--|----|
| Figura 1. Diagrama Metodología | 16 |
| Figura 2. Preocupaciones geopolíticas a nivel de empresa por país en 2022..... | 19 |
| Figura 3. Extracto IPOM marzo de 2022, Riesgo geopolítico y VIX..... | 21 |
| Figura 4. Algoritmo de búsqueda de texto en ProQuest..... | 27 |
| Figura 5: GPR reciente desde 1985 | 28 |
| Figura 6. GPR narrativo e histórico | 29 |
| Figura 7. GPR reciente específico para Chile | 30 |
| Figura 8. GPR reciente específico para Chile, Argentina y Brasil..... | 30 |
| Figura 9. GPR reciente específico para Chile (línea naranja) y Estados Unidos..... | 30 |
| Figura 10: IPC, IPC volátil e IPC sin volátiles. Datos normalizados..... | 35 |
| Figura 11: Componentes IPC volátil. Datos normalizados..... | 37 |
| Figura 12: Tipo de Cambio Nominal y Precio del Cobre (BML). Datos normalizados..... | 38 |
| Figura 13: Componentes IMACEC. Datos normalizados..... | 39 |
| Figura 14: GPR, GEPU y VIX. Datos normalizados | 40 |
| Figura 15: GPR, MOVE y EMBI. Datos normalizados..... | 41 |
| Figura 16: GPR mensual 1996 - 2024 | 43 |
| Figura 17. Ejemplo de tratamiento de valores atípicos para GPR global | 47 |
| Figura 18. Estabilidad estructural del modelo VAR, raíces dentro del círculo unitario..... | 51 |
| Figura 19. Descomposición de varianza para la variable IPC general..... | 53 |
| Figura 20. Descomposición de varianza para la variable IMACEC general | 54 |
| Figura 21. Descomposición de varianza para la variable TCN..... | 56 |
| Figura 22. Función de impulso – respuesta para IPC Sin Volátiles | 58 |
| Figura 23. Función de impulso – respuesta para IPC Alimentos Volátiles | 59 |
| Figura 24. Función de impulso – respuesta para IPC Energía Volátiles | 60 |
| Figura 25. Función de impulso – respuesta para IPC Resto de Bienes Volátiles..... | 61 |
| Figura 26. Función de impulso – respuesta para Producción (IMACEC)..... | 63 |
| Figura 27. Función de impulso – respuesta para Comercio (IMACEC)..... | 64 |
| Figura 28. Función de impulso – respuesta para Servicios (IMACEC) | 65 |
| Figura 29. Función de impulso – respuesta para el Precio del Cobre..... | 66 |
| Figura 30. Función de impulso – respuesta para el Tipo de Cambio Nominal | 67 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|-----------|
| <i>Tabla 1. Categorías de búsqueda para el GPR.....</i> | <i>25</i> |
| <i>Tabla 2. Conjunto de temas y de amenazas/actos con sus respectivas palabras clave de búsqueda.....</i> | <i>26</i> |
| <i>Tabla 3. Pruebas de estacionariedad para las series temporales.....</i> | <i>44</i> |
| <i>Tabla 4. Pruebas de normalidad de los residuos, VAR tradicional.....</i> | <i>46</i> |
| <i>Tabla 5. Pruebas de normalidad de los residuos VARX.....</i> | <i>47</i> |
| <i>Tabla 6. Resultados test de ARCH para homocedasticidad de los residuos.....</i> | <i>50</i> |
| <i>Tabla 7. Modelos VARX auxiliares para la descomposición de varianza.....</i> | <i>52</i> |
| <i>Tabla 8. Pesos promedio, descomposición de varianza para IPC general.....</i> | <i>54</i> |
| <i>Tabla 9. Pesos promedio, descomposición de varianza para IMACEC general.....</i> | <i>55</i> |
| <i>Tabla 10. Pesos promedio, descomposición de varianza para TCN.....</i> | <i>57</i> |

1. INTRODUCCIÓN

Las recientes escaladas de conflictos geopolíticos alrededor del mundo se posicionan como una de las grandes preocupaciones en todas las economías a nivel mundial, especialmente en aquellas regiones más afectadas por la materialización de las amenazas y actos bélicos. Según el **Informe de Riesgos Globales** del Foro Económico Mundial 2024, los conflictos armados interestatales se posicionaron en el 5º lugar en el ranking de los principales riesgos globales que afectarán a la economía mundial en 2024 (el 2023 se ubicaron en el tercer lugar del ranking), especificando que *“Los conflictos activos están en los niveles más altos en décadas, mientras que las muertes relacionadas han sido testigos de un fuerte aumento, casi cuadruplicado en el periodo de 2020 – 2022”* (World Economic Forum, 2024)

Por otro lado, de acuerdo con el informe de los **Riesgos Políticos para América Latina 2024** del Centro de Estudios Internacionales de la UC (CEIUC), el 2023 sufrió su tercer año más violento desde la 2º guerra mundial, solo siendo superado en el número de muertos por la guerra de Corea en el año 1954 y la masacre de Ruanda en el año 1994 (Centro de Estudios Internacionales UC, 2024). Lo anterior pone en relieve un tema que es capaz de alcanzar e impactar, en mayor o menor medida, la economía de cualquier país de este, un mundo globalizado e íntimamente interconectado a través de numerosas relaciones comerciales internacionales.

El Banco Central Europeo (ECB)¹, declara en su informe de **Revisión de la Estabilidad Financiera de 2024** que *“Los acontecimientos geopolíticos adversos pueden provocar rápidos cambios en el sentimiento del mercado y fuertes aumentos en la incertidumbre, exponiendo las vulnerabilidades existentes en las instituciones y los mercados financieros”* (Dieckelmann, 2024), lo cual nuevamente pone de manifiesto que este tipo de riesgos no deja indiferente a nadie y preocupa a las instituciones y empresas del mundo. Además, en el mismo informe del ECB mencionado anteriormente, se aclara que la escalada de eventos geopolíticos puede impactar negativamente tanto a la economía real, a través de un desarrollo negativo del crecimiento, la inflación, el comercio internacional, la inversión, etc. como al ámbito financiero, a través de aumentos en la volatilidad e incertidumbre en los mercados financieros, cambios bruscos en el precio de algunos activos y generando un clima de temor generalizado.

Los diversos shocks geopolíticos que el mundo ha enfrentado de manera concurrente en los últimos años han generado efectos negativos significativos en la economía global. Estos incluyen disrupciones en las cadenas de suministro, aumentos en los precios de materias primas esenciales como el petróleo, los alimentos y la energía, además de un incremento en la incertidumbre general. Estos factores han contribuido a una inflación generalizada a nivel mundial, al deterioro de la confianza internacional y al estancamiento de la recuperación y el crecimiento que se habían comenzado a experimentar tras la pandemia de COVID-19. Entre

¹ ECB: European Central Bank

los acontecimientos geopolíticos más relevantes y estudiados recientemente se encuentran la invasión de Rusia a Ucrania que inicia en el año 2022 y que persiste en el presente año 2024, el conflicto entre Israel y Palestina que inicia en el año 2023 y que también persiste en la actualidad y las continuas tensiones en Taiwán derivadas de la guerra comercial entre Estados Unidos y China. Estos tres puntos críticos representan las principales amenazas para la economía global en términos de riesgos geopolíticos, debido a sus profundas implicaciones. Además, son una clara evidencia de que el mundo tiende cada vez más hacia el aislamiento, la reducción en la colaboración internacional, la relocalización de las cadenas productivas y el proteccionismo como medidas de seguridad ante la creciente incertidumbre y volatilidad en los mercados internacionales.

La gran mayoría de los países y sus instituciones financieras siguen de cerca el desarrollo de estos eventos y Chile no es la excepción. Siendo un país con más de 30 acuerdos económico - comerciales vigentes, con más de 40 países en todas las regiones del mundo (Subsecretaría de Relaciones Económicas Internacionales, 2024), Chile se encuentra en una posición vulnerable ante cambios imprevistos en el escenario internacional debido a esta amplia apertura comercial que, como es bien sabido, puede ser un arma de doble filo. Es por eso que este estudio se centrará en revisar, mediante evidencia empírica, el posible impacto que tiene la escalada de riesgos geopolíticos en algunas variables y agregados macroeconómicos importantes, con el objetivo de ampliar el conocimiento y brindar a los tomadores de decisiones – gestores de carteras, inversionistas, responsables de políticas públicas, entre otros – un aspecto más a considerar en el ámbito de la gestión de riesgos a nivel local.

2. ORIGEN Y PROPÓSITO DEL ESTUDIO

La gestión de riesgos, entendida como las actividades coordinadas para dirigir y controlar la organización en relación a los riesgos (ISO 31000, 2018) cobra cada vez más importancia en las organizaciones e instituciones de todo tipo, debido a la creciente necesidad de mantenerse protegidos en contextos de incertidumbre y volatilidad. A pesar de que la humanidad ha conocido las guerras y los conflictos desde tiempos inmemoriales, solo en tiempos relativamente recientes se ha comenzado a integrar la gestión de riesgos geopolíticos en los procesos de gestión de riesgo de las organizaciones, debido principalmente a las recientes escaladas de conflictos geopolíticos que han golpeado a los mercados financieros globales en un mundo más interconectado que nunca.

Es en este contexto en el cual surge el interés por ampliar el análisis y el conocimiento de la gestión de riesgos geopolíticos para el caso chileno, teniendo en cuenta la importancia que tiene el comercio internacional y las relaciones comerciales internacionales en un país tan abierto como Chile. Un ejemplo de la creciente internalización de este tipo de riesgos en la

economía chilena, es que en el último IPOM² de junio 2024, preparado por el Banco Central de Chile (BCCCh), se incluyen en el corredor de la tasa de política monetaria³ algunos escenarios de riesgo que podrían – con menor probabilidad de ocurrencia que otros factores – impactar significativamente la economía y forzar la política monetaria a sobrepasar los límites del corredor: *“En lo externo, un recrudecimiento de los conflictos geopolíticos gatillaría una mayor aversión al riesgo a nivel global, lo que deterioraría las condiciones financieras globales, en especial para las economías emergentes. Esto contraería las bolsas y los precios de las materias primas, depreciaría las monedas emergentes e incrementaría las primas por riesgo, entre otros efectos”* (Banco Central de Chile, 2024).

Lo anterior refleja un claro interés por parte de las instituciones y organizaciones chilenas de monitorear y responder adecuadamente ante la posible materialización y escalada de eventos geopolíticos adversos. Por tanto, este estudio estará centrado en aportar conocimientos y resultados que ayuden a abordar esta problemática creciente.

3. PRESENTACIÓN DE HIPÓTESIS

En base a la reciente literatura acerca del impacto económico y financiero que puede tener la escalada de eventos geopolíticos en los países, especialmente de mercados emergentes, se presentan las siguientes hipótesis de investigación.

1. Un aumento de los riesgos geopolíticos impulsará moderadamente al alza la inflación de Chile medida a través del IPC, especialmente en sus componentes volátiles, en el corto plazo.
2. Un aumento en los riesgos geopolíticos ejercerá una presión moderada al alza sobre el precio del cobre, lo que, a su vez, generará una moderada disminución en el tipo de cambio nominal.
3. El aumento del riesgo geopolítico producirá el encarecimiento de algunas materias primas fundamentales para la industria chilena, lo cual impulsará moderadamente a la baja la actividad económica de Chile, medida a través del IMACEC y sus componentes.

² Informe de Política Monetaria, presentado por el Banco Central de Chile de forma trimestral

³ El corredor de la TPM es una herramienta de comunicación que muestra una banda de proyección para la tasa, la cual incluye tanto el escenario central como los análisis de sensibilidad correspondientes.

4. OBJETIVO GENERAL

Analizar el impacto de la escalada de eventos geopolíticos adversos en la inflación y actividad económica chilena, utilizando un modelo de vectores autorregresivos con variables exógenas (VARX)

5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Analizar la situación actual y las mejores prácticas internacionales en lo referido a la medición de los riesgos geopolíticos, identificando métodos y enfoques utilizados globalmente y que puedan ser aplicados al caso chileno.
2. Utilizar un índice de riesgo geopolítico para evaluar su impacto estructural en algunas variables clave de la economía chilena, utilizando un modelo VARX.
3. Comparar el índice de riesgos geopolíticos con otros índices de riesgo similares, en cuanto a el impacto que ejercen sobre las variables seleccionadas.

6. ALCANCE DEL ESTUDIO

Este estudio será de carácter correlacional⁴ y buscará, mediante un análisis econométrico, relacionar la escalada de eventos geopolíticos a nivel global con algunas variables macroeconómicas seleccionadas en Chile. La investigación se basará en trabajos previos ampliamente aceptados y referenciados en el contexto de la medición del impacto de la geopolítica en los mercados y economías globales, para construir una metodología sólida que permita probar adecuadamente las hipótesis planteadas y abordar un fenómeno generalmente poco explorado en la literatura económica chilena. Los datos estarán compuestos por series temporales, los cuales abarcarán un periodo aproximado de 30 años.

7. METODOLOGÍA

A continuación, se describirá paso a paso la metodología que se aplicará en el desarrollo de esta memoria para medir el impacto estructural de los riesgos geopolíticos en la economía chilena.

⁴ Se refiere a un método de investigación que busca relacionar estadísticamente dos o más variables y comprender la interacción entre ellas.

7.1. Enfoque de la investigación

La presente investigación adoptará un enfoque cuantitativo. En primer lugar, se realizará una contextualización para ampliar la comprensión del tema, lo que implica revisar la literatura existente con el objetivo de identificar las principales consideraciones al evaluar la problemática, así como las mejores prácticas para abordarla y utilizar adecuadamente los resultados de estudios previos. Para analizar el impacto estructural de los riesgos geopolíticos en la inflación y actividad económica chilena, será necesario seleccionar las variables a estudiar, así como su periodicidad, con el fin de representar correctamente el choque estructural que una escalada de estos eventos podría generar en el país.

7.2. Recolección de los datos

Posteriormente, se procederá con la recolección y tratamiento de los datos de acuerdo a las variables elegidas, los cuales serán obtenidos de las bases de datos estadísticos del Banco Central de Chile⁵, del INE (Instituto Nacional de Estadísticas)⁶ y de la página principal del Índice de Riesgo Geopolítico (GPR)⁷. El GPR es un índice que captura la amenaza, materialización y escalada de riesgos geopolíticos a nivel global, a través de una metodología de búsquedas de texto automatizadas de un conjunto de periódicos estadounidenses. Dichos datos serán cuidadosamente tratados y transformados con el objetivo de mantener la rigurosidad del estudio.

Una vez los datos estén listos para su uso, se procederá con la aplicación del modelo de Vectores Autorregresivos (VARX) con el objetivo de analizar la relación simultánea entre las variables elegidas. Todo el proceso será llevado a cabo utilizando la herramienta RStudio.

7.3. Descripción de la metodología

1. El primer paso de la metodología será la especificación del modelo VARX, que se traduce elegir el número óptimo de rezagos lo cual puede realizarse utilizando criterios de información⁸ como el de Akaike (AIC) o el de Hannan-Quinn (HQ). El número óptimo de rezagos será aquel que minimice los criterios de información. Luego de especificar el modelo, se procede con la estimación del mismo.
2. Una vez obtenidos los resultados es necesario continuar con las pruebas de especificación, lo cual significa revisar los supuestos para que el modelo econométrico sea consistente. En caso de que se rechace el modelo, se debe volver a la parte de

⁵ Base de datos estadísticos BCCh: <https://si3.bcentral.cl/siete>

⁶ Base de datos INE: <https://www.ine.gob.cl/estadisticas/economia/indices-de-precio-e-inflacion/indice-de-precios-al-consumidor>

⁷ GPR: <https://www.matteoiacoviello.com/gpr.htm>

⁸ Son herramientas estadísticas que ayudan a elegir el número óptimo de rezagos. Estos criterios penalizan la inclusión excesiva de rezagos y balancean el ajuste-complejidad del modelo.

especificación y estimación, en caso contrario, se podrá proseguir con la etapa de profundización.

3. Para profundizar el estudio y obtener conclusiones útiles, se aplicarán 3 análisis: (1) pruebas de causalidad de Granger, (2) Descomposición de varianza y (3) Funciones de impulso – respuesta.

Finalmente, se probarán las hipótesis propuestas al inicio y se generarán las conclusiones y recomendaciones pertinentes para cerrar el estudio. A continuación se muestra un diagrama de la metodología.

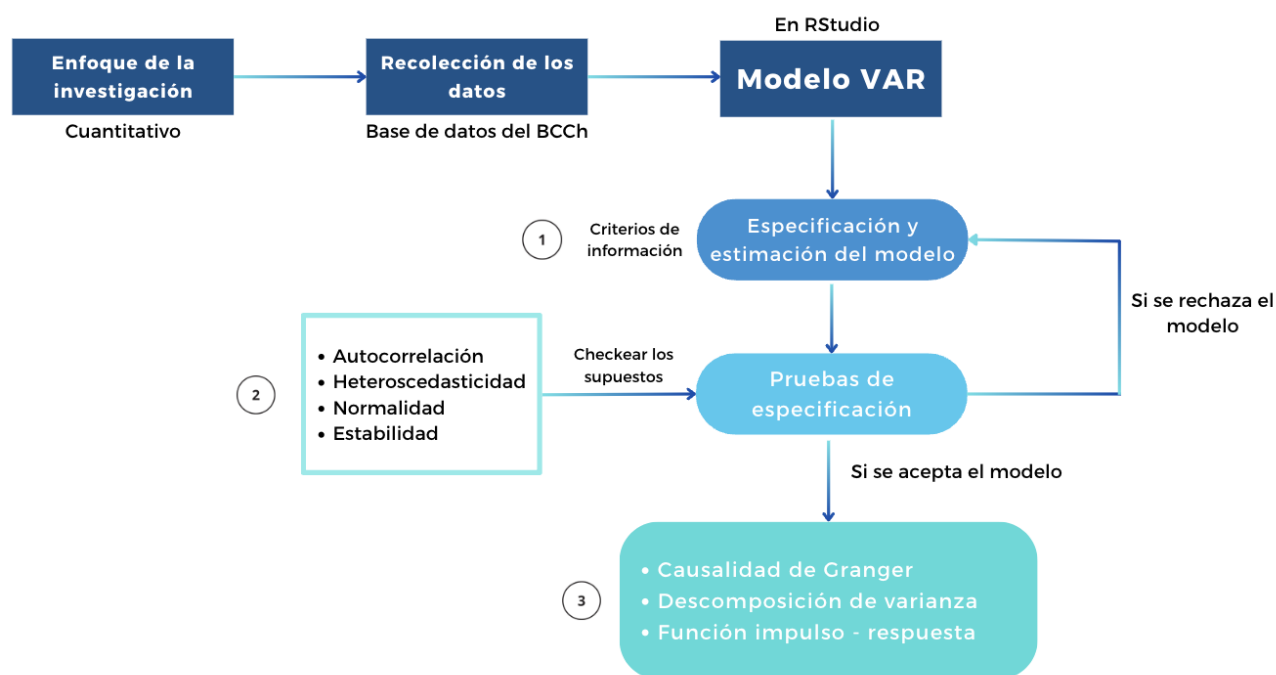


Figura 1. Diagrama Metodología.
Fuente: Elaboración propia.

8. ESTADO DEL ARTE

8.1. Situación general

Hasta hace relativamente poco tiempo, la literatura referente a los riesgos geopolíticos era bastante escasa. Sin embargo, los recientes conflictos bélicos y las crecientes tensiones entre países, sumados a los efectos adversos que dejó la pandemia de COVID-19, han hecho que múltiples entidades e instituciones financieras especializadas se preocupen por los posibles impactos que los eventos geopolíticos adversos y la desglobalización podrían tener en los

países y mercados. Estos recientes estudios han mostrado que los acontecimientos geopolíticos, si bien históricamente han tenido un efecto limitado en los mercados financieros, pueden ocasionar un impacto en cadena en el crecimiento y la inflación de numerosos países. A continuación se detallan algunos de los documentos y artículos más recientes e influyentes que han tratado este tema.

El punto de partida para el análisis cuantitativo de los riesgos geopolíticos es el trabajo realizado por dos economistas de la Reserva Federal de los Estados Unidos (FED), Dario Caldara y Matteo Lacoviello en su ampliamente referenciada publicación *"Measuring Geopolitical Risk"* (2018). En esta, desarrollan un índice de riesgos geopolíticos que ha sido utilizado por la mayoría de los investigadores a nivel mundial para medir el impacto de dichos riesgos. Para construir el índice, los autores realizan una búsqueda automatizada de texto utilizando un método de diccionario con palabras clave relacionadas con el riesgo geopolítico en 10 periódicos estadounidenses. El índice se calcula como la proporción de artículos que mencionan eventos geopolíticos adversos respecto al total de artículos publicados, con una frecuencia diaria y mensual. En su publicación del año 2018, los economistas, mediante un modelo de vectores autorregresivos estructurales (SVAR) aplicado a diversas variables macroeconómicas de Estados Unidos, concluyen que un aumento en el riesgo geopolítico está asociado con una disminución en las inversiones, los precios de las acciones y el nivel de empleo. Además, identifican un incremento en las probabilidades de desastres económicos y en los riesgos para el crecimiento de la economía global. Este trabajo será una pieza clave en la presente investigación y se detallará más adelante en la sección del marco teórico.

Continuando con los índices de riesgo geopolítico, la administradora de fondos más grande del mundo, BlackRock, presenta su Indicador Global de Riesgos Geopolíticos (BGRI)⁹, cuyo objetivo principal es captar la atención del mercado sobre este tipo de riesgos. El índice de BlackRock se compone de dos medidas de riesgo principales, construidas mediante una metodología de minería de texto basada en Big Data y aprendizaje automático. La primera medida se enfoca en la atención del mercado, mientras que la segunda se centra en el movimiento del mercado. Además, BlackRock ofrece un tablero interactivo con herramientas adicionales para complementar su índice, como un informe mensual de los principales riesgos geopolíticos, una tabla descriptiva con los 10 principales riesgos ordenados por probabilidad y sus respectivas descripciones, un mapa de riesgos que posiciona los riesgos según su probabilidad, atención y movimiento del mercado, un cuadro con las principales variables de impacto según el riesgo, y un calendario con los acontecimientos geopolíticos más importantes para el futuro, como reuniones, elecciones, conferencias, entre otros. Si bien este aporte de BlackRock funciona muy bien para llevar un seguimiento integral de los riesgos geopolíticos, no cuenta con una medida histórica mensual manipulable como en el caso del GPR de Caldara y Lacoviello y es por esto que para efectos de esta investigación, se utilizará el segundo.

⁹ Tablero interactivo de BlackRock: <https://www.blackrock.com/corporate/insights/blackrock-investment-institute/interactive-charts/geopolitical-risk-dashboard#risk-summary>

Algunos autores han abordado el impacto que los riesgos geopolíticos pueden tener en los mercados y economías del mundo. Un estudio realizado por Morgan Stanley en 2023 encontró que un aumento en el índice de riesgos geopolíticos (GPR de Caldara y Lacoviello) no producía un gran cambio en la volatilidad del mercado de valores estadounidense, medida a través del VIX. En concreto, su análisis muestra que el índice de actos geopolíticos (GPA), que corresponde a un subíndice derivado del GPR el cual está enfocado únicamente en la materialización de actos geopolíticos, no está correlacionado con el VIX, incluso ante cambios bruscos en la primera medida, lo cual señala que el mercado financiero no está reaccionando fuertemente ante estos eventos como intuitivamente debería ser. A partir de lo anterior, los autores concluyen que son las variables macroeconómicas las que tienen un efecto más importante en el rendimiento del mercado (Baxter & Mendez, 2023).

De igual forma, un artículo de investigación publicado por JP Morgan, banco privado, que explora la relación entre los riesgos geopolíticos y el mercado financiero, muestra que un aumento de los acontecimientos geopolíticos impacta suavemente a las acciones de gran capitalización (exceptuando algunos casos puntuales como la crisis del petróleo del año 1973), en cambio, si tienen un efecto más duradero en aquellas empresas de menor capitalización en mercados locales. En base a esto, el artículo recomienda que no se deben exagerar las preocupaciones acerca de los riesgos geopolíticos, pero tampoco deben ser ignoradas por completo (Seydl & Gao, 2024). Lo anterior muestra que la escalada de eventos geopolíticos adversos no tienen un efecto tan directo en los mercados financieros en la mayoría de ocasiones, pero sí pueden impactar negativamente a las empresas de menor capitalización las cuales están menos diversificadas a nivel mundial.

Caldara, Lacoviello y otros autores, publicaron en el año 2022 (actualizado en el año 2024) un documento de investigación que muestra la relación entre la escalada del riesgo geopolítico, medido a través de su índice GRP y otros factores clave como la inflación y el crecimiento mundiales. Utilizando un modelo de Vectores Autorregresivos Estructurales (SVAR), los economistas, tomando como ejemplo el conflicto entre Rusia y Ucrania en el año 2022, encontraron que los shocks geopolíticos contribuyen al aumento de la inflación y al decaimiento del PIB mundial, más concretamente señalando que las presiones inflacionarias derivadas de los shocks de oferta – disrupciones en las cadenas de suministro, aumento de precios de materias primas, restricciones comerciales, etc. – superan los efectos deflacionarios de la menor demanda agregada. Los investigadores además, en el contexto de la guerra de Rusia-Ucrania, determinan una relación positiva entre los riesgos geopolíticos y la inflación mundial, el índice del dólar, el precio del petróleo y el precio de las materias primas básicas, así como una relación negativa respecto al PIB mundial, la confianza del consumidor y el precio de las acciones mundiales. También, el artículo aborda la exposición del conflicto por país, calculando la proporción de empresas que mencionan la invasión rusa en sus llamadas de ganancias trimestrales, en base al país en donde operan dichas empresas. La medida es representada de forma gráfica en un mapa mundial, en una escala de 1 a 100 con colores más cálidos representando los países con mayor exposición al conflicto. Finalmente,

los autores evalúan la exposición por industria basados en la misma lógica anterior, encontrando que las industrias productoras de bienes – automóviles, bienes de consumo, alimentos y energía – son las más afectadas (Caldara *et al.* 2022).

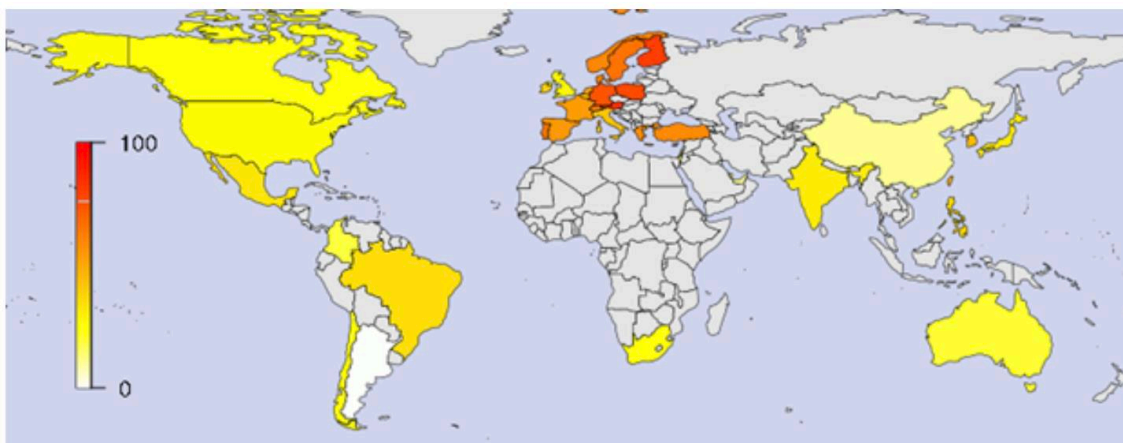


Figura 2. Preocupaciones geopolíticas a nivel de empresa por país en 2022

Fuente: Cálculos del personal de la junta de la FED; inteligencia de mercado global de S&P

La figura 2 muestra la exposición de la guerra de Rusia y Ucrania por país, en base a la proporción de llamadas de presentación de resultados de empresas que mencionan el conflicto. La proporción se calcula para los países que presentan al menos 10 llamadas de presentación de resultados entre el 1 de marzo del 2022 y el 13 de mayo del 2022. Los países con menos de 10 llamadas de presentación de resultados entre dichas fechas se muestran en color gris, mientras que los países en color blanco indican que ninguna empresa muestra preocupaciones relacionadas al conflicto.

Sin embargo, el estudio no profundiza en el análisis del impacto del conflicto entre Rusia y Ucrania en la economía chilena. Más bien, se limita a presentar de manera general el nivel de exposición a partir de las menciones de la invasión en los informes trimestrales de ganancias de empresas a nivel mundial.

De igual forma, autores del Banco Central Europeo (ECB) publicaron el presente año 2024 un documento de investigación en el que analizan el impacto y la transmisión de los riesgos geopolíticos en la economía desde una perspectiva no lineal. Utilizando un modelo VARX, los autores muestran que la incorporación del análisis no lineal mejora la comprensión de cómo se transmiten los riesgos geopolíticos en la economía y los mercados financieros. Utilizando este análisis, demuestran que la incorporación de no linealidades en los shocks de riesgo geopolítico de gran magnitud impactan de manera significativa y positiva en la incertidumbre del mercado medida a través del VIX (lo cual contrasta con los resultados de Morgan Stanley 2023 mencionados anteriormente), lo cual amplifica aún más los efectos adversos del shock e influyen en el precio de las acciones y en el consumo real. Por último, los autores utilizan el

índice de amenazas y de actos geopolíticos de Caldara y Lacoviello (que corresponden a sub índices del GPR) para probar que los choques de amenazas provocan un aumento especulativo de la demanda de petróleo, debido a la expectativa de posibles futuras interrupciones en las cadenas de suministro, lo cual impulsa al alza el precio del crudo y la inflación, mientras que los choques de actos generan reacciones de precios significativamente negativas. (Brignone *et al.* 2024)

Otros autores del equipo de investigación de CaixaBank en España, calcularon el impacto que podría tener un shock de incertidumbre externo – en este caso la guerra de Ucrania – sobre la economía española utilizando un modelo VAR. Los investigadores encontraron que un aumento del índice de riesgos geopolíticos (GPR de Caldara y Lacoviello) podría generar una desaceleración del crecimiento del PIB en el segundo trimestre del 2022 de 0,6 puntos porcentuales. En cuanto a la aplicación del modelo, es importante mencionar que los autores suponen que las variables financieras son las que reciben primero el impacto del shock externo, para luego transmitir el efecto a variables macroeconómicas de la economía real. También mencionan que, tras el conflicto, la prima de riesgo del país se incrementa en el corto plazo y se erosiona la confianza de los consumidores, impulsando la inversión a la baja. (Carreras & Garcia, 2022)

Para complementar lo anterior, el Fondo Monetario Internacional (FMI)¹⁰ publicó en abril de 2023 un artículo en su página web oficial en el que aborda los efectos que las tensiones geopolíticas pueden tener sobre la inversión transfronteriza. El FMI advierte que una escalada de estas tensiones podría provocar salidas de capital transfronterizas, con un impacto más pronunciado en las economías emergentes y en desarrollo. Además, el artículo detalla que los eventos geopolíticos amenazan la estabilidad financiera a través de los canales financieros y de la economía real, lo cual afectaría negativamente a los bancos, especialmente a aquellos en economías emergentes o con baja capitalización.

8.2. Riesgos geopolíticos en América Latina

El índice de riesgos geopolíticos (GPR) de Caldara y Lacoviello ha sido utilizado y mencionado en diversos estudios, reportes e informes alrededor del mundo para representar la evolución temporal de los riesgos geopolíticos debido a su consistencia y replicabilidad. Tal es el caso del Banco de México que en su reporte de estabilidad financiera de junio del 2022, presenta un estudio que muestra la relación entre el precio de las materias primas y los CDS (Credit Default Swaps)¹¹ de países exportadores y no exportadores de estos productos, en el contexto de alta volatilidad provocada por la guerra de Rusia y Ucrania. Utilizando el GPR para identificar días de alto riesgo geopolítico, los resultados del estudio muestran que un alza del

¹⁰ Artículo del FMI en su blog: <https://www.imf.org/es/Blogs/Articles/2023/04/05/geopolitics-and-fragmentation-emerge-as-serious-financial-stability-threats>

¹¹ Son contratos financieros derivados que funcionan como una especie de seguro contra el riesgo de impago de deudas por default, por lo cual son una medida del riesgo de crédito soberano de los países

conflicto incrementa el precio de las materias primas, lo cual a su vez presiona a la baja la percepción del riesgo crediticio medido a través de los CDS, especialmente de los países exportadores como Chile, Perú, Brasil, Colombia, etc. (Banco de México, 2022)

De igual forma, el Banco Central de Chile ha mencionado en algunas ocasiones el posible impacto que pueden tener los riesgos geopolíticos (medidos a través del GPR) en la economía chilena. Por ejemplo, en el IPOM de marzo del año 2022 (recuadro I.1 pág. 12-14) se habla acerca del impacto de la guerra de Ucrania en el escenario externo y como este podría afectar la economía local. En esta sección se menciona que las posibles consecuencias para Chile serían los incrementos en el precio de algunas materias primas – principalmente relacionadas a la energía y los alimentos – y un crecimiento algo menor de los socios comerciales, particularmente Europa. El informe también detalla que los indicadores de riesgo geopolítico, específicamente el GPR de Caldara y Iacoviello, aumentaron durante ese periodo, afectando el consumo y la inversión a nivel global, aunque con efectos más limitados y concentrados principalmente en los países más cercanos al conflicto. En el caso de países geográficamente alejados y con menor exposición a activos rusos, como Chile, el impacto sería más moderado. No obstante, el informe advierte que, dado el riesgo de una escalada del conflicto y un posible deterioro adicional de las condiciones financieras globales, este canal debe seguir siendo monitoreado de cerca. (Banco Central de Chile, 2022)

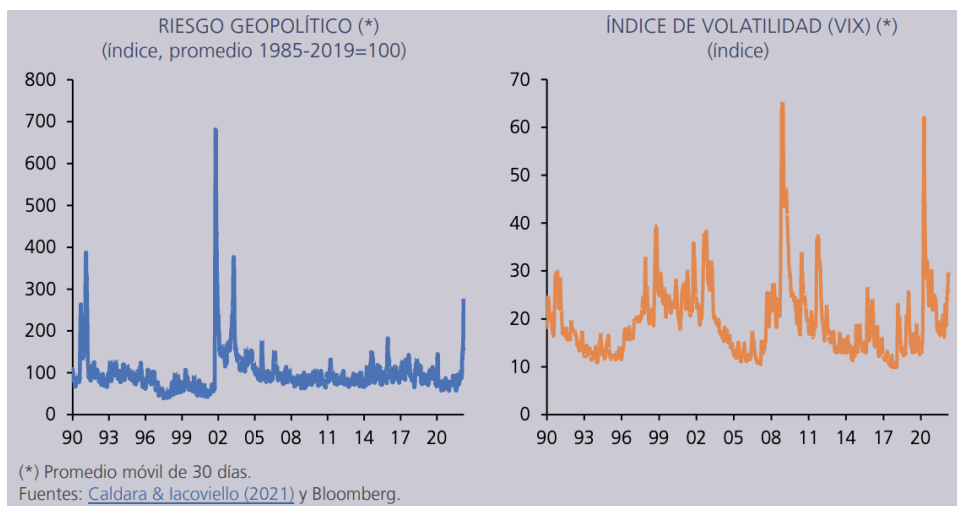


Figura 3. Extracto IPOM marzo de 2022, Riesgo geopolítico y VIX

Fuente: Banco Central de Chile, 2022

8.3. Perspectivas de los riesgos geopolíticos

De igual manera, es importante destacar las principales perspectivas y preocupaciones acerca de los riesgos geopolíticos y la incidencia que estos pueden tener en los mercados y

economías del mundo. Un reciente artículo publicado por S&P Global (2024)¹² explica detalladamente los principales riesgos geopolíticos que influyen en las perspectivas económicas y financieras globales. Dentro de los principales riesgos a tener en cuenta se destacan: La resiliencia en las cadenas de suministro globales, la seguridad e infraestructura energética, el riesgo climático, la guerra comercial entre China y Estados Unidos, los ciberataques, las tensiones entre Rusia y la OTAN, proteccionismo y desglobalización. De igual manera, otro artículo escrito por autores de EY (2023)¹³ describe los principales desarrollos geopolíticos para 2024 y posterior, en el cual listan su top 10 de los principales riesgos. En el ámbito estratégico se encuentran: (1) El multiverso geopolítico, (2) geopolítica de la IA, (3) desafíos internos entre Estados Unidos y China y (4) super ciclo electoral mundial. En el ámbito de las cadenas de suministro se encuentran: (5) priorizar la seguridad económica, (6) la agenda de diversificación y (7) geopolítica de los océanos. Por último, en el ámbito de la sustentabilidad están: (8) competencia por las materias primas, (9) políticas verdes de doble vía e (10) imperativo de adaptación al clima.

Todos los documentos y publicaciones mencionados anteriormente evidencian un interés claro, aunque reciente, por abordar, mediante herramientas cuantitativas, el impacto que la escalada de riesgos geopolíticos tiene en las economías y mercados a nivel mundial.

9. MARCO TEÓRICO

En las siguientes secciones se detallarán los métodos y definiciones que serán relevantes para el desarrollo de la investigación.

9.1. Definición de geopolítica

A pesar de que no existe un consenso general acerca de la definición de geopolítica, hay algunos autores especialistas en la materia que entregan una interpretación del concepto:

Yves Lacoste, geógrafo, profesor y destacado geopolítico francés, actualmente profesor emérito de geopolítica de la Universidad de París VIII, define la geopolítica en su obra *Geopolítica, la larga historia del presente* de la siguiente manera:

“El término geopolítica, utilizado en nuestros días de múltiples maneras, designa en la práctica todo lo relacionado con las rivalidades por el poder o la influencia sobre determinados territorios y sus poblaciones: rivalidades entre poderes políticos de todo tipo – no solo entre estados, sino también entre movimientos políticos y grupos armados más o menos clandestinos – y rivalidades por el control o el dominio de territorios de mayor o menor extensión” (Lacoste, 2009)

¹² Artículo del S&P Global: <https://www.spglobal.com/en/research-insights/market-insights/geopolitical-risk>

¹³ Artículo de EY: https://www.ey.com/en_gl/insights/geostrategy/2024-geostrategic-outlook

Así mismo, el banco central europeo (ECB) define geopolítica en uno de sus working papers de la siguiente manera:

“La geopolítica tradicionalmente indica los vínculos y relaciones causales entre poder político y espacio geográfico; en términos concretos, a menudo se le considera como un cuerpo de pensamiento que ensaya prescripciones estratégicas específicas basadas en la relación e importancia del poder territorial (Osterud, 1998)” (Julien Reynaud, 2008)

Además, los mismos autores del ECB agregan que *“La geopolítica debe entonces relacionarse con la importancia del poder territorial: el tamaño, la posición en el mundo, los recursos naturales y los construidos por el hombre”*

Adicionalmente, el diccionario de Cambridge define geopolítica como *“El estudio de la forma en que el tamaño, posición, etc. de un país influyen en su poder y sus relaciones con otros países” (Cambridge Dictionary, s.f.)*

Todas estas definiciones cumplen la función de introducir al entendimiento de la geopolítica y a la posterior definición de riesgo geopolítico que será la más importante para fines de este estudio.

9.2. Definición de riesgo geopolítico

Para la definición de riesgo geopolítico, se utilizará la proporcionada por Darío Caldara y Matteo Lacoviello en su ya mencionado paper *Measuring geopolitical risk 2018* el cual ha sido ampliamente referenciado por otros autores a la hora de trabajar con el riesgo geopolítico y será el documento en el cual se sustentará el presente trabajo de investigación.

“Definimos el riesgo geopolítico como la amenaza, materialización y escalada de eventos adversos asociados con guerras, terrorismo y cualquier tensión entre estados y actores políticos que afecten el curso pacífico de las relaciones internacionales” (Caldara & Lacoviello, 2018)

Los autores detallan que su definición de geopolítica presenta dos consideraciones: La primera es que esta se basa en el uso histórico del término, para describir la práctica de los Estados de controlar y competir por territorios (Flint, 2016). Sin embargo, basados en las evaluaciones recientes de las relaciones internacionales modernas, los autores incluyen en su definición luchas de poder que no implican actos de violencia y competencia por territorios, así como también el terrorismo. La segunda consideración, es que su definición de riesgo geopolítico incluye una amplia gama de efectos adversos, desde la amenaza hasta la materialización y escalada de conflictos. Esta definición, influenciada por prácticas

periodísticas y consideraciones de medición, busca capturar de manera integral los efectos de crisis internacionales y violencia.

9.3. El índice de riesgos geopolíticos (GPR)

Para evaluar cuantitativamente el impacto de las amenazas, la materialización y la escalada de eventos geopolíticos adversos en la inflación y actividad económica chilena, es fundamental disponer de una medida confiable que logre capturar eficazmente la evolución de los riesgos geopolíticos a través del tiempo. Para ello, se utilizará el índice de riesgos geopolíticos (GPR) construido por los autores anteriormente mencionados Caldara y Lacoviello (2022), ambos economistas de la Reserva Federal de Estados Unidos (FED).

En su documento *Measuring geopolitical risk (2022)*, los autores describen detalladamente el proceso de construcción del índice de riesgos geopolíticos, el cual se basa en la metodología de Sainz y Simonsohn (2013) y Baker, Bloom y Davis (2016) la cual utiliza un algoritmo que calcula la proporción de artículos que mencionan eventos geopolíticos adversos en los principales periódicos publicados en los Estados Unidos, Reino Unido y Canadá. El índice GPR reciente comienza en 1985 y se basa en búsquedas automatizadas de texto de los archivos electrónicos de 10 periódicos: Chicago Tribune, Daily Telegraph, Financial Times, Globe and Mail, Guardian, Los Angeles Times, New York Times, USA Today, Wall Street Journal y The Washington Post. El índice cuenta, mes a mes, el número de artículos que abordan los crecientes riesgos geopolíticos, dividido por el total de artículos publicados. Para capturar los resultados esperados, utilizan un método basado en diccionarios, especificando palabras clave de búsqueda – como “guerra”, “terrorismo”, “conflicto”, etc. – y palabras de control para excluir aquellos artículos que presentan falsos positivos – como “película”, “teatro”, “homenaje”, etc. La siguiente tabla detalla las categorías de búsqueda del índice GPR.

| Categorías de búsqueda y consultas de búsqueda | |
|--|--|
| Amenazas | Consulta de búsqueda |
| 1. Amenazas de guerra | Palabras de guerra y Palabras de amenazas |
| 2. Amenazas de paz | Palabras de paz y Palabras de disrupción de paz |
| 3. Acumulación militar | Palabras militares y Palabras de acumulación |
| 4. Amenazas nucleares | Palabras nucleares y Palabras de amenazas |
| 5. Amenazas terroristas | Palabras de terrorismo y Palabras de amenazas |
| Actos | Consulta de búsqueda |
| 6. Comienzo de la guerra | Palabras de guerra y Palabras de inicio de guerra |
| 7. Escalada de la guerra | Palabras de actores y Palabras de lucha de actores |
| 8. Actos terroristas | Palabras de terrorismo y Palabras de actos terroristas |

Tabla 1. Categorías de búsqueda para el GPR
Fuente: Measuring geopolitical risk, Caldara and Lacoviello (2022)

Además, los economistas utilizan las categorías de búsqueda presentadas en la tabla anterior para construir dos subíndices. El Índice de Amenazas Geopolíticas (GPT), que abarca las categorías 1 a 5 de la tabla 1, busca términos relacionados con amenazas y acumulaciones militares. Por otro lado, el Índice de Actos Geopolíticos (GPA), que considera las categorías 6 a 8, se enfoca en frases que describen la ejecución o materialización de eventos geopolíticos adversos. El GPR, por lo tanto, integra estas dos subcategorías para capturar tanto el impacto de las amenazas como el de los actos. En cuanto a los criterios de búsqueda específicos, la tabla siguiente detalla los conjuntos de temas y de amenazas/actos con sus respectivas palabras clave en su idioma original, además de una sección para palabras de exclusión con el fin de evitar falsos positivos.

| Palabras de búsqueda | |
|-------------------------------|---|
| Conjuntos de temas | Palabras |
| Palabras de guerra | war OR conflict OR hostilities OR revolution OR insurrection OR uprising OR revolt OR coup OR geopolitical |
| Palabras de paz | peace OR truce OR armistice OR treaty OR parley |
| Palabras militares | military OR troops OR missile OR arms OR weapon OR bomb OR warhead |
| Palabras nucleares | nuclear war OR atomic war OR nuclear missile OR nuclear bomb OR atomic bomb OR h-bomb OR hydrogen bomb OR nuclear test OR nuclear weapon |
| Palabras de terrorismo | terror OR guerrilla OR hostage |
| Palabras de actores | allie OR enem OR insurgent OR foe OR army OR navy OR aerial OR troops OR rebels |
| Conjuntos de amenazas/actos | Palabras |
| Palabras de amenazas | threat OR warn OR fear OR risk OR concern OR danger OR doubt OR crisis OR troubl OR disput OR tension OR imminent OR inevitable OR footing OR menace OR brink OR scare OR peril |
| Palabras de disrupción de paz | threat OR menace OR reject OR peril OR boycott OR disrupt |
| Palabras de acumulación | buildup OR build-up OR sanction OR blockad OR embargo OR quarantine OR ultimatum OR mobiliz |
| Palabras de inicio de guerra | begin OR start OR declar OR begun OR began OR outbreak OR broke out OR breakout OR proclamation OR launch |
| Palabras de lucha de actores | advance OR attack OR strike OR drive OR shell OR offensive OR invasion OR invad OR clash OR raid OR launch |
| Palabras de actos terroristas | attack OR act OR bomb OR kill OR strike OR hijack |
| Palabras de exclusión | |
| Palabras de exclusión | movie OR film OR museum OR anniversar OR obituar OR memorial OR arts OR book OR books OR memoir OR price war OR game OR story OR history OR veteran OR tribute OR sport OR music OR racing OR cancer OR real state OR mafia OR trial OR tax |

Tabla 2. Conjunto de temas y de amenazas/actos con sus respectivas palabras clave de búsqueda
Fuente: Measuring geopolitical risk, Caldara and Lacoviello (2022)

Para llevar a cabo la búsqueda automatizada de texto en los periódicos seleccionados, los economistas utilizan el siguiente algoritmo de búsqueda de palabras clave en la herramienta ProQuest¹⁴

```
pub.Exact("The Globe and Mail" OR "Chicago Tribune" OR "The Daily Telegraph" OR "Financial Times" OR "The Guardian" OR "Los Angeles Times" OR "New York Times" OR "Wall Street Journal" OR "The Washington Post" OR "USA TODAY") AND ISSN(0319-0714 OR 1085-6706 OR 0307-1235 OR 0307-1766 OR 0261-3077 OR 0362-4331 OR 0458-3035 OR 0099-9660 OR 0190-8286 OR 0734-7456) AND DTYPE(article OR commentary OR editorial OR feature OR front page article OR front page/cover story OR news OR report OR review) AND (((war OR conflict OR hostilities OR revolution* OR insurrection OR uprising OR revolt OR coup OR geopolitical) NEAR/2 (risk* OR warn* OR fear* OR danger* OR threat* OR doubt* OR crisis OR troubl* OR disput* OR concern* OR tension* OR imminen* OR inevitable OR footing OR menace* OR brink OR scare OR peril*)) OR ((peace OR truce OR armistice OR treaty OR parley) NEAR/2 (menace* OR reject* OR threat* OR peril* OR boycott* OR disrupt*)) OR ((military OR troops OR missile* OR "arms" OR weapon* OR bomb* OR warhead*) AND (buildup* OR build-up* OR blockad* OR sanction* OR embargo OR quarantine OR ultimatum OR mobiliz*)) OR (((("nuclear war" OR "nuclear warfare" OR "nuclear warhead" OR "nuclear warheads" OR "nuclear wars") OR ("atomic war" OR "atomic warfare" OR "atomic warheads" OR "atomic wars") OR ("nuclear missile" OR "nuclear missiles") OR ("nuclear bomb" OR "nuclear bombardment" OR "nuclear bomber" OR "nuclear bombers" OR "nuclear bombing" OR "nuclear bombs") OR ("atomic bomb" OR "atomic bombing" OR "atomic bombings" OR "atomic bombs") OR "h-bomb*" OR ("hydrogen bomb" OR "hydrogen bombs") OR "nuclear test" OR ("nuclear weapon" OR "nuclear weaponry" OR "nuclear weapons")) AND (risk* OR warn* OR fear* OR danger* OR threat* OR doubt* OR crisis OR troubl* OR disput* OR concern* OR tension* OR imminen* OR inevitable OR footing OR menace* OR brink OR scare OR peril*)) OR ((terroris* OR guerrilla* OR hostage*) NEAR/2 (risk* OR warn* OR fear* OR danger* OR threat* OR doubt* OR crisis OR troubl* OR disput* OR concern* OR tension* OR imminen* OR inevitable OR footing OR menace* OR brink OR scare OR peril*)) OR ((war OR conflict OR hostilities OR revolution* OR insurrection OR uprising OR revolt OR coup OR geopolitical) NEAR/2 (begin* OR begun OR began OR outbreak OR "broke out" OR breakout OR start* OR declar* OR proclamation OR launch*)) OR ((allie* OR enem* OR foe* OR army OR navy OR aerial OR troops OR rebels OR insurgen*) NEAR/2 (drive* OR shell* OR advance* OR offensive OR invasion OR invad* OR clash* OR attack* OR raid* OR launch* OR strike*)) OR ((terroris* OR guerrilla* OR hostage*) NEAR/2 (act OR attack OR bomb* OR kill* OR strike* OR hijack*)) NOT (movie* OR film* OR museum* OR anniversar* OR obituar* OR memorial* OR arts OR book OR books OR memoir* OR "price war" OR game OR story OR history OR veteran* OR tribute* OR sport OR music OR racing OR cancer OR "real estate" OR mafia OR trial OR tax)) AND PD(2021-2022)
```

Figura 4. Algoritmo de búsqueda de texto en ProQuest

Fuente: Caldara and Lacoviello. Data and Code for: Measuring Geopolitical Risk

La siguiente imagen muestra el resultado del GPR reciente desde 1985 hasta el 2022, indicando algunos acontecimientos geopolíticos relevantes que logra captar el índice.

¹⁴ Es una colección de bases de datos bibliográfica que proporciona acceso a artículos de publicaciones periódicas de diversa índole, como trabajos de investigación, publicaciones en revistas científicas, tesis, libros, etc.

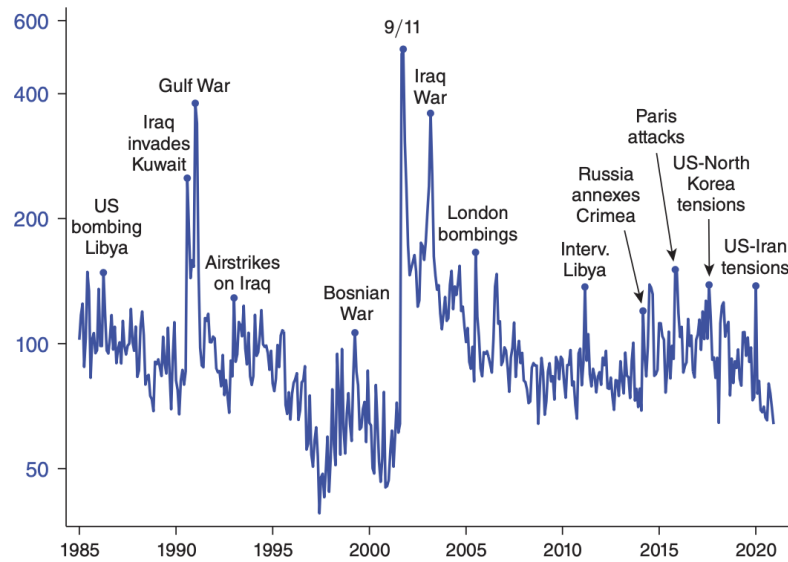


Figura 5: GPR reciente desde 1985

Fuente: *Measuring geopolitical risk*, Caldara and Lacoviello (2022)

Para comprobar la consistencia del índice, los autores construyen un GPR “narrativo” para compararlo con el GPR histórico. Para construir el GPR narrativo, Caldara, Lacoviello y su equipo de asistentes de investigación se dedican a leer y calificar los titulares de 44.000 portadas de la edición impresa del New York Times desde el año 1900 hasta el 2019. El método de calificación consistía en leer las primeras páginas de la portada del periódico para luego asignar a cada día una puntuación de 0, 1, 2 o 5. Se le asigna una puntuación de 0 si ningún titular menciona tensiones geopolíticas o algún tema relacionado, 1 si se menciona en un titular pero no en el titular principal, 2 si se menciona en el titular principal pero no en el titular de banner y finalmente una puntuación de 5 si es que se menciona algún tema del GPR en el titular de banner. El índice narrativo comparte una tendencia común con el GPR histórico generado con la búsqueda automatizada de palabras clave, presentando una correlación de 0.86, lo cual, según los mismos autores, “refuerza la confianza en que el índice automatizado es una medida precisa de los riesgos geopolíticos”. A continuación se muestra el gráfico comparativo del GPR histórico y el GPR narrativo.

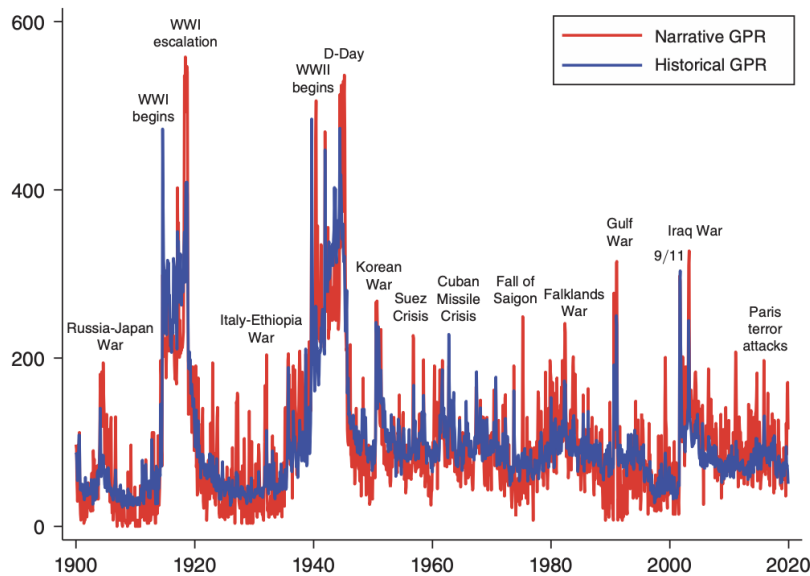


Figura 6. GPR narrativo e histórico

Fuente: *Measuring geopolitical risk*, Caldara and Lacoviello (2022)

Por otro lado, luego de un análisis utilizando modelos VAR (1985-2019), los economistas concluyeron que un mayor riesgo geopolítico presagia una menor inversión y está asociado con una mayor probabilidad de desastres y mayores riesgos a la baja para el crecimiento del PIB. Además, encontraron que las consecuencias adversas de un alza en el índice de riesgos geopolíticos son mayores para las empresas pertenecientes a industrias más expuestas, asociándose además con una menor inversión a nivel de empresa.

Paralelamente, es importante destacar el desarrollo de un índice de riesgos geopolíticos individual y específico para 44 países avanzados y emergentes, dentro de los cuales está incluido Chile. El GPR específico utiliza los mismos criterios que el GPR general e incluye la mención de los respectivos países (o de sus principales ciudades específicas) en los artículos periodísticos para captar el efecto individual en cada país. Los índices resultantes muestran la perspectiva de los Estados Unidos sobre los riesgos geopolíticos que presenta cada país en cuestión.

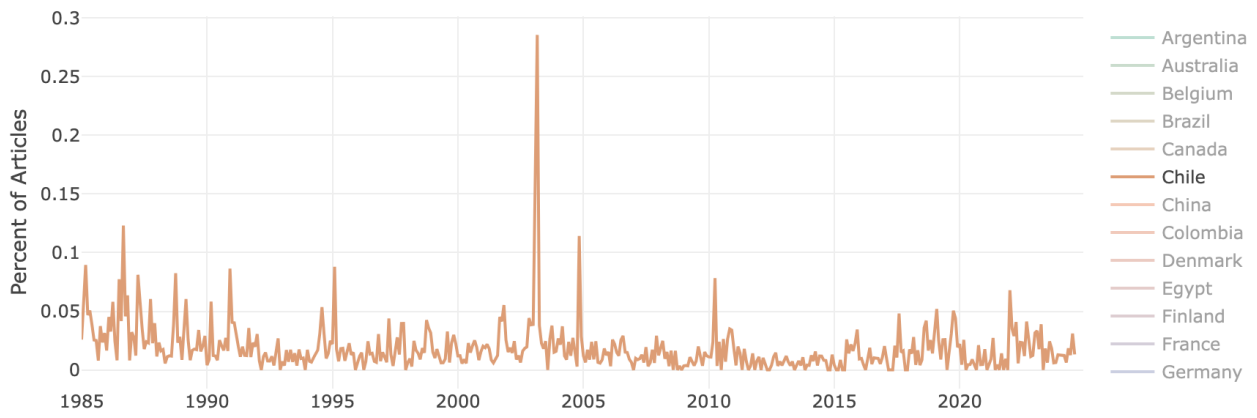


Figura 7. GPR reciente específico para Chile
Fuente: Measuring geopolitical risk, Caldara and Lacoviello (2022)

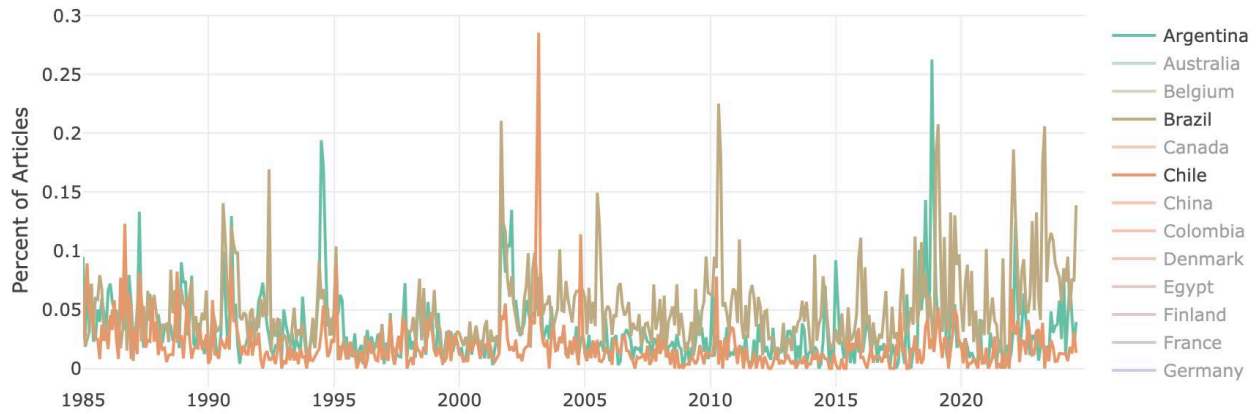


Figura 8. GPR reciente específico para Chile, Argentina y Brasil
Fuente: Measuring geopolitical risk, Caldara and Lacoviello (2022)

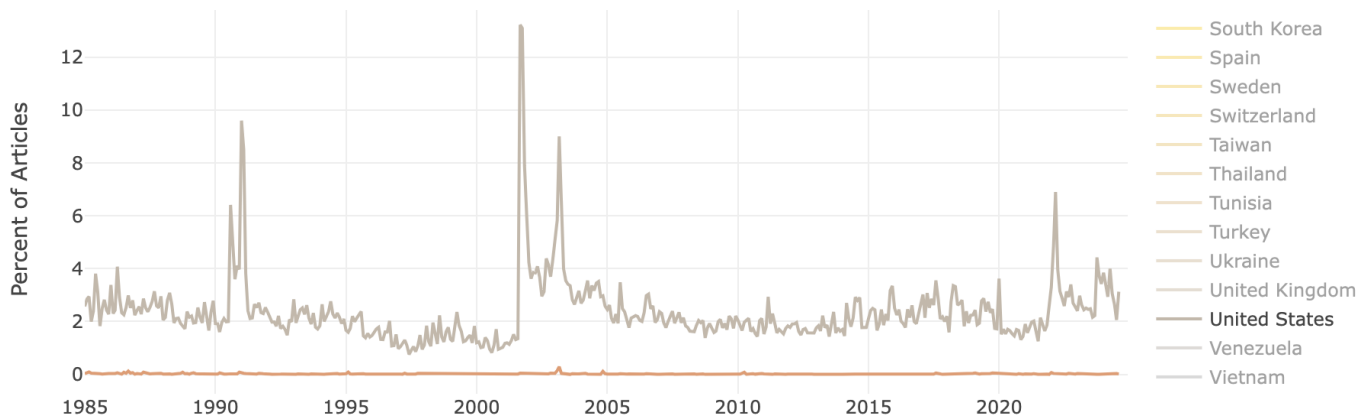


Figura 9. GPR reciente específico para Chile (línea naranja) y Estados Unidos
Fuente: Measuring geopolitical risk, Caldara and Lacoviello (2022)

9.4. Modelos vectoriales autorregresivos (VAR)

Para capturar la relación simultánea entre las variables de interés y estudiar cómo se transmite un shock de riesgo geopolítico en la inflación y actividad económica de Chile se utilizará un modelo de vectores autorregresivos con variables exógenas (VARX).

“En una serie de artículos, Christopher A. Sims (1972, 1980a, 1980b) propuso el uso de autorregresiones vectoriales (VAR). En Sims (1980a), sugirió que los VAR podrían ser útiles para tres propósitos: (1) pronosticar series de tiempo económicas, (2) diseñar y evaluar modelos económicos y (3) evaluar las consecuencias de acciones políticas alternativas.” (Christiano, 2012)

El modelo VAR tradicional o reducido, intenta capturar la interacción dinámica de múltiples variables a través de sistemas de ecuaciones simultáneas de forma reducida, las cuales no presentan restricciones. Este modelo, a diferencia de los VAR estructurales o SVAR, no incorpora los valores contemporáneos de las variables del modelo como variables explicativas en ninguna de las ecuaciones, más bien, las variables explicativas de cada ecuación están conformadas por los rezagos o valores pasados de cada una de las variables del modelo (Novales, 2017). La idea básica de Sims es especificar un modelo donde todas las variables son consideradas endógenas, sin restricciones, lo que equivale a un modelo de forma reducida (Sims 1980a).

En términos simples, un modelo VAR reducido captura la interacción entre varias variables utilizando un enfoque basado en datos, mediante un sistema de ecuaciones sin restricciones que incluye los rezagos de todas las variables del sistema. Una extensión del modelo VAR tradicional es el VARX, el cual incorpora variables exógenas para analizar de manera más completa la relación dinámica entre variables endógenas y exógenas.

Un modelo $VARX(p,s)$ tradicional con M variables endógenas, N variables exógenas, p rezagos para las variables endógenas y s rezagos para las variables exógenas puede ser representado como:

$$[y_t] = \phi_0 + \sum_{i=1}^p \phi_i [y_{t-i}] + \sum_{j=0}^s \theta_j [x_{t-j}] + [\mu_t]$$

Donde:

$[y_t]$: Es el vector de variables endógenas consideradas en el sistema ($M \times 1$)

ϕ_0 : Es el vector de constantes ($M \times 1$)

ϕ_i : Es la matriz de coeficientes de las variables endógenas ($M \times M$)

- $[y_{t-i}]$: Es el vector de variables endógenas rezagadas (M x 1)
- Θ_j : Es la matriz de coeficientes de las variables exógenas (M x N)
- $[x_{t-j}]$: Es el vector de variables exógenas rezagadas (N x 1)
- $[\mu_t]$: Es el vector de innovaciones o términos de error (M x 1)

Esta forma del modelo VAR también presenta un conjunto de supuestos estadísticos respecto a sus innovaciones:

- $Cov(\mu_t, \mu_{t-k}) = 0, \forall k \neq 0 \rightarrow$ no hay autocorrelación en las innovaciones
- $Var(\mu_t) = \sigma^2$ constante para todo $t \rightarrow$ homocedasticidad de los errores
- $\mu_t \sim N(0, \sigma^2) \rightarrow$ normalidad de los errores
- Las raíces polinómicas deben estar fuera del círculo unitario (deben ser menores a 1)
- Las variables deben ser estacionales (no deben tener raíz unitaria)

Por otro lado, un modelo VAR estructural o SVAR toma el modelo VAR tradicional y le incorpora ciertas restricciones a las ecuaciones del sistema, las cuales están sustentadas en la teoría económica y buscan identificar choques estructurales entre las variables. Lo anterior hace que este tipo de modelos sea útil para aplicar la teoría económica en el análisis e interpretación de los resultados.

A partir de un modelo VAR se pueden realizar algunos análisis posteriores. Entre los más utilizados se encuentran:

- **Causalidad de Granger:** Clive Granger (1969) propone una idea para analizar la relación inter temporal entre dos variables. La causalidad al estilo Granger no representa causalidad en el sentido filosófico, si no que más bien consiste en una relación predictiva entre dos variables a través del tiempo. La idea principal es que si una variable X causa a otra variable Y en el sentido Granger, entonces es cierto que X ocurre primero que Y , por lo tanto, los valores pasados de X contienen información que ayudan a predecir los valores de Y . Sims en 1972 propuso incorporar esta idea de Granger al análisis VAR (Christiano, 2012). Básicamente, consiste en modelar cada variable del sistema utilizando solo sus propios rezagos y luego hacer lo mismo con los rezagos de la segunda variable con la cual se pretende evaluar la causalidad a lo Granger. Finalmente, si al incluir los valores pasados de la segunda variable mejoran considerablemente los resultados de predicción, entonces se dice que esta segunda variable “causa a lo Granger” a la primera. Considerando la hipótesis nula: X no causa a Y y la hipótesis alternativa X causa a Y , se puede rechazar la hipótesis nula generalmente a través de un test de F o un test de Wald¹⁵.

¹⁵ Son test estadísticos utilizados para contrastar hipótesis. El test de F se enfoca en validar la calidad de ajuste de un modelo, mientras que el test de Wald se enfoca en probar la importancia individual de los coeficientes de un modelo estimado.

- **Funciones de impulso-respuesta:** Permite medir la reacción dinámica de cada una de las variables del sistema ante un “choque” o impulso (que es un cambio de una unidad en la innovación) en una de las variables, en un periodo específico, manteniendo todos los demás choques en cero. Este análisis se utiliza para comprender los efectos que tiene un choque en una variable específica en todas las demás variables, entregando una comprensión de como los choques se transmiten en un sistema económico. Dado que se está estudiando un sistema de interrelaciones, cada impulso afectará de manera interdependiente a todas las variables, produciendo tantas funciones de impulso-respuesta como variables haya en el sistema, para cada innovación del mismo (Novales, 2017).
- **Descomposición de varianza:** Es un método estadístico que permite descomponer la varianza de los errores de predicción de una variable en distintos horizontes temporales, identificando que proporción de esta varianza puede atribuirse a los choques en las innovaciones del sistema. Este método nos ayuda a estudiar como una variable del sistema responde a cambios inesperados o “Choques” en ella misma o en cualquier otra variable. En otras palabras, nos permite cuantificar el grado en que cada variable impacta a las variaciones de las otras variables. Este análisis es fundamental para entender la estructura de interdependencia entre las variables del sistema y como estas se afectan mutuamente en situaciones inesperadas (Novales, 2017).

9.5. Transformación de Box-Cox

La transformación de Box-Cox, desarrollada por George Box y David Cox en 1964, es una técnica estadística que ajusta los datos para estabilizar la varianza y aproximar la normalidad. Esta transformación es especialmente útil en series temporales y modelos econométricos como el VAR para cumplir con los supuestos de homocedasticidad y normalidad de los errores. Las transformaciones de Box-Cox vienen dadas por la expresión:

$$X(\lambda) = \begin{cases} \frac{X^\lambda - 1}{\lambda}, & \lambda \neq 0 \\ \log(X), & \lambda = 0 \end{cases}$$

La transformación utiliza un parámetro lambda (λ) para determinar el tipo de ajuste: si $\lambda = 0$, se aplica una transformación logarítmica; si $\lambda \neq 0$, se aplica una transformación de potencia (Box & Cox, 1964). Algunas de los valores comunes que puede tomar el parámetro lambda (λ) para transformar las series temporales son: 2 (para transformación cuadrática), 0.5 (para transformación raíz cuadrática), 1 (para dejar constante el valor de x), etc.

En R¹⁶, el paquete forecast facilita la aplicación de esta transformación con funciones como BoxCox() para transformar la serie y BoxCox.lambda() para estimar el valor óptimo de λ . Además, el paquete forecast permite utilizar el método de Guerrero, que ajusta la transformación de Box-Cox para series temporales estacionales (Guerrero, 1993).

9.6. Variables macroeconómicas consideradas

A continuación, se explicaran las variables macroeconómicas consideradas en el modelo, además de algunos gráficos con la evolución mensual de dichas variables en el tiempo.

9.6.1. Índice de Precios al Consumidor (IPC)

El IPC se encarga de medir el nivel de precios que experimenta el país en un periodo determinado y por ende es clave para monitorear la inflación. Como ya se mencionó anteriormente, es bien sabido que eventos geopolíticos, como las guerras, afectan las cadenas de suministro globales y esto puede presionar al alza los precios de muchas materias primas importantes como el petróleo, el gas, los alimentos, entre otros, los cuales son esenciales para el funcionamiento de numerosas industrias alrededor del mundo. Por esta razón, el IPC ayudará a determinar si la escalada y realización de eventos geopolíticos adversos tienen un impacto en el costo de vida de los chilenos. El IPC puede definirse como:

“Índice mensual que muestra la evolución del nivel general de precios a base del seguimiento del valor monetario de una canasta de productos representativa del consumo familiar, la cual se actualiza periódicamente a partir de la Encuesta de Presupuestos Familiares (EPF). El cálculo del IPC es de responsabilidad del Instituto Nacional de Estadísticas (INE)” (Banco Central de Chile, 2024)

9.6.2. IPC Sin Volátiles

“Es una medida de exclusión fija, elaborada por el Banco Central de Chile y que excluye las subclases más volátiles en base a una función de pérdida que considera: volatilidad, persistencia, relación con la brecha producto, sesgo y poder predictivo. Posee 83 subclases del IPC general, representando en la última canasta el 62,1 % del IPC general anual.” (Banco Central de Chile, 2024)

Algunos de los bienes que considera esta medida son: pan y productos de panadería, bebidas vegetales, yogures, chocolates, azúcar, jugos, té, bebidas gaseosas, cervezas, vestuario para hombres, vestuario escolar, servicios para el mantenimiento del hogar, suministro de agua,

¹⁶ <https://r-coder.com/transformacion-box-cox-r/>

electrodomésticos pequeños de cocina, utensilios de cocina, servicios domésticos, medicamentos, servicios dentales, automóviles nuevos, automóviles usados, motocicletas, entre otros.

El propósito de utilizar esta medida de inflación es revisar si un shock geopolítico es capaz de impactar significativamente en los precios subyacentes de la economía chilena, sin la interferencia de fluctuaciones momentáneas que puedan distorsionar el análisis.

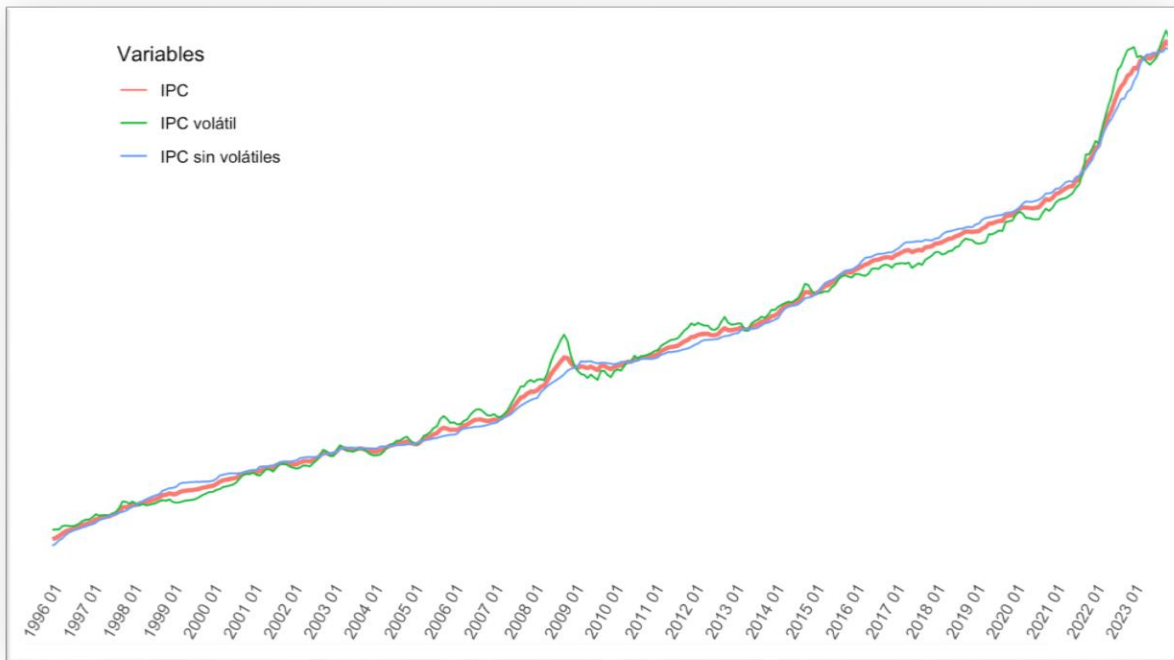


Figura 10: IPC, IPC volátil e IPC sin volátiles. Datos normalizados
Fuente: Elaboración propia

9.6.3. IPC Alimentos Volátiles

Corresponde a un subcomponente del IPC volátil (que es aquel que mide todos los bienes del IPC General que no son considerados en el IPC sin volátiles) el cual incluye a los alimentos que presentan un comportamiento más volátil. Entre ellos están: arroz, harina de cereales, cereales para el desayuno, pastas, snacks, carne fresca, refrigerada o congelada, pescados, mariscos, leche, cremas, quesos, mantequilla, frutas frescas, alimentos para bebés, café, entre otros.

Los precios de algunos alimentos importantes son particularmente sensibles a shocks externos como los conflictos geopolíticos, por ende esta medida permitirá analizar

concretamente como el GPR puede impactar en un componente clave de la canasta de consumo de los chilenos.

9.6.4. IPC Energía Volátiles

Corresponde a un subcomponente del IPC volátil que incluye 6 subclases del IPC general, las cuales son: suministro de electricidad, gas por red, gas licuado, parafina, petróleo diésel y gasolina.

Esta medida, al incluir los precios de combustibles y energía, que suelen ser altamente volátiles frente a eventos de incertidumbre geopolítica, resulta fundamental para evaluar el impacto del riesgo geopolítico en la inflación y la actividad económica del país. Además, su importancia radica en que puede afectar indirectamente a muchos otros sectores debido a su papel crucial como materia prima esencial.

9.6.5. IPC Resto de Volátiles

Corresponde a un subcomponente del IPC volátil que considera 50 subclases del IPC general, representando cerca del 15% de este en la canasta 2023. Algunas subclases que incluye son: vinos, cócteles y licores, vestuario para mujeres, cigarrillos, vestuario infantil, calzado para mujeres, gastos comunes, productos médicos, bicicletas, repuestos de automóvil, transporte aéreo nacional e internacional, consolas y videojuegos, entre otros.

También es importante analizar como impacta el riesgo geopolítico en el precio de los otros bienes volátiles que no se encuentran en las categorías de alimentos y energía, a fin de ampliar el análisis y comprender de mejor manera como este tipo de eventos influyen en la evolución de la inflación.

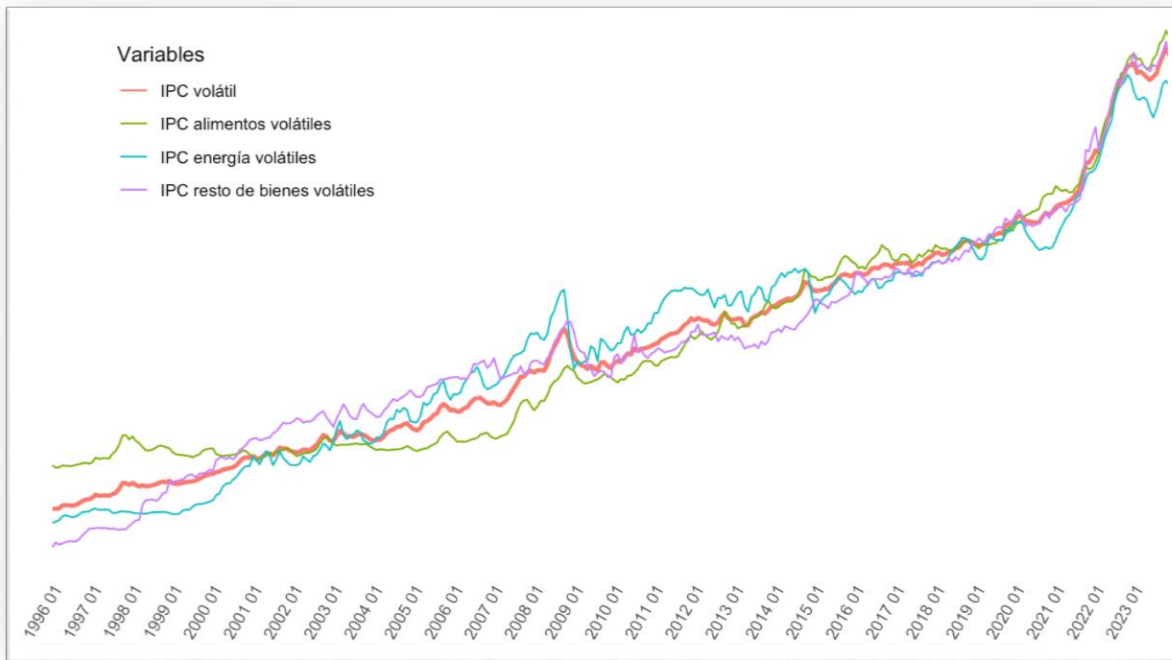


Figura 11: Componentes IPC volátil. Datos normalizados
Fuente: Elaboración propia

9.6.6. Tipo de Cambio

El tipo de cambio es un indicador clave en la economía internacional que refleja el valor relativo de la moneda de un país en comparación con otra moneda de referencia, generalmente el dólar. Ante eventos de gran incertidumbre, los mercados financieros suelen buscar refugio en activos más seguros, como el oro o el dólar, debido a su sólido respaldo (en el caso del dólar, la fortaleza de la economía estadounidense lo convierte en un activo percibido como seguro). Por lo tanto, los eventos geopolíticos de gran magnitud pueden generar distorsiones en los tipos de cambio al incrementarse la demanda de dólares tanto a nivel nacional como internacional, lo cual puede, a su vez, impactar a la actividad económica y la inflación. El Banco Central define el tipo de cambio nominal de la siguiente manera.

“Los tipos de cambio se refieren a la cantidad de pesos chilenos por una unidad de moneda extranjera. Entre estos, destaca el dólar observado (pesos chilenos por dólares de los Estados Unidos de América), que corresponde al precio promedio ponderado de las transacciones realizadas por las empresas bancarias el día hábil anterior.” (Banco Central de Chile, 2024)



*Figura 12: Tipo de Cambio Nominal y Precio del Cobre (BML). Datos normalizados
Fuente: Elaboración propia*

La figura 12 ilustra claramente la relación inversa entre el Tipo de Cambio Nominal y el precio del cobre (USD/lb, BML), destacando cómo el valor del peso chileno está fuertemente influenciado por el comportamiento del precio del cobre, el cual es el principal bien de exportación del país. A medida que el precio del cobre aumenta, generalmente se observa una apreciación del peso chileno (una caída en el tipo de cambio), ya que una mayor demanda de cobre incrementa los ingresos por exportaciones, lo que eleva la oferta de dólares en la economía chilena. Por el contrario, cuando el precio del cobre disminuye, el tipo de cambio tiende a subir (depreciación del peso chileno), debido a una caída en los ingresos por exportaciones y a una menor demanda de la moneda nacional.

9.6.7. IMACEC

El IMACEC (Índice Mensual de Actividad Económica) es un indicador que resume la actividad económica de distintos sectores clave en la economía de forma mensual, utilizando los precios del año anterior. Junto con este indicador, se publica el desglose de las actividades de producción de bienes (que considera la producción minera, industrial y el resto de bienes), comercio y servicios.

Los eventos geopolíticos pueden impactar la actividad económica de Chile medida a través del IMACEC de diversas maneras como ya ha sido explicado en los casos anteriores (a través

de fluctuaciones en los precios de las materias primas, interrupciones en las cadenas de suministro, cambios en la demanda externa, etc.), por ende, esta medida ayudará a evaluar el impacto que pueden tener dichos eventos en la producción de bienes, comercio y servicios del país.

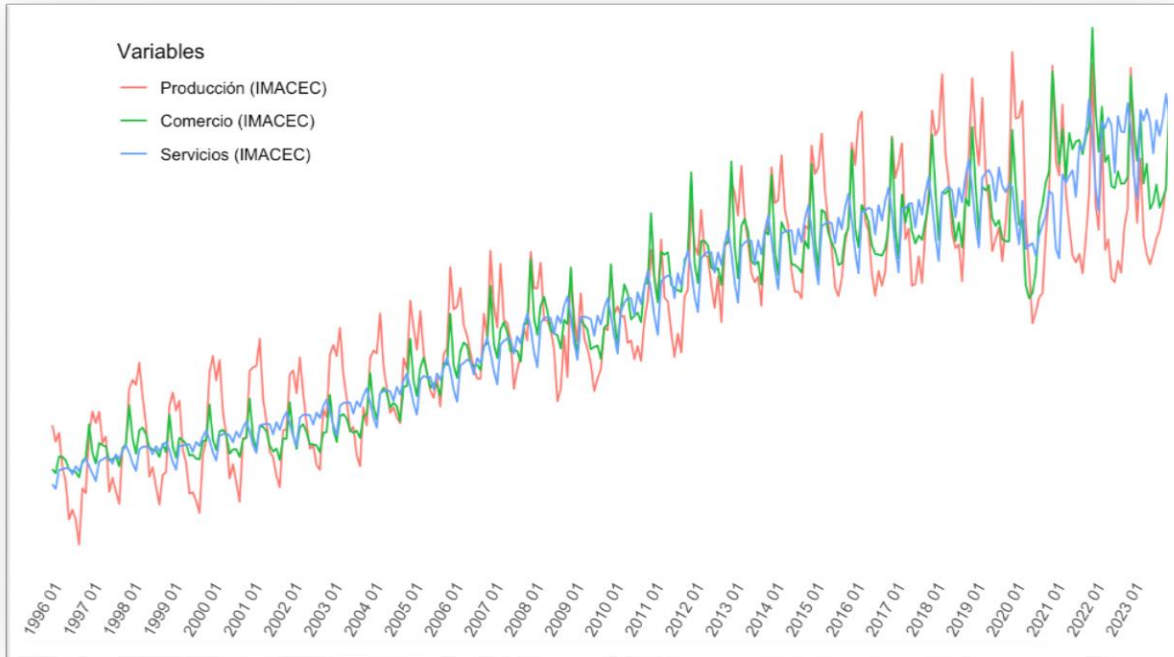


Figura 13: Componentes IMACEC. Datos normalizados
Fuente: Elaboración propia

9.6.8. GEPU

El GEPU (Global Economic Policy Uncertainty index)¹⁷ creado por Scott Baker, Nicholas Bloom y Steven Davis en 2016, mide la incertidumbre en las políticas económicas en 21 países¹⁸ y se calcula desde enero de 1997. El índice se basa en el promedio ponderado por el PIB de los índices de incertidumbre de cada país, los cuales reflejan la frecuencia de artículos periodísticos que mencionan simultáneamente términos de economía, política e incertidumbre en cada país. Para construir el índice GEPU, se realizan tres pasos clave: primero, cada índice EPU nacional se ajusta para que tenga una media de 100 entre 1997 y 2015. Segundo, se completan los valores faltantes en ciertos países usando un método de regresión, lo que permite obtener un conjunto completo de valores mensuales para los 21 países desde 1997. Finalmente, el valor mensual del GEPU se calcula como un promedio ponderado por el PIB

¹⁷ GEPU: <https://www.policyuncertainty.com/>

¹⁸ Australia, Brasil, Canadá, Chile, China, Colombia, Francia, Alemania, Grecia, India, Irlanda, Italia, Japón, México, Países Bajos, Rusia, Corea del Sur, España, Suecia, Reino Unido y Estados Unidos

de estos índices nacionales, empleando datos del FMI. El GEPU cuenta con dos versiones: una basada en el PIB a precios corrientes y otra ajustada por paridad de poder adquisitivo, representando así un amplio porcentaje de la producción mundial.

9.6.9. VIX

El VIX (Chicago Board Options Exchange Volatility Index), también conocido como el "Índice de Volatilidad" o "Índice de Miedo", es una medida del nivel de volatilidad esperada en el mercado de acciones de Estados Unidos, calculado y publicado por el CBOE (Chicago Board Options Exchange). Se basa en las opciones del índice S&P 500, que reflejan las expectativas de los inversores sobre la variabilidad de los precios de las acciones en los próximos 30 días. Un valor del VIX muy alto refleja una alta incertidumbre y nerviosismo en el mercado de valores.

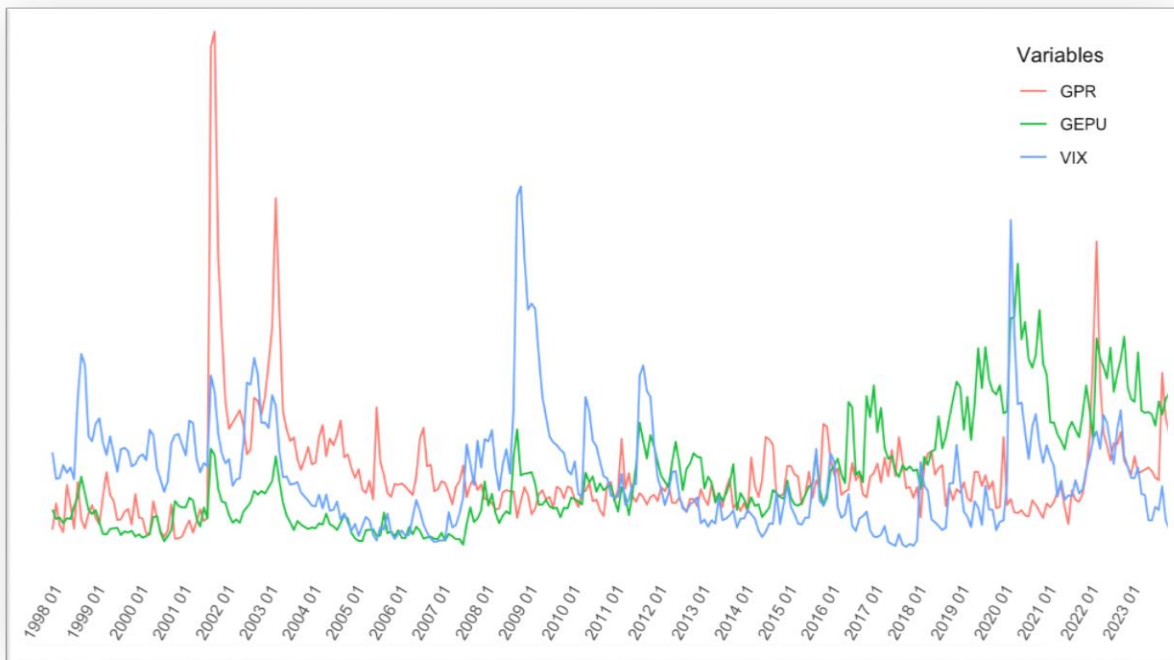


Figura 14: GPR, GEPU y VIX. Datos normalizados

Fuente: Elaboración propia

9.6.10. EMBI Global Spread

El EMBI Global Spread (Emerging Markets Bond Index), desarrollado por JP Morgan, es un índice que mide el riesgo soberano de los países emergentes a través del diferencial (spread) entre los rendimientos de bonos soberanos emitidos por estos países en dólares y los

rendimientos de los bonos del Tesoro de EE.UU., que son considerados seguros. Este diferencial refleja el riesgo adicional que asumen los inversionistas al prestar a economías emergentes en comparación con EE. UU y por ende ha sido ampliamente utilizado como un indicador del riesgo país.

9.6.11. MOVE

El índice MOVE (Merrill Lynch Option Volatility Estimate) es un indicador que mide la volatilidad esperada en el mercado de bonos del Tesoro de Estados Unidos y, en concreto, en las tasas de interés a corto y largo plazo. Este índice refleja cuánto esperan los inversionistas que varíen las tasas de interés en los próximos 30 días, utilizando opciones sobre bonos del Tesoro para calcularlo. Es considerado un barómetro clave de la incertidumbre en el mercado de renta fija y, por ende, una referencia importante para evaluar las expectativas de cambio en las tasas de interés y el riesgo percibido en el mercado de bonos.

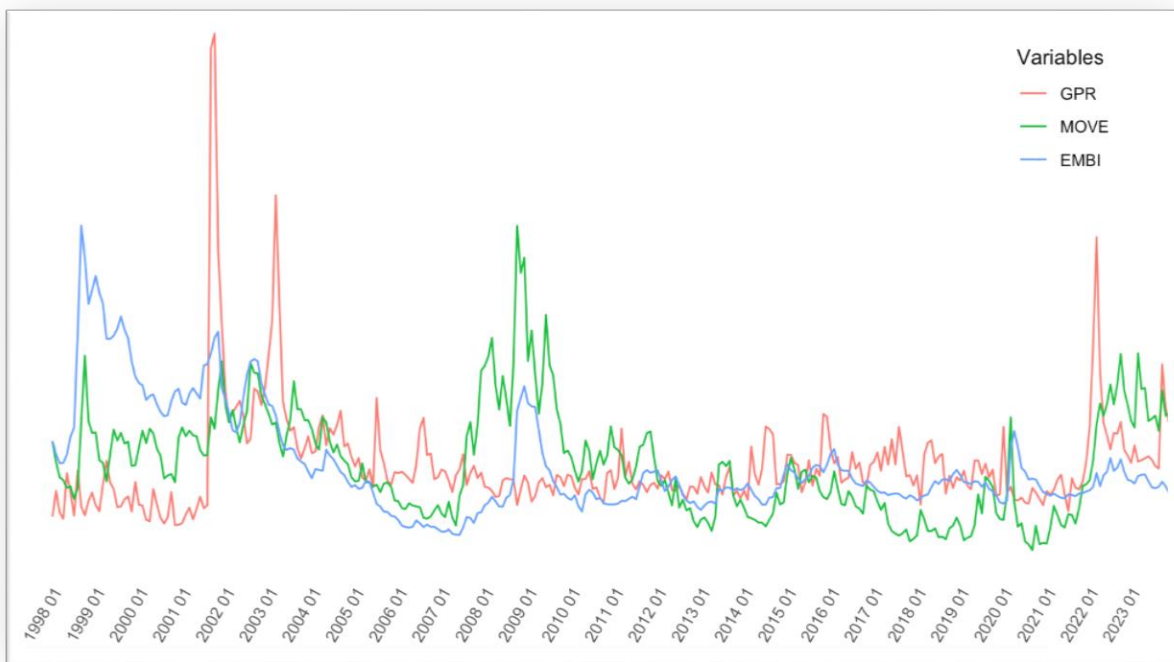


Figura 15: GPR, MOVE y EMBI. Datos normalizados

Fuente: Elaboración propia

10. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

Como se mencionó anteriormente, este estudio tendrá un enfoque econométrico. Se construirá un modelo de vectores autorregresivos con variables exógenas (VARX) para capturar la interacción dinámica de las variables en el tiempo, controlando con una matriz de variables exógenas que incluyen los valores atípicos de todas las series temporales, además de otros elementos exógenos importantes como el precio del petróleo WTI (USD/barril), la inflación de Estados Unidos (IPC EE. UU. variación en 12 meses) y el precio del oro (USD/oz, variación mensual). La investigación seguirá el mismo enfoque que Caldara y Lacoviello (2018), quienes utilizaron un modelo SVAR para examinar algunas consecuencias macroeconómicas de un shock en el índice GPR en sus dos componentes (GPT y GPA). Con el propósito de estudiar el impacto que un shock de riesgo geopolítico puede tener en la inflación y actividad económica de Chile se considerarán las siguientes variables en el modelo VARX: El índice GPR global, el IPC Sin Volátiles, el IPC Alimentos Volátiles, el IPC Energía Volátiles, el IPC Resto de Volátiles, los componentes de Producción, Comercio y Servicios del IMACEC, el precio del cobre (USD/lb, BML) y el Tipo de Cambio Nominal. Todas las variables endógenas (a excepción del GPR global) se utilizaron como variación respecto al mes anterior para asegurar un comportamiento estacionario de las series de tiempo. Los datos fueron extraídos de la base de datos estadísticos del Banco Central de Chile, el Instituto Nacional de Estadísticas (INE) y la página principal del índice GPR, los cuales seguirán una frecuencia mensual abarcando un periodo desde enero del año 1996 hasta diciembre del año 2023.

10.1 Preparación de los datos

En primer lugar, se obtienen los datos en frecuencia mensual de las variables elegidas, abarcando un periodo entre enero del año 1996 (1/1996) hasta diciembre del año 2023 (12/2023).

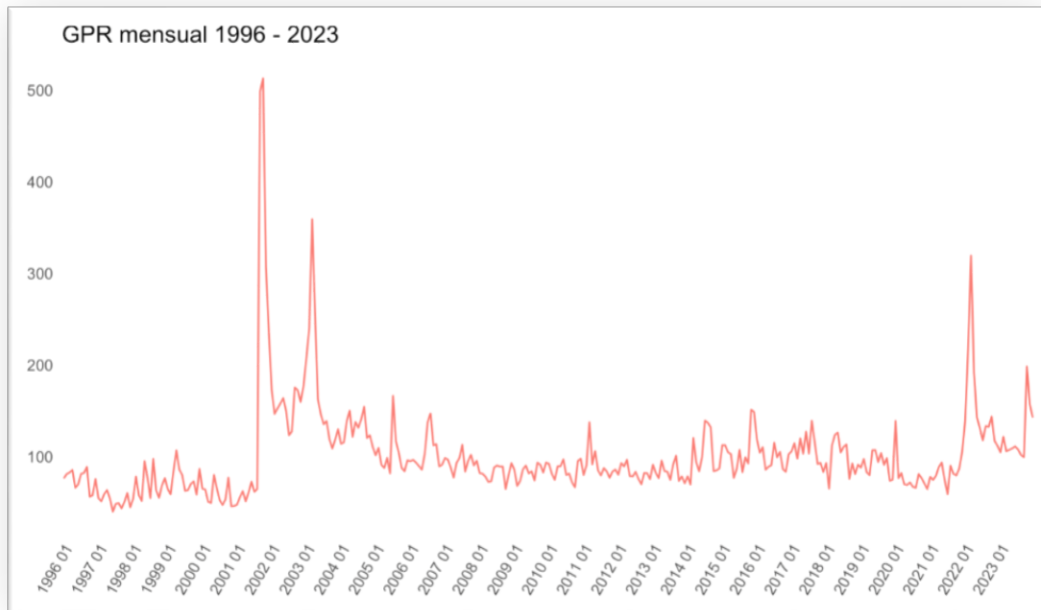


Figura 16: GPR mensual 1996 - 2024
Fuente: Elaboración propia

Con el fin de estabilizar la varianza de las innovaciones del sistema y promover un comportamiento normal de estas, se aplicó una transformación de Box-Cox a los datos.

Para verificar la estacionariedad de las series temporales, condición indispensable para la aplicación del modelo VAR, se emplearán tres pruebas de raíz unitaria diferentes para cada serie: la prueba Dickey-Fuller aumentada (ADF), la prueba de Phillips & Perron (PP) y la prueba de Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (KPSS). Estas pruebas tienen como objetivo determinar si las series presentan raíz unitaria, es decir, si exhiben una tendencia estocástica, lo que implica que cualquier perturbación tendría un efecto permanente en la serie temporal. En las pruebas ADF y PP, la hipótesis nula (H_0) es que la serie tiene raíz unitaria (no es estacionaria), mientras que en la prueba KPSS, la hipótesis nula es que la serie no tiene raíz unitaria (es estacionaria). Para contrastar las hipótesis, se compararán los valores estadísticos con los valores críticos en términos absolutos, utilizando un nivel de significancia del 5%. A continuación, se presentan los resultados preliminares de las tres pruebas.

| | ADF | PP | KPSS | Resultado |
|------------------|--------|--------|-------|--------------|
| V. crítico (5%) | -2.87 | -2.87 | 0.463 | – |
| GPR | -5.15 | -6.69 | 0.16 | Estacionaria |
| IPC Sin V. | -3.19 | -13.25 | 0.13 | Estacionaria |
| IPC Alimentos V. | -4.05 | -10.65 | 0.31 | Estacionaria |
| IPC Energía V. | -5.22 | -13.60 | 0.13 | Estacionaria |
| IPC Resto de V. | -4.82 | -17.45 | 0.18 | Estacionaria |
| Producción | -4.31 | -23.27 | 0.22 | Estacionaria |
| Comercio | -3.76 | -29.60 | 0.10 | Estacionaria |
| Servicios | -3.93 | -36.49 | 0.13 | Estacionaria |
| Cobre | -10.60 | -12.95 | 0.12 | Estacionaria |
| TCN | -10.63 | -13.24 | 0.10 | Estacionaria |

*Tabla 3. Pruebas de estacionariedad para las series temporales.
Fuente: Elaboración propia*

Nota: Para contrastar las hipótesis se comparan los valores estadísticos con los valores críticos en términos absolutos, por lo tanto, para las pruebas ADF y PP los valores estadísticos deben ser todos mayores en valor absoluto que su nivel crítico al 5% de significancia para rechazar la hipótesis nula y concluir que las series son estacionarias. Por el contrario, dado que la prueba KPSS tiene sus hipótesis invertidas, los valores estadísticos deben ser todos menores en términos absolutos que su valor crítico al 5% de significancia para no rechazar H0 y concluir que las series son estacionarias.

Como se muestra en la tabla 3, todas las series cumplen el supuesto de estacionariedad, lo cual quiere decir que las propiedades estadísticas como la media y la varianza de todas las series temporales, en esta forma, siguen un comportamiento estable y constante a lo largo del tiempo. Lo anterior contribuye a que el modelo sea consistente en la estimación de los parámetros y en los resultados de los análisis posteriores, evitando así la presencia de relaciones espurias o malas interpretaciones.

10.2 Especificación y aplicación del modelo VARX

En la siguiente sección se describirán los pasos previos a la estimación del VARX, que incluyen la construcción de la matriz de variables exógenas para mejorar la especificación del

modelo y controlar los valores atípicos. Posteriormente, se seleccionará el número óptimo de rezagos utilizando los criterios de información.

10.3 Matriz de variables exógenas

Antes de aplicar el modelo VARX, es necesario construir una matriz compuesta por vectores de variables exógenas, con el objetivo de robustecer los resultados del modelo y capturar de manera más precisa las relaciones simultáneas entre las variables del sistema, al tiempo que se incorporan factores relevantes del entorno que ejercen una influencia significativa. Este enfoque no solo mejora la precisión y el control del modelo, sino que también contribuye a estabilizar las innovaciones, garantizando así el cumplimiento de los supuestos estadísticos requeridos.

La matriz de variables exógenas estará compuesta por el Precio del oro (USD/oz, variación respecto al mes anterior), la inflación de Estados Unidos (IPC EE. UU. variación en 12 meses) y el Precio del Petróleo WTI (USD/barril). Estas variables son relevantes para el análisis del impacto del riesgo geopolítico en la economía chilena puesto que ayudan a explicar la transmisión del shock y ejercen una influencia significativa en el país, lo cual ayudará a mejorar la especificación del modelo y obtener resultados más precisos. Además se incluirá una matriz de variables dummy que capturarán la influencia de valores atípicos en cada una de las series temporales. Para identificar y construir la matriz de variables dummy se seguirá el siguiente procedimiento, tomando como ejemplo el caso de la variable GPR global.

En primer lugar, se correrá un modelo VAR tradicional solo con las variables endógenas y se procederá a evaluar los residuos, controlando la normalidad de los mismos a través del Test de Jarque-Bera multivariado, junto con las pruebas multivariadas para la asimetría y la curtosis¹⁹. Como se observa en la Tabla 4, el VAR tradicional que incluye solo las variables endógenas no cumple con el supuesto de que los residuos o innovaciones deben seguir una distribución normal.

¹⁹ El test de Jarque-Bera evalúa si los residuos de un modelo siguen una distribución normal. Se basa en dos propiedades: Asimetría, que mide si la distribución es simétrica o tiene sesgo hacia algún lado, y la curtosis, que evalúa si la distribución es más plana o empinada en comparación con la normal.

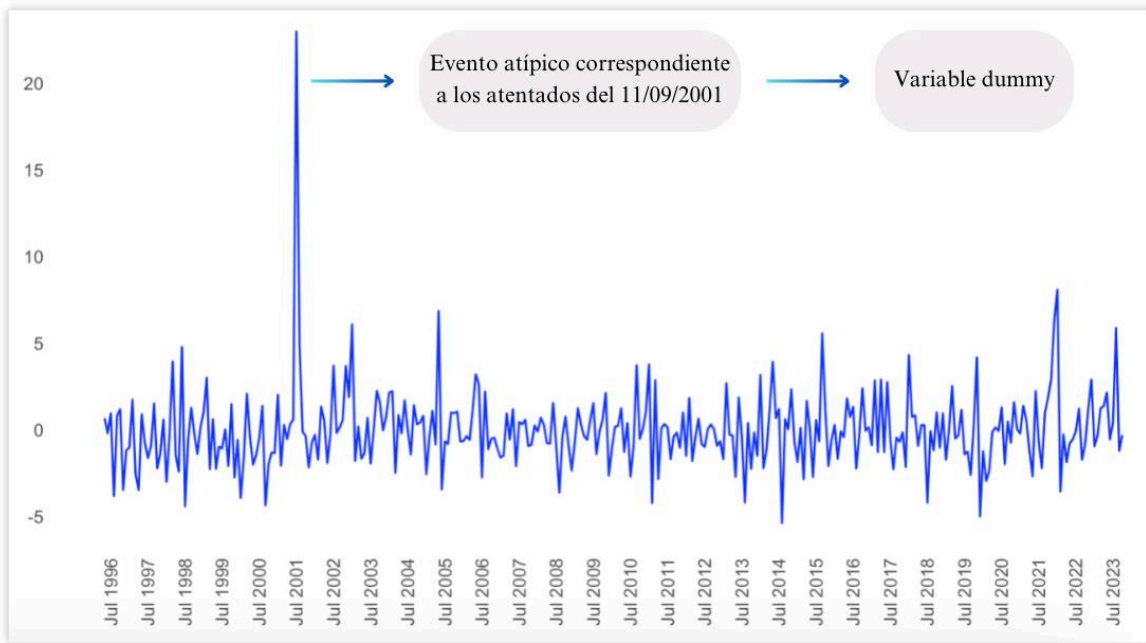
| | Chi-cuadrado | P-value |
|------------------------|--------------|------------|
| JB - Test multivariado | 7759.6 | < 2.2 e-16 |
| Asimetría | 450.14 | < 2.2 e-16 |
| Curtosis | 7309.5 | < 2.2 e-16 |

*Tabla 4. Pruebas de normalidad de los residuos, VAR tradicional
Fuente: Elaboración propia*

Como se observa en los resultados del test de Jarque-Bera multivariado, como los p-value son todos menores a un nivel de significancia del 5%, hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula de que los residuos del modelo siguen una distribución normal.

El siguiente paso es graficar los residuales de cada variable endógena e identificar los posibles valores atípicos, para luego revisar los valores en la tabla de residuales y anotar en qué fechas específicas ocurrieron. Una vez identificados los periodos específicos en que ocurrieron los outliers, se procede a crear un vector de variables dummy, posicionando el valor de 1 en la fecha correspondiente y 0 para todos los demás periodos. Finalmente, una vez se tengan todos los vectores de variables dummy, abarcando todos los valores atípicos detectados para cada variable endógena, se procede a crear la matriz de variables exógenas la cual contiene esta matriz de variables dummy más las otras variables anteriormente mencionadas que son el precio del oro, la inflación de Estados Unidos y el precio del petróleo. Para mayor claridad revisar el ejemplo con GPR global en la figura 17.

Una vez construida, la matriz de variables exógenas es incorporada al modelo VAR para correr nuevamente el modelo (ahora VARX) y realizar nuevamente las pruebas de Jarque-Bera, asimetría y curtosis multivariadas. Como puede observarse en la Tabla 5, ahora los residuales del modelo VARX si cumplen con el supuesto de normalidad de los residuos.



*Figura 17. Ejemplo de tratamiento de valores atípicos para GPR global
Fuente: Elaboración propia*

| | Chi-cuadrado | P-value |
|------------------------|--------------|---------|
| JB - Test multivariado | 26.89 | 0.14 |
| Asimetría | 8.58 | 0.57 |
| Curtosis | 18.30 | 0.0501 |

*Tabla 5. Pruebas de normalidad de los residuos VARX
Fuente: Elaboración propia*

Como se observa en los resultados del test de Jarque-Bera multivariado, como los p-value ahora son todos mayores al nivel de significancia del 5%, no hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula de que los residuos del modelo VARX se distribuyen de forma normal.

10.4 Elección del número óptimo de rezagos

Para determinar el número óptimo de lags o rezagos del modelo VARX, se utilizarán criterios de información estándar: el criterio de información de Akaike (AIC), el criterio de información de Hannan-Quinn (HQ), el criterio de información de Schwarz (SC) y el error de predicción final (FPE). Estos criterios evalúan el nivel de información perdido al emplear diferentes especificaciones del modelo y el objetivo es minimizar su valor. Al considerar la matriz de variables exógenas, el criterio de AIC sugiere utilizar 10 rezagos, el criterio de HQ sugiere utilizar 4 rezagos, el criterio de SC sugiere utilizar 1 rezago y el FPE sugiere utilizar 10 rezagos. Con el fin de capturar un mayor horizonte temporal, se decide utilizar 10 rezagos en el modelo VARX.

Una vez elegido el número óptimo de rezagos, se procede nuevamente con la estimación del modelo VARX.

10.5 Revisión de los supuestos estadísticos

En la siguiente sección se revisarán los supuestos estadísticos del VARX para garantizar la consistencia y robustez del modelo. El cumplimiento de los supuestos permitirá saber si el modelo está listo para llevar a cabo los análisis de cointegración o, en caso contrario, si es necesario volver a especificar el mismo.

10.5.1 Normalidad de las innovaciones

Como ya fue explicado anteriormente, al implementar la matriz de variables exógenas al modelo VAR y aplicar los test de Jarque-Bera, asimetría y curtosis **los resultados arrojan que el modelo si cumple con el supuesto de que los residuos deben seguir una distribución normal**. Este supuesto es importante para el análisis posterior puesto que muchos de los test estadísticos utilizados para realizar pruebas de hipótesis asumen una distribución normal de los residuos.

10.5.2 Autocorrelación serial

Para evaluar la autocorrelación serial se utilizará como referencia el test de Edgerton-Shukur (ES) el cual es una ampliación del test de Breusch-Godfrey para muestras más pequeñas y en contextos multivariados, lo que lo hace más apropiado para evaluar modelos VAR. “La autocorrelación es un caso particular del modelo de regresión generalizado que se produce cuando las perturbaciones del modelo presentan correlaciones entre ellas. La autocorrelación supone que la matriz de varianzas y covarianzas de las perturbaciones presentan valores

distintos de cero en los elementos que están fuera de la diagonal principal” (Gujarati, 2004 Griffiths y Judge, 1993)

En otras palabras, la correlación serial se refiere a la dependencia temporal entre los residuos, lo cual puede conducir a diversos problemas en el análisis posterior. Si los residuos del modelo VARX presentan autocorrelación significa que no se están capturando adecuadamente las dinámicas temporales de las variables ya sea por una incorrecta especificación del modelo, o por cualquier distorsión en los datos. Lo anterior puede generar perturbaciones en las estimaciones del modelo y afectar los análisis posteriores como las funciones de impulso – respuesta. El test ES emplea una prueba F donde la hipótesis nula establece que no existe autocorrelación en los residuos. Al aplicar este test al modelo VARX, el p-value resultante fue 0.011, lo que indica que **no hay presencia de autocorrelación en los residuos del modelo con un nivel de significancia del 10%**. Sin embargo, este supuesto no se cumple al considerar un nivel de confianza del 5%.

10.5.3 Homocedasticidad de los residuos

El supuesto de homocedasticidad implica que los residuos del modelo deben mantener una varianza constante a lo largo del tiempo. La presencia de heterocedasticidad en los residuos puede conducir a estimaciones inexactas de los errores estándar de los coeficientes, intervalos de confianza incorrectos o interpretaciones erróneas de las funciones de impulso- respuesta. Para evaluar la homocedasticidad en los residuos del modelo VARX, se aplicará la prueba ARCH (Autoregressive Conditional Heteroskedasticity) de Engle. Esta prueba verifica si la varianza de los residuos es constante en el tiempo o si muestra heterocedasticidad condicional, es decir, cambios dependientes de valores pasados. La prueba consiste en realizar una regresión del cuadrado de los residuos frente a sus propios valores rezagados. La hipótesis nula establece que los residuos son homocedásticos, es decir, tienen varianza constante. Si se rechaza esta hipótesis, se concluye que existe heterocedasticidad condicional, lo que sugiere que la volatilidad de los errores varía con el tiempo.

Al aplicar la prueba ARCH con distintos rezagos, todos los p-value fueron mayores al 1% , 5% y 10% de significancia, lo que indica que **los residuos son homocedásticos**.

| | 1 rezago | 6 rezagos | 10 rezagos | 12 rezagos |
|--------------|----------|-----------|------------|------------|
| Chi-cuadrado | 3110.8 | 17600 | 17380 | 17270 |
| P-value | 0.1354 | 0.998 | 1 | 1 |

*Tabla 6. Resultados test de ARCH para homocedasticidad de los residuos
Fuente: Elaboración propia*

10.5.4 Estabilidad

Para que un modelo VAR sea estable en el tiempo, es esencial que no presente comportamientos estocásticos que puedan afectar permanentemente la calidad de las estimaciones. Esto se garantiza si todas las raíces del polinomio característico se encuentran dentro del círculo unitario, es decir, si todas las raíces tienen un módulo menor que uno. Al calcular las raíces mediante la función roots en RStudio, se determinó que todas son menores a uno, lo que proporciona evidencia suficiente para **concluir que el modelo es estable**.

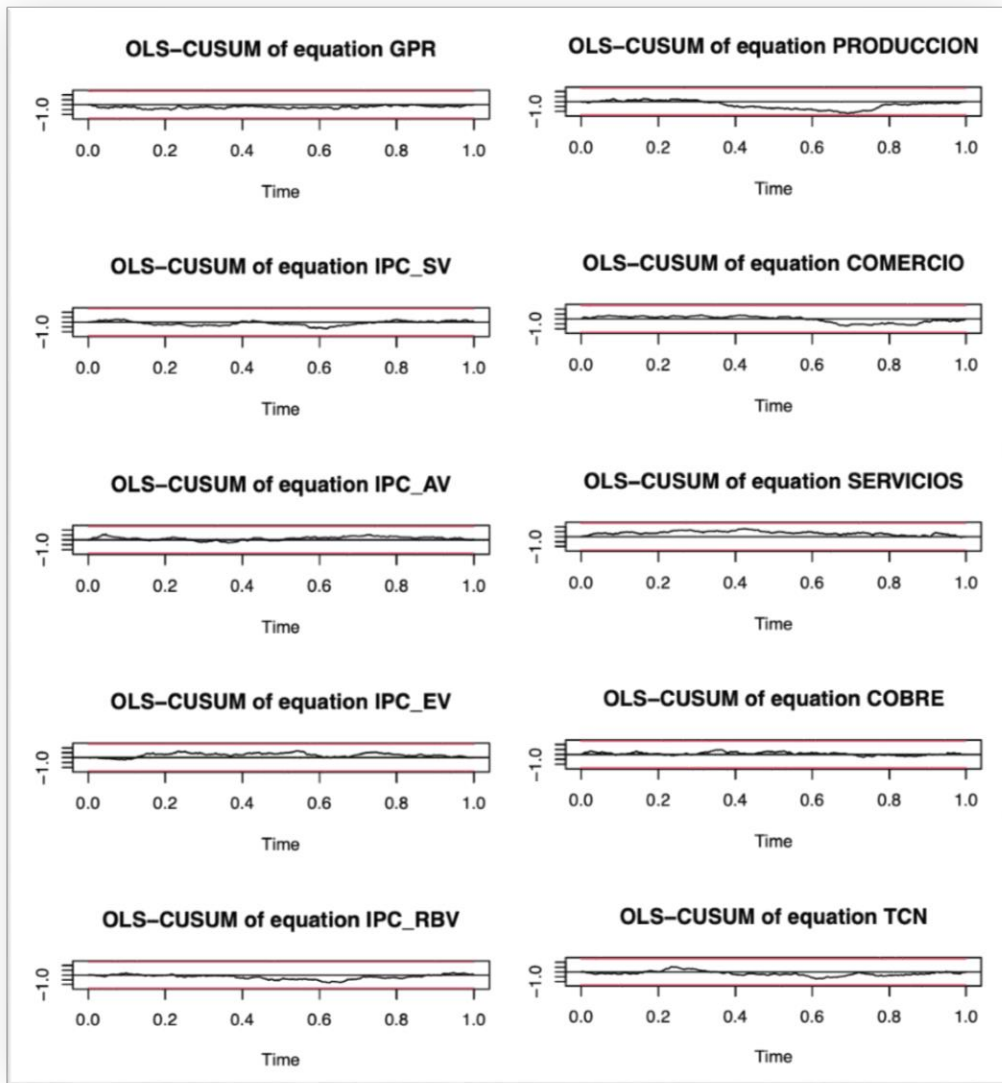


Figura 18. Estabilidad estructural del modelo VAR, raíces dentro del círculo unitario
Fuente: Elaboración propia

10.6 Causalidad de Granger

Es importante recordar que la causalidad de Granger no implica una relación causal en el sentido tradicional, sino que indica una relación predictiva entre las variables. Es decir, si GPR causa a lo Granger a otra variable, significa que los valores pasados de GPR contienen información útil para predecir el comportamiento futuro de esa variable. En el análisis realizado, al aplicar 10 rezagos, el test F de Granger arrojó un valor estadístico de 1.1739 con un p-value de 0.03. Esto permite **rechazar la hipótesis nula de que GPR no causa a lo Granger al resto de las variables del sistema**, con un nivel de significancia del 5%. Este

resultado sugiere que, históricamente, las variaciones en el índice de riesgo geopolítico (GPR) han tenido un papel significativo en la dinámica de las otras variables del modelo, proporcionando un insumo valioso para su predicción.

10.7 Descomposición de varianza

Con el propósito de profundizar en el análisis del impacto del riesgo geopolítico, medido a través del índice GPR, en la inflación y la actividad económica de Chile, se llevará a cabo un análisis de descomposición de varianza. Este enfoque permitirá determinar en qué medida el GPR influye, de manera general, en la inflación y la actividad económica, en comparación con otras medidas de riesgo y volatilidad globales ampliamente utilizadas en la investigación económica y financiera. Concretamente, se cuantificará en que grado un choque en la varianza de la variable GPR puede impactar la varianza de las variables IPC general, IMACEC general y Tipo de Cambio Nominal, en comparación al choque de otras variables comparables al GPR, las cuales serán el índice de incertidumbre de política económica global (GEPU), el índice de volatilidad (VIX), el MOVE y el índice de bonos de mercados emergentes global (EMBI).

Para llevar a cabo lo anterior se procederá a construir otros 3 modelos VARX auxiliares. Los 3 modelos contendrán las 5 variables a comparar: GPR, GEPU, VIX, MOVE y EMBI, además de la respectiva variable de impacto (IPC, IMACEC y TCN), resultando en 3 modelos con la siguiente estructura:

| | Variable 1 | Variable 2 | Variable 3 | Variable 4 | Variable 5 | Variable 6 |
|----------|------------|------------|------------|------------|------------|----------------|
| Modelo 1 | GPR | GEPU | VIX | MOVE | EMBI | IPC general |
| Modelo 2 | GPR | GEPU | VIX | MOVE | EMBI | IMACEC general |
| Modelo 3 | GPR | GEPU | VIX | MOVE | EMBI | TCN |

Tabla 7. Modelos VARX auxiliares para la descomposición de varianza

Fuente: Elaboración propia

Para el tratamiento de los valores atípicos se aplicará la misma lógica del modelo VARX original, solo que en este caso la matriz de variables exógenas estará únicamente compuesta por la matriz de variables dummy.

Los resultados del análisis de descomposición de varianza se muestran en los siguientes gráficos.

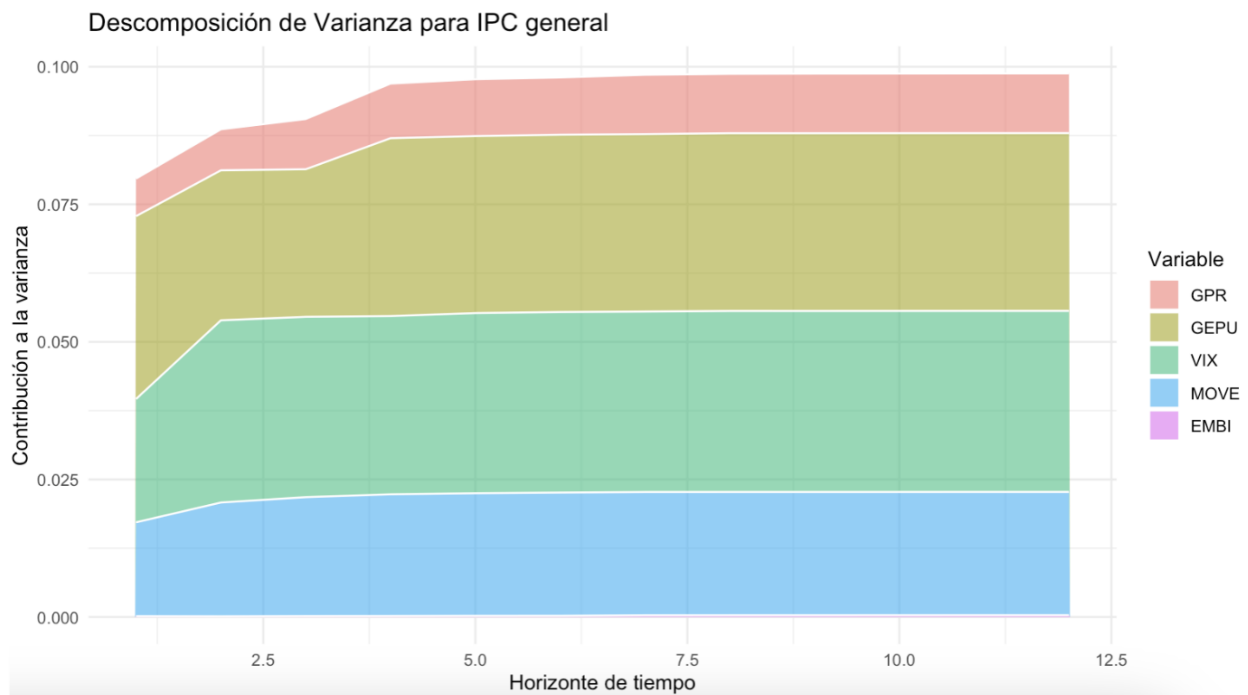


Figura 19. Descomposición de varianza para la variable IPC general

Fuente: Elaboración propia

La figura 19 muestra la descomposición de varianza de los cinco indicadores comparados para la variable IPC general, proyectados en un horizonte temporal de 12 periodos. Visualmente, se observa que la varianza del GPR tiene un menor impacto en la variabilidad del IPC general en comparación con el GEPU, VIX y MOVE, pero un mayor impacto que el EMBI. Los valores rezagados del IPC general explican, en promedio, el 90% de su propia variabilidad a lo largo de los 12 periodos. Esto indica que, como era de esperarse, las fluctuaciones en el IPC general son principalmente explicadas por sus propios valores pasados. La siguiente tabla detalla los pesos promedio en porcentaje de cada variable en la explicación de la varianza del IPC general.

| Variable | Peso promedio (12 periodos) |
|---------------|-----------------------------|
| IPC (rezagos) | 90 % |
| GPR | 1 % |
| GEPU | 3.1 % |
| VIX | 3.2 % |
| MOVE | 2.2 % |
| EMBI | 0.026 % |

Tabla 8. Pesos promedio, descomposición de varianza para IPC general
Fuente: Elaboración propia

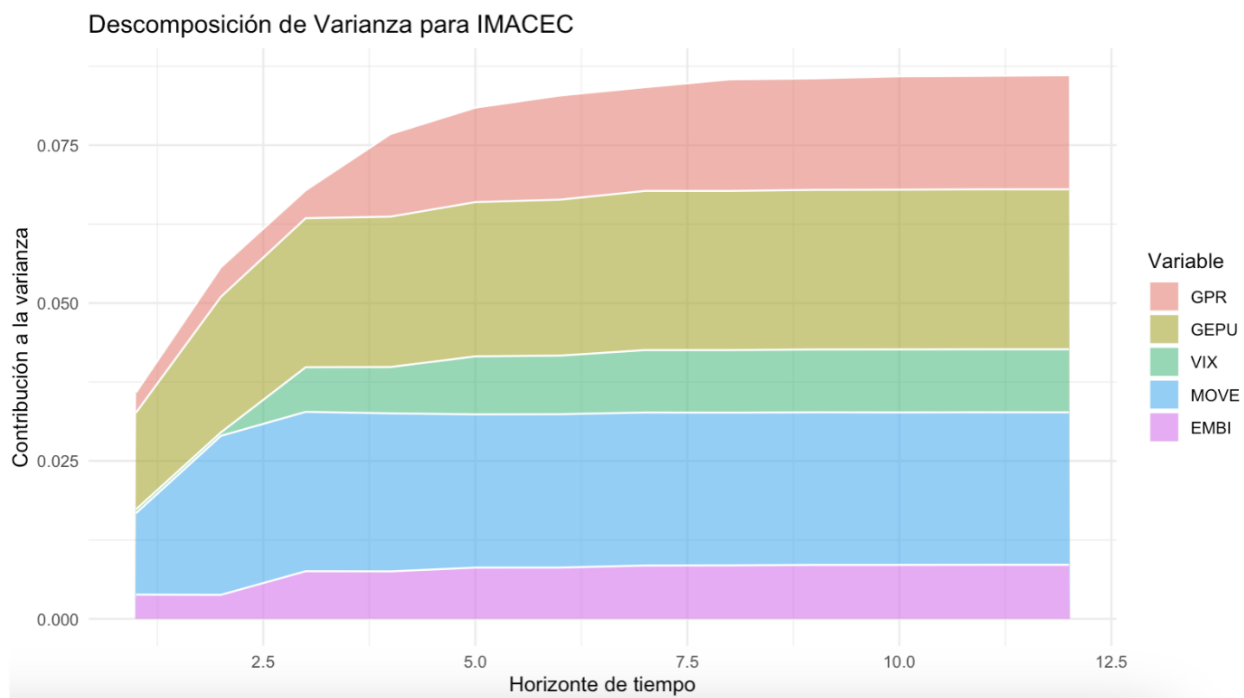


Figura 20. Descomposición de varianza para la variable IMACEC general
Fuente: Elaboración propia

La figura 20 muestra la descomposición de varianza de los 5 indicadores comparados para la variable IMACEC general, proyectados en un horizonte temporal de 12 periodos. Visualmente, ahora se observa que la variable GPR explica una mayor parte de la varianza del IMACEC en comparación al caso anterior, encontrándose por encima del EMBI y el VIX, pero por debajo del GEPU y el MOVE. Los valores rezagados del IMACEC general explican cerca del 92 % de su propia variabilidad en el horizonte de 12 periodos, siguiendo la misma lógica que el IPC general. La tabla con los pesos promedio en porcentaje de cada variable en la explicación de la varianza del IMACEC general es la siguiente.

| Variable | Peso promedio (12 periodos) |
|------------------|-----------------------------|
| IMACEC (rezagos) | 92 % |
| GPR | 1.4 % |
| GEPU | 2.4 % |
| VIX | 0.8 % |
| MOVE | 2.3 % |
| EMBI | 0.75 % |

*Tabla 9. Pesos promedio, descomposición de varianza para IMACEC general
Fuente: Elaboración propia*

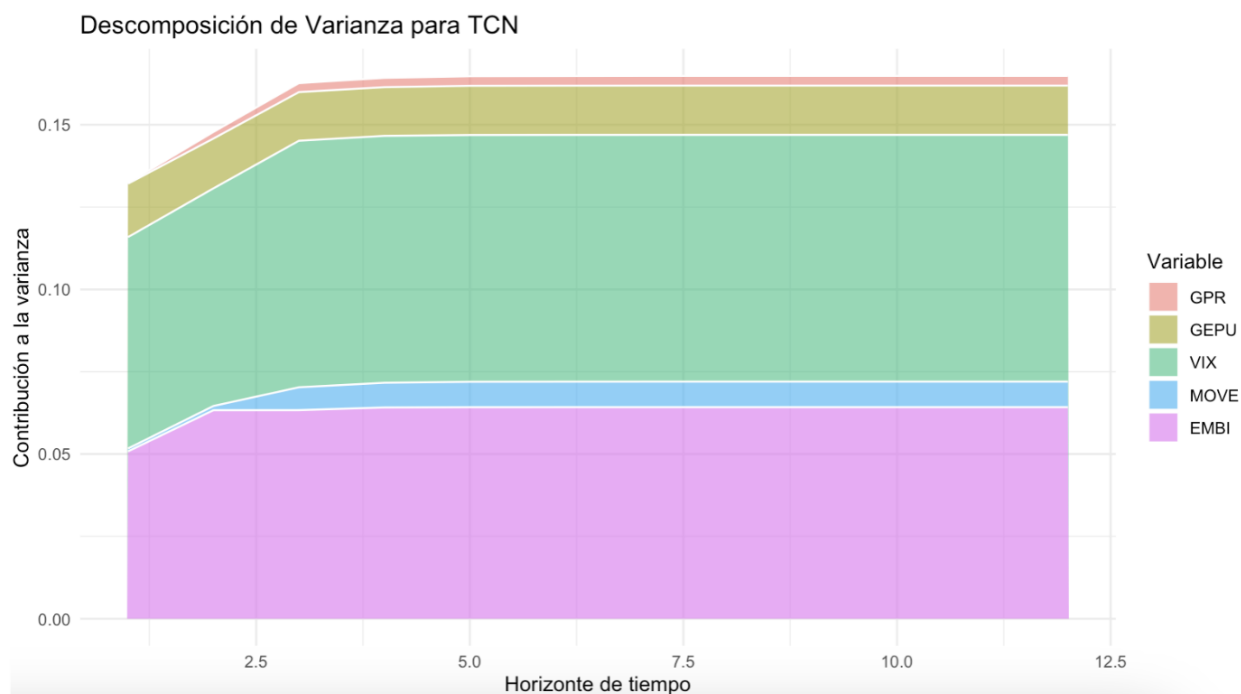


Figura 21. Descomposición de varianza para la variable TCN
Fuente: Elaboración propia

La figura 21 muestra la descomposición de varianza de los 5 indicadores comparados para la variable Tipo de Cambio Nominal, proyectados en un horizonte temporal de 12 periodos. A diferencia de los dos casos anteriores, visualmente la variable GPR presenta la menor contribución a la variabilidad del TCN seguido de cerca por la variable MOVE. Las variables VIX y EMBI tienen los mayores pesos promedio. Los valores rezagados del TCN explican cerca del 84 % de su propia variabilidad en el horizonte de 12 periodos, siguiendo el mismo patrón que en los casos anteriores, aunque en menor medida. La tabla con los pesos promedio en porcentaje de cada variable en la explicación de la varianza del TCN es la siguiente.

| Variable | Peso promedio (12 periodos) |
|---------------|-----------------------------|
| TCN (rezagos) | 84 % |
| GPR | 0.26 % |
| GEPU | 1.5 % |
| VIX | 7.3 % |
| MOVE | 0.65 % |
| EMBI | 6.3 % |

*Tabla 10. Pesos promedio, descomposición de varianza para TCN
Fuente: Elaboración propia*

La descomposición de varianza realizada para las variables IPC general, IMACEC general y Tipo de Cambio Nominal (TCN) revela patrones consistentes en la dinámica de cada una frente a los indicadores de riesgo considerados. En todos los casos, los valores rezagados de las propias variables son los principales contribuyentes a su variabilidad, lo que subraya la fuerte dependencia temporal de estas series. Sin embargo, el impacto relativo del GPR y de los demás indicadores varía según la variable analizada.

Para el IPC general, el GPR tiene un impacto más limitado en comparación con otros indicadores como GEPU, VIX y MOVE, sugiriendo que las expectativas globales y la volatilidad financiera tienen un mayor rol en la inflación. En el caso del IMACEC, el GPR cobra mayor relevancia, superando a otros indicadores como EMBI y VIX, lo que podría indicar que las tensiones geopolíticas afectan más directamente la actividad económica del país. Por otro lado, en el TCN, el impacto del GPR es mínimo, con VIX y EMBI como los principales determinantes externos, reflejando la sensibilidad del tipo de cambio a la volatilidad financiera y el riesgo de crédito de países emergentes.

10.8 Funciones de impulso - respuesta

Las siguientes figuras muestran el resultado de las funciones de impulso – respuesta para las variables del modelo. Se aplica un shock de una desviación estándar en la variable GPR (impulso) para ver cómo reaccionan las demás variables endógenas (respuestas), utilizando intervalos de confianza generados a partir de un proceso de Bootstrap²⁰, con 1000 ejecuciones al 68% y al 90%

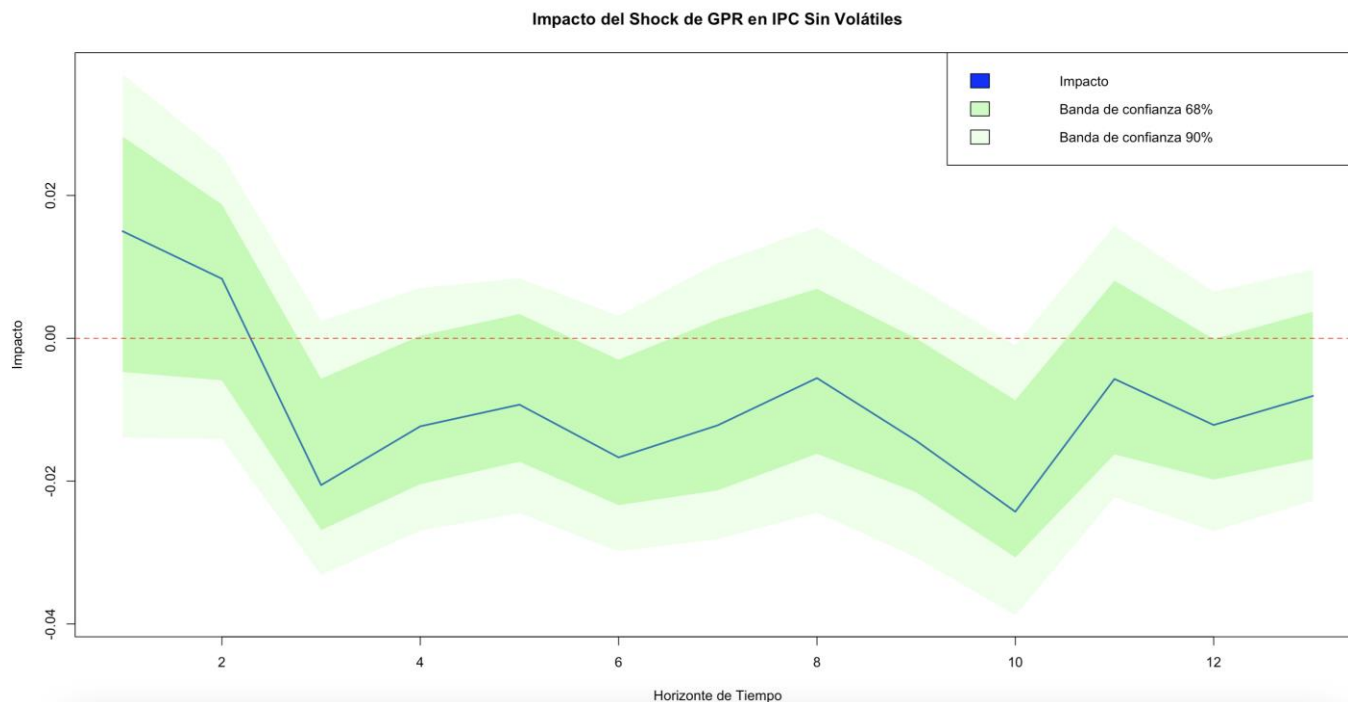


Figura 22. Función de impulso – respuesta para IPC Sin Volátiles

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la figura 22, la función de impulso-respuesta para el IPC Sin Volátiles exhibe un comportamiento relativamente estable a lo largo del horizonte de 12 periodos. Inicialmente, el impacto parece comenzar con una leve tendencia al alza, aunque este no resulta estadísticamente significativo, dado que los intervalos de confianza al 68% y al 90% se ubican a ambos lados de la línea de referencia (línea roja segmentada). Luego, en el periodo 3, la variable presenta una caída significativa al 68% de confianza, pero no al 90%. Finalmente, en el periodo 10 se presenta una caída que es significativa a ambos niveles de confianza, aunque de forma muy ajustada. En general, la variable IPC Sin Volátiles reacciona

²⁰ Corresponde a una técnica estadística que consiste en simular múltiples muestras a partir de una muestra original (en este caso de los residuales del modelo) para reestimar el VARX y las funciones de impulso y respuesta un número determinado de veces, construyendo así intervalos de confianza a partir de las múltiples funciones de impulso – respuestas estimadas.

de forma limitada a un shock de la variable GPR manteniendo un comportamiento estable, aunque con una ligera tendencia a la baja, durante todo el horizonte temporal.

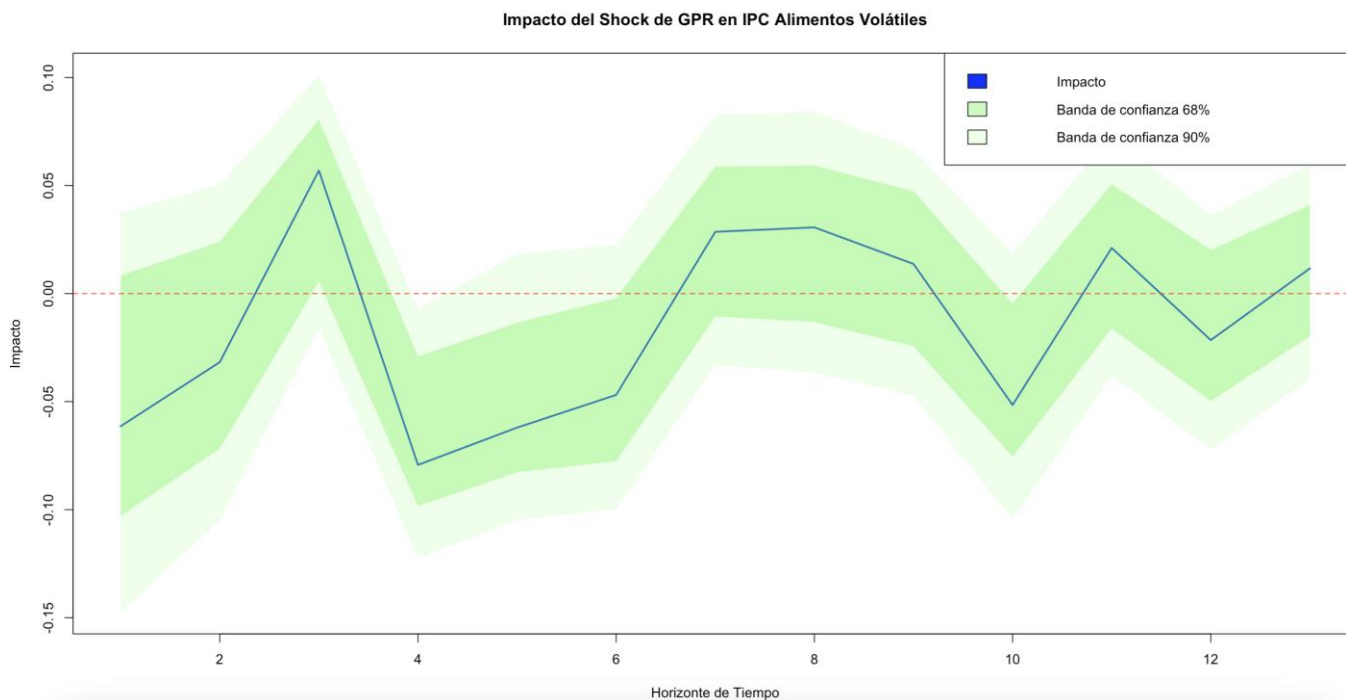


Figura 23. Función de impulso – respuesta para IPC Alimentos Volátiles

Fuente: Elaboración propia

Según la figura 23, la función de impulso – respuesta para la variable IPC Alimentos Volátiles presenta los siguientes resultados. En primer lugar, se puede observar un alza en la variación mensual de los alimentos volátiles en el tercer periodo de 0.057% (con un rango entre 0.01% y 0.08% al 68% de confianza) significativo al 68% de confianza, seguido de una caída en el cuarto periodo de 0.08% (con un rango entre -0.095% y -0.03% al 68% de confianza). **Esto sugiere que un shock en el índice de riesgo geopolítico podría generar una presión moderada al alza en los precios de los alimentos volátiles alrededor del tercer periodo, posiblemente como resultado de interrupciones en las cadenas de suministro, cambios en la demanda o variaciones en las expectativas sobre los precios futuros de estos productos.** Este efecto debiera ser especialmente relevante para alimentos exportados por países en conflicto, como en el caso del trigo y los cereales debido al conflicto entre Rusia y Ucrania. Por otro lado, el hecho de que el efecto se presente en el tercer periodo después de ocurrido el shock, evidencia que hay cierto retraso en la transmisión del impacto a la inflación de los alimentos volátiles.

Por último, el efecto a la baja del cuarto periodo posiblemente corresponda a un efecto de corrección o ajuste después del comportamiento alcista del tercer periodo. Al ser bienes tan

volátiles, estos son especialmente sensibles a cambios en las expectativas y por ello pueden corregirse rápidamente una vez que se disipa la incertidumbre o se acaba la urgencia en el abastecimiento.

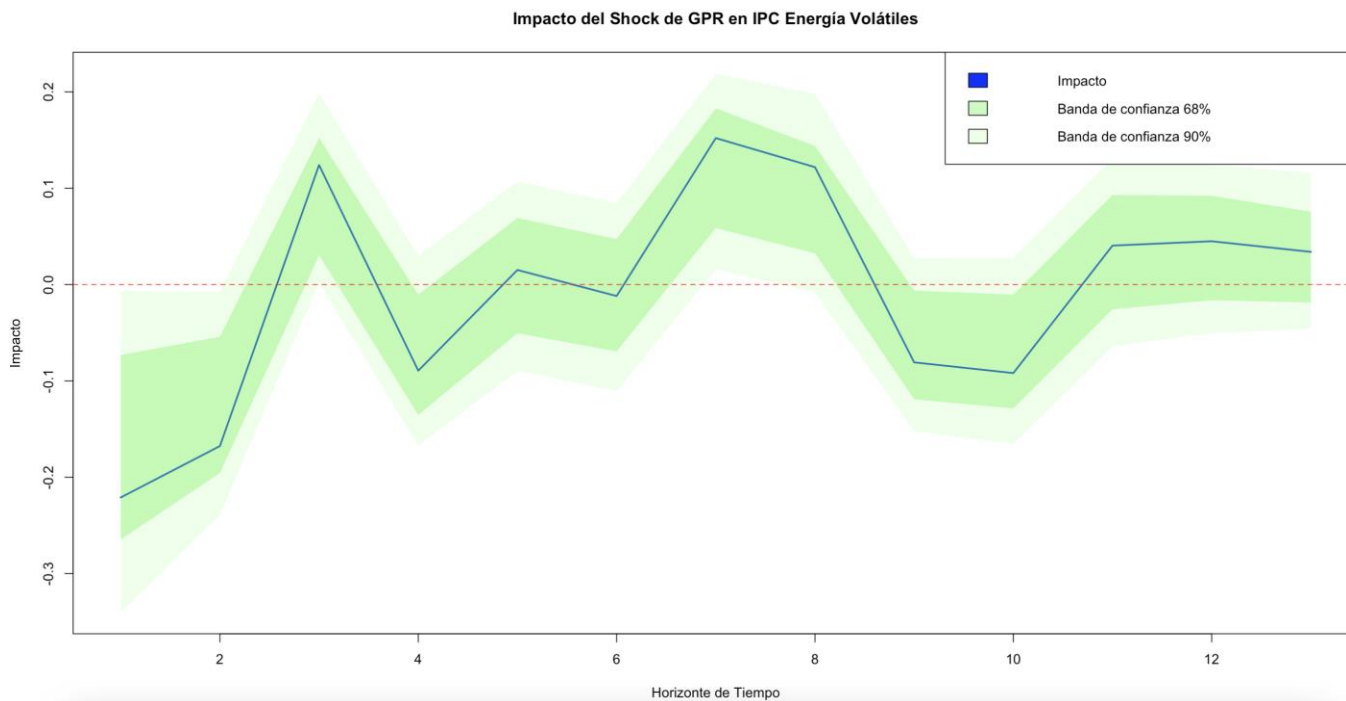


Figura 24. Función de impulso – respuesta para IPC Energía Volátiles
Fuente: Elaboración propia

De manera similar al comportamiento observado en los alimentos volátiles, la variable IPC Energía Volátiles inicialmente presenta una caída, seguida de un aumento de la variación mensual en el tercer periodo de 0.12% (con un rango entre 0.04% y 0.16 % al 68% de confianza) visible en ambos niveles de confianza. Siguiendo la misma lógica que los alimentos, esta alza puede indicar que **una escalada del riesgo geopolítico puede generar un impacto moderado al alza en el precio de las energías volátiles del país, producto nuevamente de los conflictos geopolíticos más importantes a nivel global**. Ejemplos de esto son los conflictos en el medio oriente entre Israel y sus vecinos, y la guerra entre Rusia y Ucrania, los cuales tienen la capacidad de generar una presión al alza en varios combustibles importantes para la generación de energía como el petróleo, el diésel, el gas natural, etc. (como lo respalda el trabajo publicado en 2022 por Caldara y Lacoviello con el caso del petróleo). Al subir el precio de los combustibles fósiles pueden elevarse los costos para los productores de la matriz energética de Chile y esto, en última instancia, puede transmitirse a los consumidores en forma de mayores tarifas eléctricas, mayores precios de la bencina o incrementos en otras cuentas básicas como el agua. En el periodo 7 se presenta otra alza de 0.15% (con un rango entre

0.06% y 0.18% al 68% de confianza) en la variación mensual del IPC Energía Volátiles, lo que puede indicar que el efecto puede arrastrarse en el tiempo de forma más prolongada.



Figura 25. Función de impulso – respuesta para IPC Resto de Bienes Volátiles
Fuente: Elaboración propia

La variable IPC Resto de Bienes Volátiles muestra un incremento en su variación mensual en el segundo periodo de 0.065% (con un rango entre 0.017% y 0.088% al 68% de confianza), significativo solo al 68% de confianza. Esto es seguido por una disminución en el tercer periodo de 0.097% (con un rango entre -0.11% y -0.047% al 68% de confianza), significativa a ambos niveles de confianza. Además, se observa otro incremento en el sexto periodo de 0.06% (con un rango entre 0.015% y 0.08% al 68% de confianza). Este patrón de respuesta sigue una lógica similar a la observada en los componentes volátiles de alimentos y energía, aunque el efecto se manifiesta un periodo antes, con un crecimiento en el segundo periodo y una corrección en el tercero. **Esto podría indicar que un shock en el riesgo geopolítico tiende a presionar al alza la variación mensual del IPC Resto de Bienes Volátiles (que incluye componentes volátiles distintos a los alimentos y la energía) de forma más rápida que en los otros componentes volátiles, ya que el impacto se produce en el segundo periodo en lugar del tercero.**

Muchos de los bienes contenidos en este subcomponente del IPC dependen en gran medida de bienes importados (como vestuario, calzado, repuestos para automóviles, equipos de telefonía móvil, dispositivos tecnológicos, etc.) y un shock en el riesgo geopolítico puede

aumentar en el corto plazo los costos de importación debido a varios factores como incrementos en los costos de transporte marítimo e incertidumbre en el mercado de divisas. Sergio Lehmann, economista jefe de banco BCI señala que “las acciones terroristas de los Houthi incrementaría transitoriamente el costo del flete marítimo debido a las dificultades e incertidumbre que existen hoy en día para transitar por el mar rojo y el canal de Suez, lo cual podría tener un traspaso acotado a los precios de los bienes importados”²¹. Por otro lado, la disminución observada en el tercer periodo puede responder nuevamente a un efecto de corrección o ajuste.

En términos generales, el análisis de las funciones de impulso – respuesta para los componentes del IPC volátil apuntan a que **un shock del riesgo geopolítico podría impulsar la inflación en sus componentes más volátiles en el corto plazo y de manera transitoria**, lo cual podría responder algunos efectos negativos provocados por la escalada de conflictos geopolíticos ampliamente documentados. Algunos de estos efectos corresponden al incremento en la demanda de algunos bienes importados dada la necesidad de las empresas por adelantar mercancía en virtud de la incertidumbre y disrupciones que genera este tipo de conflictos en las cadenas de suministro globales, lo cual puede presionar al alza la inflación (visión que está respaldada por el economista de CLAPES UC Hermann Gonzáles), el aumento de los costos del transporte marítimo producto de las continuas tensiones en el medio oriente y el canal de Suez²², los choques en el mercado de valores y de divisas, entre otras cosas.

²¹ Artículo extraído de diario La Tercera (Villena, 2024)

²² Artículo del World Economic Forum que explica el fenómeno con mayor detalle: <https://es.weforum.org/stories/2024/02/ataques-en-el-mar-rojo-que-dicen-los-expertos-en-comercio-sobre-la-disrupcion-del-transporte-maritimo/>

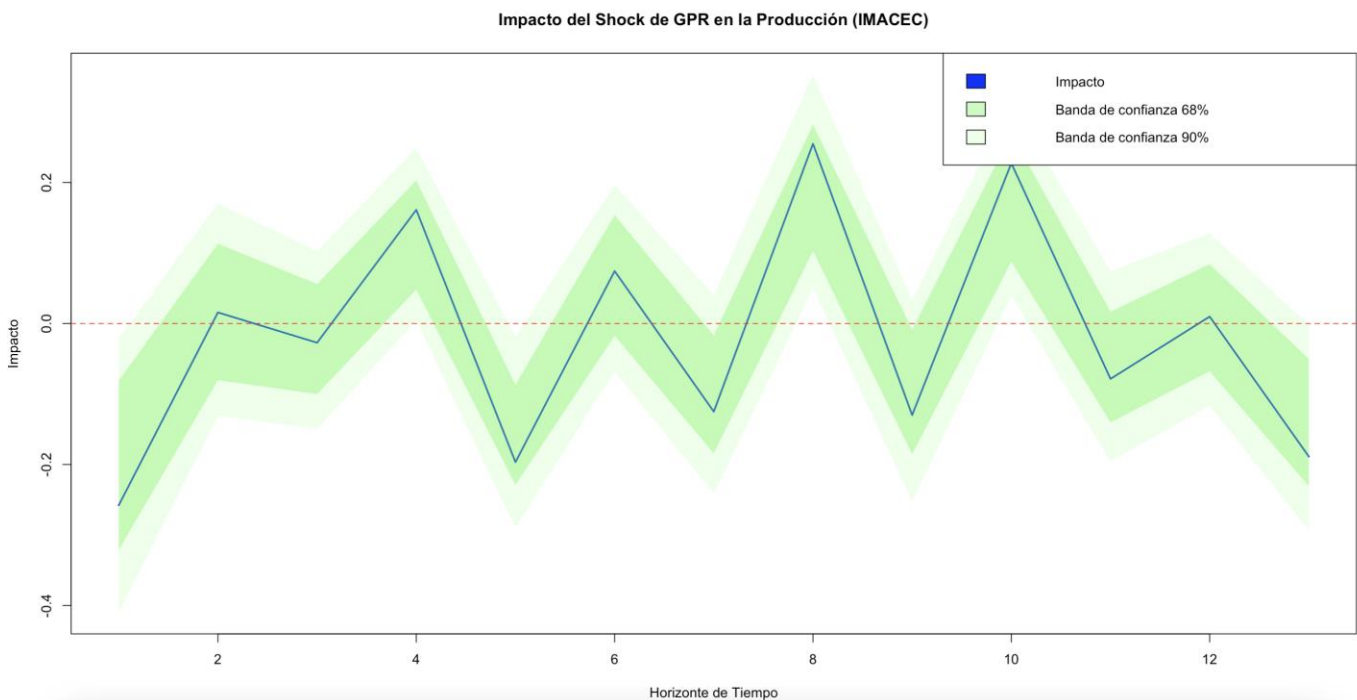


Figura 26. Función de impulso – respuesta para Producción (IMACEC)

Fuente: Elaboración propia

El impacto de una desviación estándar de la variable GPR sobre el componente Producción del IMACEC presenta una gran variabilidad a lo largo del horizonte temporal. En primer lugar se puede observar una disminución en el primer periodo de 0.26% (con un rango entre -0.32% y 0.09% al 68% de confianza) significativo a ambos niveles de confianza. Este comportamiento es seguido por un incremento progresivo hasta el cuarto periodo, en donde la variable experimenta un incremento del 0.16% (con un rango entre 0.045% y 0.2% al 68% de confianza) para posteriormente volver a presentar una caída en el quinto periodo de 0.20% (con un rango entre -0.23% y -0.08% al 68% de confianza) significativos a ambos niveles de confianza. Además, la variable de respuesta también experimenta otros dos crecimientos significativos a ambos niveles de confianza en los periodos 8 y 10.

La serie no muestra una reacción clara al shock de riesgo geopolítico, debido a que pueden estar involucrados muchos factores. La variable Producción de bienes (IMACEC) está compuesta por las variables minería (que corresponde al valor agregado de las actividades minería del cobre y otras actividades mineras), industria manufacturera y resto de bienes (la cual considera las actividades agropecuario-silvícola, pesca, EGA y gestión de desechos, y construcción). Estos subcomponentes de la producción de bienes pueden responder de forma diversa ante un shock de riesgo geopolítico, especialmente según la naturaleza específica de dicho shock. Por ejemplo, las tensiones geopolíticas pueden incrementar el precio del cobre, dado que las materias primas suelen funcionar como activos refugio en tiempos de incertidumbre (como lo destacan Caldara y Lacoviello en su trabajo de 2022) o por aumentos

en la demanda del material, lo cual podría impulsar la producción minera. Sin embargo, si China, principal importador del cobre chileno, estuviera involucrado directamente en tales tensiones, este efecto podría revertirse y ejercer una presión a la baja sobre el precio del metal debido a la mayor incertidumbre económica en el mercado chino y por consiguiente provocar una caída en la producción minera. Un shock de riesgo geopolítico podría, además, afectar negativamente a la industria manufacturera debido a disrupciones en las cadenas de suministro y mayores costos de importación, que impactarían la adquisición de insumos y maquinaria necesarios para la producción. Sumado a esto, la incertidumbre global podría reducir la demanda externa de productos manufacturados localmente, afectando aún más a este sector. De manera similar, el resto de los bienes volátiles también podría experimentar efectos adversos. De esta forma, no es posible anticipar con certeza cómo respondería la Producción de bienes ante un shock geopolítico global sin realizar un análisis más detallado de cada uno de sus componentes de manera individual.

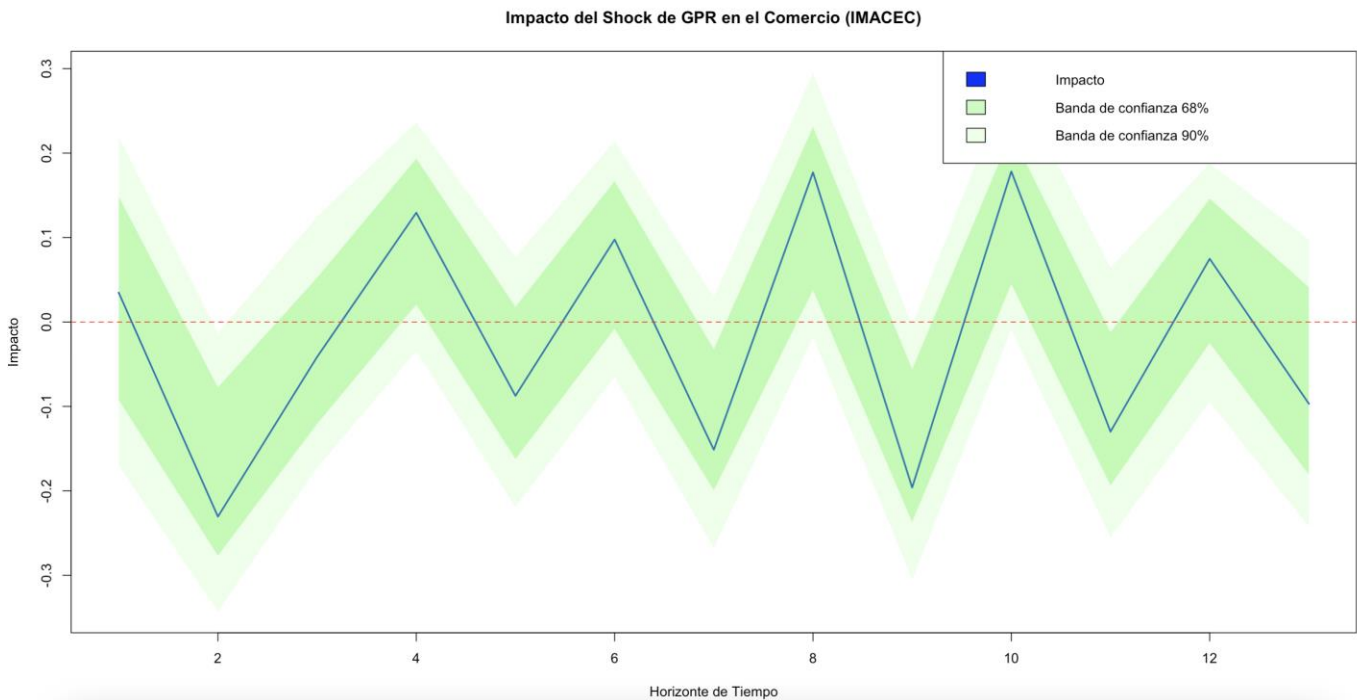


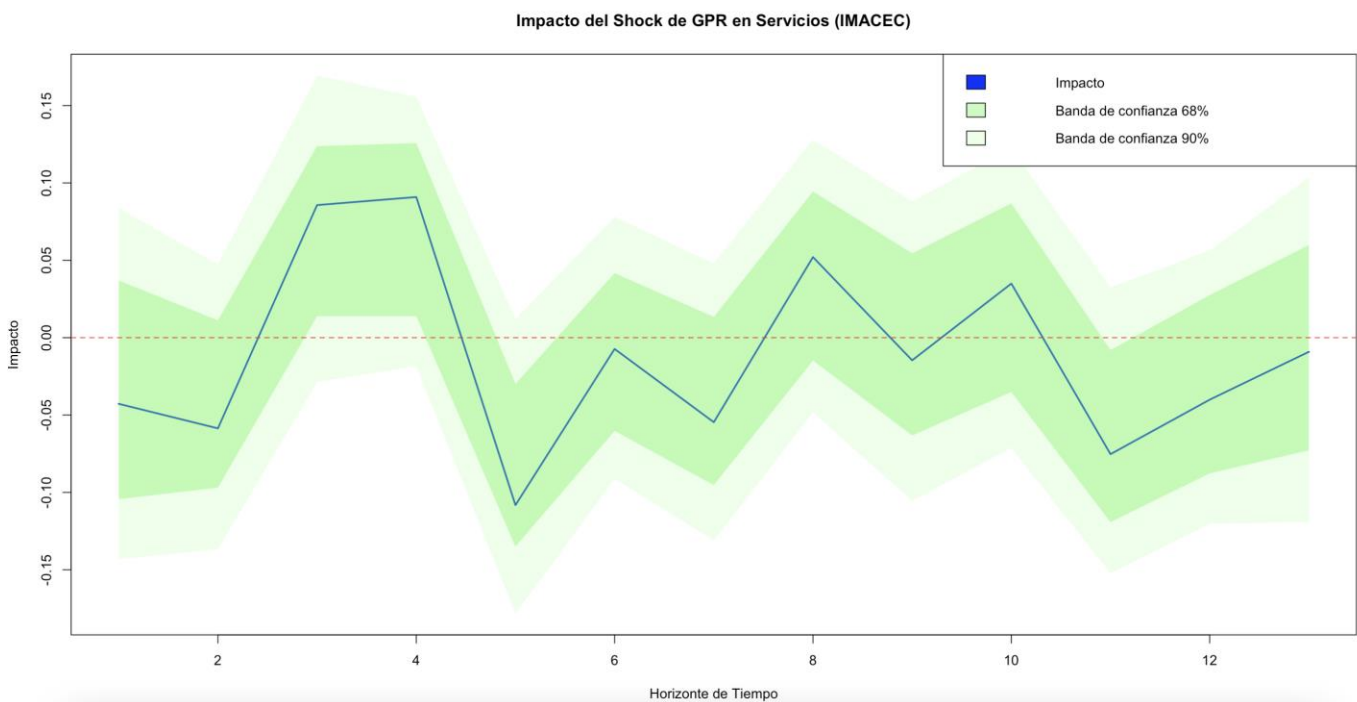
Figura 27. Función de impulso – respuesta para Comercio (IMACEC)

Fuente: Elaboración propia

Un shock de una desviación estándar en la variable GPR provoca una disminución de 0.23% (con un rango entre -0.28% y -0.08 al 68% de confianza) en la variable Comercio (IMACEC) en el segundo periodo y significativa a ambos niveles de confianza, para posteriormente recuperarse con un incremento hasta el cuarto periodo de 0.13% (con un rango entre 0.009% y 0.18% al 68% de confianza) significativo al 68% de confianza. En los periodos posteriores mantiene cierto patrón de estabilidad puesto que no presenta variaciones realmente significativas.

El trabajo de Caldara y Lacoviello en 2022 también concluye un shock de riesgo geopolítico, como la guerra de Rusia y Ucrania, puede reducir la confianza de los consumidores, ya que los individuos y las empresas pueden sentirse más cautelosos en sus decisiones de consumo e inversión en un contexto de alta volatilidad global. Sin embargo, dado que Chile es un país alejado de los principales conflictos geopolíticos no sería adecuado asumir que la caída presentada en el segundo periodo se deba exclusivamente a una restricción del consumo de los chilenos producto de la escalada geopolítica. Sin embargo, hay otros factores indirectos que pueden explicar esta caída, como por ejemplo el impacto negativo en las importaciones producto nuevamente de las interrupciones en las cadenas de suministro, alza del transporte marítimo, entre otros, lo cual puede afectar principalmente al comercio mayorista que depende en gran medida de productos importados. Lo anterior, sumado al posible impacto en algunos socios comerciales, pueden provocar una leve caída en el comercio local.

La recuperación en el cuarto periodo puede deberse nuevamente a un efecto de corrección o ajuste en las expectativas económicas, una estabilización en los precios de productos importados o una mejor gestión de las cadenas de suministro.



*Figura 28. Función de impulso – respuesta para Servicios (IMACEC)
Fuente: Elaboración propia*

La función impulso – respuesta para la variable Servicios (IMACEC) no muestra variaciones importantes, si no que más bien mantiene cierto comportamiento estable. En el

tercer y cuarto periodo la variable tiene un incremento del 0.09% (con un rango entre 0.01% y 0.13% al 68% de confianza) significativo al 68% de confianza, seguido de una caída en el quinto periodo de 0.11% (con un rango entre -0.14 y -0.03% al 68% de confianza) también significativo solo al 68% de confianza.

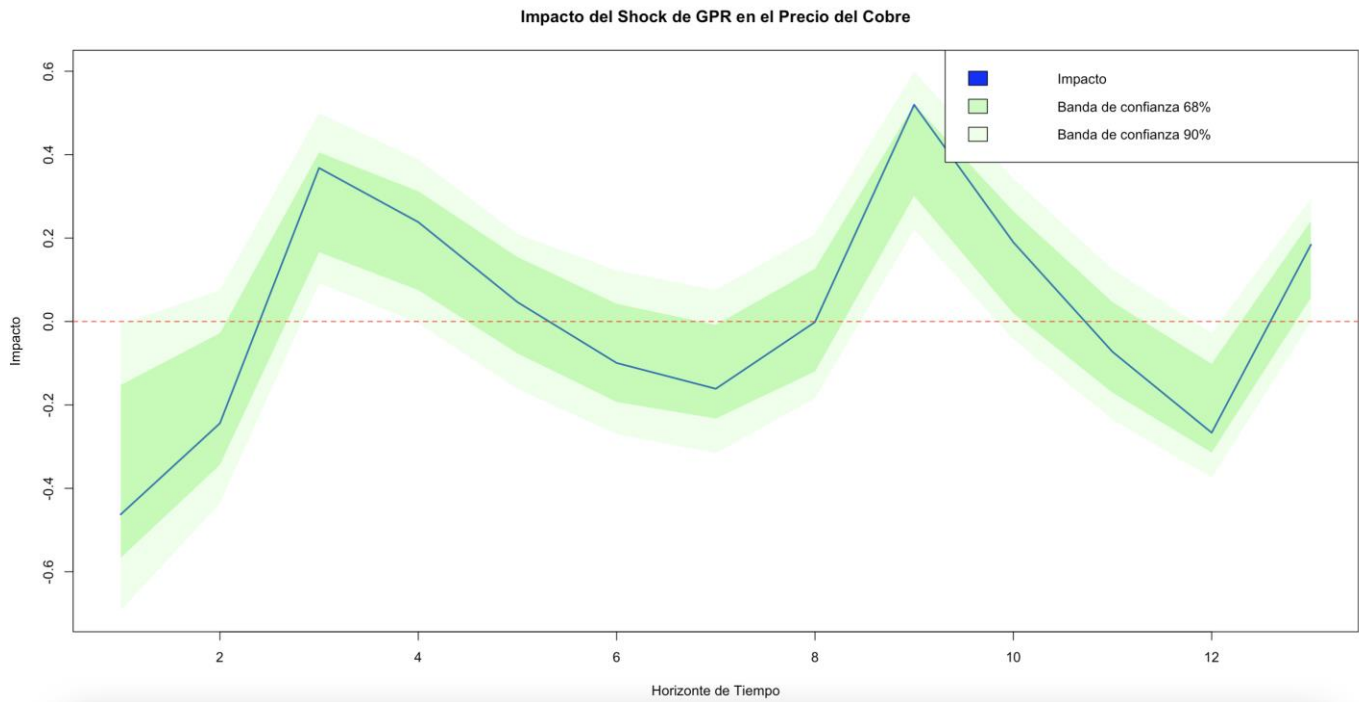


Figura 29. Función de impulso – respuesta para el Precio del Cobre
Fuente: Elaboración propia

La función de impulso-respuesta para la variable Precio del Cobre muestra un patrón en forma de “M” a lo largo del horizonte temporal analizado. Inicialmente, la variable presenta una caída de 0.46% (con un rango entre -0.57% y -0.15% al 68% de confianza). Esta caída es seguida por un incremento progresivo que alcanza su punto máximo en el tercer periodo con un aumento de 0.37% (con un rango entre 0.17% y 0.41% al 68% de confianza). A continuación, el precio del cobre muestra una tendencia decreciente que se extiende hasta el séptimo periodo, tras lo cual vuelve a experimentar un crecimiento de 0.52% (con un rango entre 0.3% y 0.53% al 68% de confianza). Finalmente, en el duodécimo periodo, la variable registra otra disminución de 0.27% (con un rango entre -0.3% y -0.09% al 68% de confianza). Todas las variaciones son significativas a ambos niveles de confianza.

Los aumentos en el precio del cobre pueden responder a diversos factores asociados principalmente a la oferta y la demanda del metal en los mercados internacionales. Es bien sabido que materias primas como el cobre y otros metales son esenciales para la transición energética (electromovilidad, cambios en las fuentes de generación, entre otras cosas), por lo cual se espera que su precio siga una tendencia alcista en el largo plazo de forma estructural.

Sin embargo, acontecimientos geopolíticos también podrían estar detrás de algunos movimientos en el precio del cobre. Según el Informe de Política Monetaria de junio del 2024 publicado por el Banco Central de Chile, la evolución alcista que experimentó en ese periodo el precio del cobre podría estar siendo explicada por restricciones de oferta y principalmente por el alza generalizada del precio de los metales y otros activos riesgosos. Según el informe citado de Zelpo et al. (2024), el Banco Central de Chile señala que el aumento en el precio de los metales, incluido el cobre, se explica por varias causas. En primer lugar, destacan un shock de "demanda verde" impulsado por la transición energética global. En segundo lugar, se menciona un shock de "crecimiento", asociado a la fortaleza de la economía de EE.UU. y la resiliencia de China. Finalmente, el informe resalta que **factores geopolíticos están llevando a diversos gobiernos a tomar medidas para asegurar el suministro de commodities estratégicos, entre los que se encuentra el cobre**. Además de estos factores, se identifican otros elementos relacionados con el apetito por el riesgo y particularidades específicas del cobre que también influyen en su precio. (Banco Central de Chile, 2024)

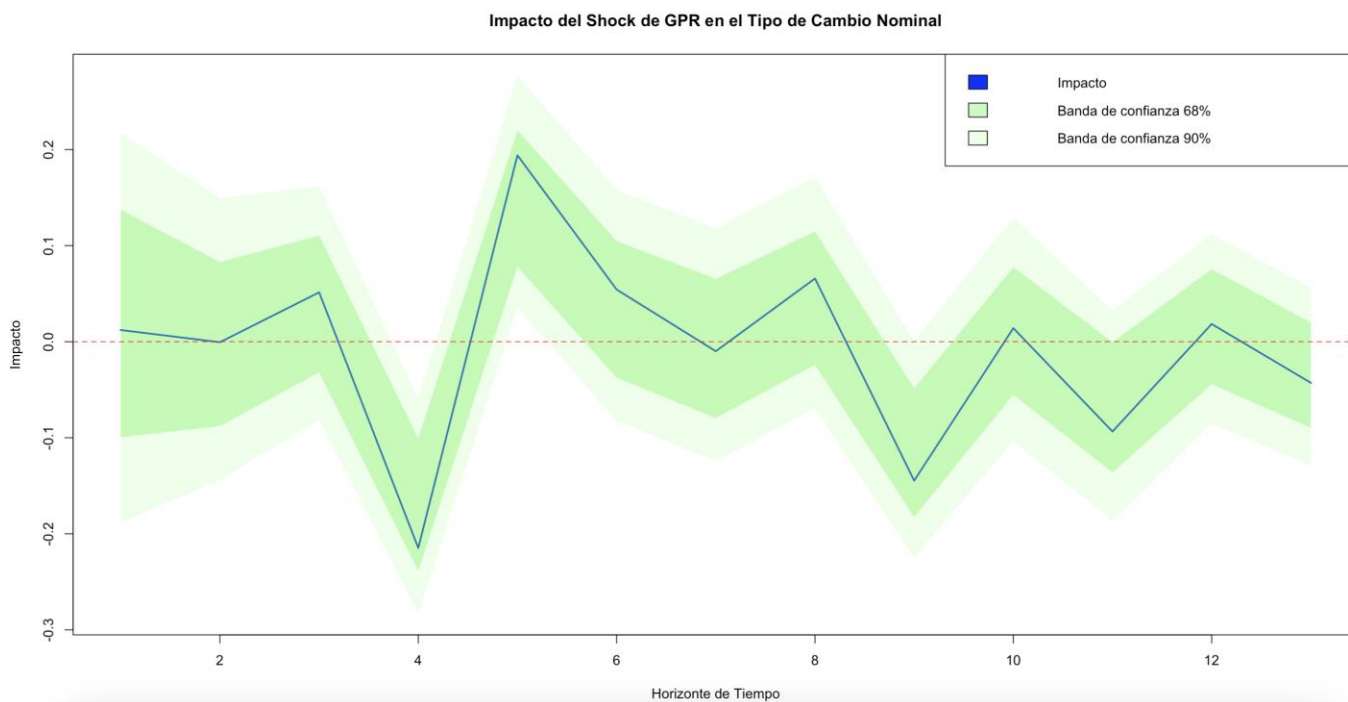


Figura 30. Función de impulso – respuesta para el Tipo de Cambio Nominal

Fuente: Elaboración propia

La función impulso – respuesta para la variable Tipo de Cambio Nominal muestra una variación significativa en el cuarto y quinto periodo del horizonte temporal. Primero, la variable presenta una caída del 0.21% (con un rango entre -0.23% y -0.09% al 68% de confianza) seguido de un incremento del 0.20% (con un rango entre 0.08% y 0.22% al 68% de confianza) ambos

significativos al 68% y al 90% de confianza. Posterior a esto, la variable muestra un comportamiento más estable en el resto del horizonte temporal.

Ante escenarios de incertidumbre global, los inversionistas tienden a moverse hacia activos considerados más seguros, también llamados activos “refugio”, entre ellos, el dólar ha sido ampliamente utilizado. Por esta razón, es de esperar que un shock de riesgo geopolítico presione al alza el tipo de cambio chileno debido al fortalecimiento del dólar, sin embargo, el análisis de impulso – respuesta no muestra una variación significativa en los primeros periodos. La caída vista en el cuarto periodo puede significar que el tipo de cambio no estaría reaccionando de forma inmediata a la escalada geopolítica, sino que más bien estaría influenciado en mayor medida por el movimiento de otras variables como el precio del cobre.

11. CONCLUSIONES

Tal y como se menciona en el informe de riesgos globales 2024 del World Economic Forum “*el mundo se ha vuelto significativamente menos pacífico en la última década*”, experimentando numerosos conflictos que, por diversos motivos políticos, económicos y culturales, han contribuido a impulsar la incertidumbre en los mercados financieros globales y a degradar las relaciones pacíficas, la confianza, la colaboración internacional y la globalización. A pesar de que los conflictos geopolíticos no han tenido un impacto realmente profundo en los mercados o economías fuera de las directamente involucradas, su persistencia y evolución puede terminar socavando la economía de muchos países a través de diversos canales, contribuyendo a una mayor inflación y un menor crecimiento económico en un mundo que aún permanece muy interconectado. Por ello, es fundamental que los tomadores de decisiones permanezcan vigilantes y comiencen a incorporar de forma progresiva estos factores en sus análisis y proyecciones. La evolución de estos temas tienen el potencial de impactar significativamente el desarrollo económico de los países y su consideración oportuna permitirá a los responsables de políticas anticipar y mitigar posibles efectos adversos en sus economías.

En línea con los objetivos específicos planteados al inicio de esta investigación, se realizó un análisis integral de los riesgos geopolíticos, abordando su situación actual, los enfoques y métodos más utilizados para su medición y su posible impacto en el contexto chileno. Para ello, se utilizó el Índice de Riesgo Geopolítico de Caldara y Lacoviello como herramienta principal para evaluar el impacto de una escalada del riesgo geopolítico global en la inflación y la actividad económica de Chile, representadas por el IPC y sus componentes, el IMACEC y sus componentes, el Tipo de Cambio Nominal y el Precio del Cobre. Asimismo, mediante un análisis de descomposición de varianza, se comparó el GPR con otros índices de riesgo y volatilidad global, lo que permitió identificar su peso relativo en la explicación de las dinámicas de inflación y actividad económica del país.

Para el caso chileno, una escalada del riesgo geopolítico, medido a través del índice de riesgos geopolíticos de Caldara y Lacoviello, tiene el potencial de impulsar moderadamente al alza la inflación en el corto plazo de forma transitoria. Este efecto en los precios es especialmente relevante en aquellos componentes más volátiles del IPC como la energía y ciertos bienes y alimentos, los cuales tienden a responder con una mayor volatilidad ante eventos que pueden golpear las cadenas de suministro globales y las expectativas de precios. Por otro lado, un shock geopolítico también puede impactar en la actividad económica, afectando la producción de bienes, el comercio y en menor medida los servicios, producto de movimientos en el precio del cobre (que golpearía la producción minera), incrementos en los costos de importación y cambios imprevistos en la demanda internacional.

De igual forma, un shock de riesgo geopolítico puede generar un impacto positivo en el precio de algunas materias primas como el cobre, posiblemente producto de incrementos en la demanda para garantizar el suministro de minerales clave para la transición energética y el avance de proyectos tecnológicos en contextos de alta incertidumbre, donde la disponibilidad y precio de dichos materiales puede verse perjudicada. Es relevante señalar que la competencia entre las principales potencias por liderar la “guerra tecnológica” y la transición hacia energías sostenibles aumenta la importancia de minerales críticos e insustituibles, como el cobre y el litio. Así, las interrupciones causadas por conflictos geopolíticos pueden presionar al alza el precio de estos recursos estratégicos.

También, el análisis de descomposición de varianza señala que, para el caso de la variabilidad de la inflación en Chile, el riesgo geopolítico representa un menor peso en comparación a otras variables con una perspectiva más amplia de los riesgos políticos y económicos a nivel global (como es el caso del GEPU) o de carácter más financiero (como el VIX y el MOVE), no obstante, el efecto del riesgo geopolítico no debería ser subestimado. Para el caso de la variabilidad en la actividad económica sin embargo, el riesgo geopolítico cobra mayor relevancia posicionándose por encima de otras variables como el EMBI y el VIX. El impacto en el tipo de cambio es limitado.

En relación con las hipótesis planteadas al inicio de la investigación, los resultados del análisis de las funciones de impulso-respuesta confirmaron que un shock de riesgo geopolítico global genera un impacto moderado al alza en la inflación, particularmente en sus componentes más volátiles. Asimismo, dicho shock presiona moderadamente al alza el precio del cobre, un efecto que posiblemente contribuye a explicar las variaciones observadas en el tipo de cambio. Por otro lado, el impacto en la actividad económica fue moderadamente a la baja, destacándose una afectación en el comercio, mientras que los efectos sobre la producción y los servicios resultaron menos evidentes, lo que sugiere la necesidad de realizar un análisis más detallado para comprender mejor estas dinámicas.

12. RECOMENDACIONES

Algunas propuestas para desarrollar la temática expuesta en la investigación son las siguientes:

- Explorar el impacto del riesgo geopolítico en el contexto chileno más al largo plazo, con el propósito de saber si la persistencia y escalada de este tipo de eventos genera una influencia significativa y acumulativa en la inflación, actividad económica y en el crecimiento del país a través del tiempo.
- Investigar más a fondo como un shock de riesgo geopolítico puede impactar en la actividad económica de Chile, indagando específicamente la influencia en la actividad minera, industrial y en el resto de actividades productivas.
- Profundizar en el análisis de los canales de transmisión de los riesgos geopolíticos hacia Chile, considerando tanto los canales financieros como los relacionados con las cadenas de suministro, el rol de los socios comerciales, importaciones y exportaciones. También sería necesario examinar las políticas económicas y comerciales internacionales para prever con mayor precisión el impacto de una posible escalada geopolítica, en función del tipo de conflicto y de los países involucrados.
- Desarrollar un índice de riesgo geopolítico exclusivo para Chile, considerando tanto factores internos como externos. Esto tendría el objetivo de capturar la incertidumbre generada a partir de eventos adversos asociados con actos terroristas, situaciones de violencia, conflictos entre comunidades internas y situaciones de tensión en general dentro del país o con otros países.

13. BIBLIOGRAFÍA

Banco Central de Chile. (2022, marzo). *Informe de Política Monetaria de marzo de 2022*. División de Asuntos Institucionales.

Banco Central de Chile. (2024, junio). *Informe de Política Monetaria de junio de 2024*. División de Asuntos Institucionales.

Banco de México. (2022). *Relación entre el riesgo soberano y el precio de las materias primas*. Reporte de Estabilidad Financiera, Banco de México.

Brignone, D., Gambetti, L., & Ricci, M. (2024). *Geopolitical risk shocks: when the size matters*. Research Papers, European Central Bank.

Caldara, D., Lacoviello, M., Conlisk, S., & Penn, M. (2022). *The Effect of the War in Ukraine on Global Activity and Inflation*. FEDS Notes, Federal Reserve, Board of Governors of the Federal Reserve System, Washington.

Caldara, Dario and Matteo Iacoviello (2022), Measuring Geopolitical Risk, American Economic Review, April, 112(4), pp.1194-1225. (This paper uses country-specific indexes for 26 countries.)

Centro de Estudios Internacionales UC. (2024). *Riesgo político América Latina 2024*

Christiano, L. (2012, diciembre). Christopher A. Sims and Vector Autoregressions. p. 114(4).

Guerrero, V.M. (1993) *Time-series analysis supported by power transformations*. Journal of Forecasting, 12, 37–48.

Julien Reynaud, Julien Vauday (2008, noviembre). *IMF lending and geopolitics*. Working paper series, European Central Bank.

Lacoste, Y. (2009). *Geopolítica, la larga historia del presente*. Madrid: Síntesis.

Novales, M. (2017, noviembre). *Modelos vectoriales autorregresivos (VAR)*. Universidad Complutense de Madrid.

14. WEBGRAFÍA

Banco Central de Chile. (2024). Glosario. *Informe de política monetaria*. Retrieved from Banco Central de Chile: [https://www.bcentral.cl/documents/33528/2917755/Glosario_IPoM_2021.pdf/440b13ea-3657-a8f8-8982 - 0388ea305775?t=1617193043613#:~:text=%C3%8Dndice%20de%20precios%20al%20consumidor,de%20Presupuestos%20Familiares%20\(EPF\).](https://www.bcentral.cl/documents/33528/2917755/Glosario_IPoM_2021.pdf/440b13ea-3657-a8f8-8982-0388ea305775?t=1617193043613#:~:text=%C3%8Dndice%20de%20precios%20al%20consumidor,de%20Presupuestos%20Familiares%20(EPF).)

Banco Central de Chile. (2024). *Tipos de Cambio y Paridades*. Retrieved from Banco Central de Chile: <https://www.bcentral.cl/web/banco-central/areas/estadisticas/tipos-de-cambios-y-paridades>

Baxter, C., & Mendez, S. (2023, 11 08). *Are Markets Underreacting to Geopolitical Risks?* Retrieved from Morgan Stanley Wealth Management: <https://www.morganstanley.com/what-we-do/wealth-management>

Caldara, & Lacoviello. (febrero de 2018). Federal Reserve. Retrieved from <https://www.federalreserve.gov/econres/ifdp/measuring-geopolitical-risk.htm>

Cambridge Dictionary. (n.d.). Cambridge Dictionary. Retrieved from <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/geopolitics>

Carreras, O., & Garcia, J. (2022, abril 11). CaixaBank Research. Retrieved from <https://www.caixabankresearch.com/es/economia-y-mercados/politica-monetaria/incertidumbre-geopolitica-y-crecimiento-economico-impacto>

Dieckelmann, K. L. (2024, mayo). European Central Bank. Retrieved from European Central Bank: https://www.ecb.europa.eu/press/financial-stability-publications/fsr/special/html/ecb.fsrart202405_01~4e4e30f01f.en.html

ISO 31000. (2018). ISO. Retrieved from <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:31000:ed-2:v1:es>

Seydl, J., & Gao, Z. (2024, marzo 3). Retrieved from JP Morgan Private Bank: <https://privatebank.jpmorgan.com/latam/es/insights/markets-and-investing/ideas-and-insights/how-do-geopolitical-shocks-impact-markets>

Subsecretaría de Relaciones Económicas Internacionales. (2024). *Acuerdos comerciales vigentes*. Retrieved from Subsecretaría de Relaciones Económicas Internacionales: <https://www.subrei.gob.cl/acuerdos-comerciales/acuerdos-comerciales-vigentes>

Villena, M. (2024, julio 04). *Se disparan tarifas de fletes marítimos: bueno para Vapores, pero malo para los consumidores y la inflación*. La Tercera, p. 4.

World Economic Forum. (2024, Enero). *Global Risk Report 2024*. Retrieved from <https://www.weforum.org/publications/global-risks-report-2024/>