



**GOBIERNO DEL
PARAGUAY**

**CONSEJO NACIONAL
DE CIENCIA
Y TECNOLOGÍA**



DOCUMENTO DE TRABAJO

PROYECTO PINV 01 - 1101

Importancia de los choques climáticos en el ciclo económico paraguayo

José Molinas Vega, PhD Diego Legal Cañisa, PhD Lic. María Belén Ibarra

Tabla de Contenido

Introducción	3
A. Recopilación para Revisión de Literatura	4
¿Involucrar a los bancos centrales en el cambio climático? La combinación de política monetaria y climática (Chen et al., 2021)	4
Riesgo climático y estabilidad financiera: evidencia de los préstamos sindicados (Conlon et al 2024)	6
Cambio climático en los países en desarrollo: efectos del calentamiento global, canales de transmisión y políticas de adaptación (De Bandt et al 2021)	8
Los efectos macroeconómicos de las perturbaciones térmicas sorpresa (Natoli 2023)	20
Evaluación del impacto macroeconómico de los choques climáticos en Colombia (Romero et al 2023)	22
Impacto sectorial y propagación de las perturbaciones meteorológicas (Zappala 2023)	24
B. Datos y estimación	26
Descripción de las variables	26
Modelo VAR	30
C. Descomposición de variables	33
Análisis descriptivo de las variables	33
Datos desestacionalizados	37
Pasos de desestacionalización con ARIMA X-13	37
D. Funciones impulso-respuesta	40
Conclusión	46

Introducción

El **impacto de los choques climáticos en la actividad económica** es un área de investigación de creciente importancia a nivel mundial. Comprender cómo fenómenos como las variaciones de temperatura o las precipitaciones extremas afectan las variables macroeconómicas es fundamental para la estabilidad financiera, la política monetaria y el crecimiento económico. Este conjunto de documentos aborda este tema crucial, con un **enfoque particular en el ciclo económico paraguay**. La economía de Paraguay, al igual que la de otros países en desarrollo, muestra una **significativa vulnerabilidad a los choques climáticos**, en gran parte debido a la importancia de su sector agrícola.

El primer documento, “**Revisión de Literatura**”, sienta las **bases teóricas y contextuales** para la investigación. Este material recopila y analiza estudios existentes sobre la interacción entre choques climáticos y la economía, incluyendo su relevancia para los bancos centrales, la estabilidad financiera, los efectos en países en desarrollo, el crecimiento económico, el impacto sectorial, y estudios de caso en países como Uruguay, Bolivia, Nueva Zelanda y Colombia. La revisión destaca los avances y las lagunas en la literatura, orientando las decisiones metodológicas del proyecto.

Los documentos siguientes detallan la **implementación empírica** de la investigación para el caso paraguayo. El punto “**Datos y estimación**” describe las **variables macroeconómicas domésticas** utilizadas (PIB real, PIB agrícola, consumo privado real, inversión, tasa de cambio real) y las **variables exógenas** (PIB real de socios comerciales, variables climáticas), abarcando el período 1995-2019. Explica los **procesos de tratamiento de datos**, como la desestacionalización (usando X13-ARIMA) y la separación del componente cíclico (usando el filtro Hodrick-Prescott). Además, introduce la **estructura del modelo SVAR (Vector Autoregressive)** utilizado para analizar la dinámica conjunta de las variables, especificando la exogeneidad de los bloques climático y externo.

El documento “**Descomposición de variables**” complementa la descripción de las variables y los métodos de transformación aplicados.

Finalmente, “**Funciones impulso-respuesta**” presenta los **resultados clave derivados del modelo SVAR**. Este documento se centra en cómo las **variables económicas responden a un choque climático**, analizando las funciones impulso-respuesta. Los hallazgos iniciales sugieren que los choques climáticos, como la sequía medida por el índice ISPY, tienen un **impacto negativo significativo en el PIB agrícola, el PIB nacional y el consumo**, mientras que choques de lluvia (SPEI positivo) muestran efectos positivos en el PIB agrícola y el consumo.

A. Recopilación para Revisión de Literatura

¿Involucrar a los bancos centrales en el cambio climático? La combinación de política monetaria y climática (Chen et al., 2021)

Resumen

El documento explora la intersección entre la política monetaria y la política climática, analizando si los bancos centrales deberían involucrarse en cuestiones relacionadas con el cambio climático y cómo hacerlo. Introduce el concepto de una política monetaria “aumentada por el clima”, que integra los objetivos climáticos en los marcos de política monetaria tradicionales. Utilizando un modelo extendido de Equilibrio General Estocástico Dinámico Ambiental (E-DSGE), el estudio encuentra que la política climática influye significativamente en los niveles de precios y la inflación, lo que afecta las decisiones de política monetaria. Los resultados indican riesgos potenciales y compensaciones al integrar las preocupaciones climáticas directamente en los mandatos de los bancos centrales, particularmente a través de ajustes de las tasas de interés.

Introducción

En la introducción se analiza la creciente importancia del cambio climático en la política económica, y se pone de relieve cómo los bancos centrales se ven cada vez más presionados para hacer frente a los riesgos climáticos. En él se examina el debate sobre si los bancos centrales deben incorporar los objetivos climáticos en sus mandatos, y algunos argumentan que dicha participación podría sobrecargar las herramientas de política monetaria. El documento se propone explorar estas cuestiones abordando tres cuestiones clave: la influencia de la política climática en la política monetaria, el potencial de optimización de la política monetaria teniendo en cuenta la política climática y los riesgos de que los bancos centrales adopten políticas monetarias aumentadas por el clima.

Revisión de la literatura

En esta sección se revisa la literatura existente sobre macroeconomía ambiental, centrándose en cómo el cambio climático afecta la volatilidad económica y el crecimiento. La revisión incluye estudios que han desarrollado modelos que incorporan las emisiones de gases de efecto invernadero en los ciclos económicos y aquellos que han examinado las implicaciones de diferentes políticas climáticas, como los impuestos al carbono y los sistemas de tope y comercio. Los autores identifican lagunas en la literatura, en particular la necesidad de modelos más integrados que consideren conjuntamente las políticas monetarias y climáticas.

Modelo

Los autores desarrollan un modelo extendido de Equilibrio General Estocástico Dinámico Ambiental (E-DSGE) basado en el marco neokeynésiano. El modelo incorpora las emisiones de gases de efecto invernadero, su externalidad negativa en la productividad y diferentes tipos de políticas climáticas (por ejemplo, tope y comercio e impuestos al carbono). Una característica

novedosa del modelo es la inclusión de emisiones ocultas y la eficacia de la aplicación de la política climática, lo que permite una representación más realista de cómo las empresas podrían responder a las regulaciones ambientales. El modelo está calibrado para simular la interacción entre las políticas monetarias y climáticas en diferentes escenarios.

Resultados: Combinaciones de política monetaria y política climática

En esta sección se presentan los resultados de las simulaciones del modelo E-DSGE, comparando los efectos de diferentes políticas climáticas (cap-and-trade, impuesto al carbono, no control y óptimo de Ramsey) cuando se mezclan con la política monetaria tradicional. Los resultados muestran que el tipo de política climática influye significativamente en los resultados de la política monetaria, particularmente en términos de estabilidad de precios e inflación. Por ejemplo, la política de comercio de derechos de emisión tiende a estabilizar los precios mejor que una política de impuestos sobre el carbono en respuesta a las perturbaciones de la productividad. El estudio también concluye que la eficacia de la aplicación de las políticas climáticas desempeña un papel fundamental a la hora de determinar el impacto económico general de estas combinaciones de políticas.

Optimización de la combinación de políticas

Sobre la base de la sección anterior, los autores exploran cómo se puede optimizar la política monetaria ajustando los coeficientes de reacción en la regla de Taylor cuando se considera la política climática. El análisis muestra que las diferentes políticas climáticas requieren diferentes ajustes a la regla de Taylor para obtener resultados económicos óptimos. Por ejemplo, la reacción óptima a la inflación ($\rho\pi$) varía dependiendo de si existe un sistema de tope y comercio o de impuestos sobre el carbono. Los autores sugieren que los bancos centrales podrían mejorar el bienestar económico ajustando la política monetaria en respuesta al tipo de política climática que se está implementando.

Política monetaria aumentada por el clima

El documento introduce el concepto de una política monetaria “aumentada por el clima”, en la que la regla de tasas de interés del banco central se ajusta para incluir un objetivo de brecha de emisiones. Los autores investigan si este enfoque podría mejorar el bienestar económico al ayudar a estabilizar tanto la inflación como las emisiones. Los resultados indican que, si bien este enfoque puede mejorar el bienestar en determinadas condiciones, también puede crear dilemas, como objetivos contradictorios entre la estabilidad de precios y la reducción de emisiones. Los autores advierten que los bancos centrales deben considerar cuidadosamente los riesgos potenciales antes de adoptar una política de este tipo.

Conclusión

La conclusión pone de relieve la complejidad de integrar las preocupaciones climáticas en la política monetaria. Si bien existen beneficios potenciales al considerar la política climática en las decisiones monetarias, el estudio concluye que también existen riesgos y compensaciones significativos. Los autores sugieren que los bancos centrales deberían proceder con cautela,

centrándose en optimizar la política monetaria tradicional en el contexto de las políticas climáticas existentes, en lugar de adoptar cambios radicales. El documento hace un llamado a la investigación para explorar estos temas en mayor profundidad, particularmente a la luz de los desafíos actuales que plantea el cambio climático.

Riesgo climático y estabilidad financiera: evidencia de los préstamos sindicados (Conlon et al 2024)

Resumen

El documento investiga el impacto de las perturbaciones climáticas inesperadas en los riesgos a los que se enfrentan los bancos, especialmente en el contexto de los préstamos sindicados. Utilizando datos de riesgo climático de la base de datos Billion-Dollar Weather and Climate Disasters y datos de préstamos sindicados de Dealscan, el estudio encuentra que la exposición al riesgo climático a través de los préstamos aumenta los riesgos individuales y sistémicos para los bancos. La investigación destaca que los bancos más rentables pueden mitigar algunos de los efectos adversos del riesgo climático, pero en general, los bancos responden a las perturbaciones climáticas reduciendo los préstamos y aumentando las reservas para pérdidas crediticias. El estudio contribuye a la creciente literatura sobre el riesgo climático y la estabilidad financiera, proponiendo medidas sólidas de riesgo climático para los bancos.

Introducción

La introducción prepara el escenario al analizar la creciente relevancia del cambio climático como crisis global, en particular para la estabilidad financiera. Subraya la urgencia de que los reguladores y las instituciones financieras comprendan y gestionen los riesgos climáticos. Los autores señalan las lagunas en la investigación existente, en particular la falta de metodologías sólidas para evaluar el impacto del cambio climático en la estabilidad financiera. El estudio tiene como objetivo llenar estos vacíos mediante el desarrollo de nuevas medidas de riesgo climático y la exploración de sus efectos en el sector bancario, particularmente a través de la lente de los préstamos sindicados.

Medición del riesgo climático

En esta sección se detalla la metodología utilizada para medir el riesgo climático a nivel estatal y bancario. Los autores emplean los datos de Desastres Meteorológicos y Climáticos de Miles de Millones de Dólares de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA) para cuantificar los riesgos climáticos a nivel estatal, considerando factores como el número de muertes, las pérdidas económicas y la frecuencia de los eventos climáticos extremos. Estas medidas se utilizan para calcular un índice de riesgo climático a nivel bancario basado en la proporción de los préstamos de un banco expuestos a estos riesgos a nivel estatal. Las medidas de riesgo climático desarrolladas son novedosas en su enfoque integral para evaluar los riesgos climáticos físicos.

Diseño empírico

En la sección de diseño empírico se describen los métodos utilizados para analizar el impacto del riesgo climático en la estabilidad financiera de los bancos. Los autores utilizan una variedad de medidas de riesgo, incluyendo el Déficit Marginal Esperado (MES), el Valor en Riesgo (VaR) y las contribuciones al riesgo sistémico (CoVaR), para evaluar los efectos de la exposición al riesgo climático. Se centran especialmente en los préstamos interestatales como mecanismo de transmisión del riesgo climático, con la hipótesis de que los préstamos a través de las fronteras estatales aumentan la exposición de los bancos a perturbaciones climáticas inesperadas. El estudio controla varios factores específicos de los bancos y de los prestatarios para aislar el impacto del riesgo climático en la estabilidad financiera.

Resultados

Los resultados muestran que los bancos expuestos a un mayor riesgo climático a través de sus actividades crediticias experimentan aumentos significativos tanto en los riesgos individuales como en los sistémicos. En concreto, un aumento de una desviación estándar en la medida de riesgo climático a nivel bancario conduce a un aumento sustancial de las métricas de riesgo como MES, VaR y CoVaR. El estudio también revela que los bancos tienden a reducir los préstamos y a aumentar las reservas para pérdidas crediticias tras las perturbaciones climáticas, lo que indica una respuesta defensiva al aumento del riesgo. Además, los bancos más rentables son más capaces de absorber el impacto de las perturbaciones climáticas, aunque el efecto general del riesgo climático sigue siendo significativo.

Comprobaciones de robustez

En esta sección se analiza la solidez de los hallazgos del estudio, incluidos análisis adicionales para confirmar la validez de los resultados. Los autores realizan varias pruebas para asegurarse de que los efectos observados no son impulsados por otros factores, como variables omitidas o medidas de riesgo alternativas. Las comprobaciones de solidez confirman que la relación entre el riesgo climático y la estabilidad financiera es coherente en las diferentes especificaciones del modelo y períodos de tiempo, lo que refuerza las conclusiones del estudio.

Conclusión

La conclusión enfatiza las implicaciones críticas del estudio para la estabilidad financiera y la política regulatoria. Los autores argumentan que el riesgo climático es una fuente importante e infravalorada de riesgo sistémico para los bancos, especialmente en el contexto de los préstamos sindicados. Piden que se preste mayor atención a la integración del riesgo climático en los marcos de estabilidad financiera, lo que sugiere que los bancos y los reguladores deben desarrollar herramientas más sofisticadas para gestionar estos riesgos. El estudio también destaca la importancia de mantener la rentabilidad de los bancos como amortiguador contra la inestabilidad financiera inducida por el clima.

Cambio climático en los países en desarrollo: efectos del calentamiento global, canales de transmisión y políticas de adaptación (De Bandt et al 2021)

Resumen

El documento investiga el impacto del aumento sostenido de la temperatura en el crecimiento económico, centrándose en 126 países de ingresos bajos y medianos entre 1960 y 2017. El estudio concluye que un aumento sostenido de la temperatura de 1 °C reduce el crecimiento anual del PIB real per cápita entre 0,74 y 1,52 puntos porcentuales. Los autores destacan que el calentamiento global tiene efectos negativos no lineales y acelerados sobre el crecimiento económico, afectando de manera desproporcionada a los países de bajos ingresos. Los hallazgos sugieren que el calentamiento global exacerba las trampas del desarrollo, lo que hace que la adaptación sea más difícil, especialmente en los países con los ingresos más bajos.

Introducción

En la introducción se subraya la importancia del cambio climático como desafío mundial, en particular para los países en desarrollo, que se ven afectados de manera desproporcionada a pesar de contribuir mínimamente a las emisiones mundiales de carbono. Los autores enfatizan la importancia de equilibrar las políticas de mitigación y adaptación para garantizar la convergencia económica con los países desarrollados y cumplir con los Objetivos de Desarrollo Sostenible. En la introducción también se analiza el enfoque metodológico del documento, que se centra en las desviaciones sostenidas de la temperatura más que en las perturbaciones meteorológicas a corto plazo, para captar mejor los efectos del cambio climático en el crecimiento económico.

Revisión de la literatura

En esta sección se revisa la literatura existente sobre la relación entre el cambio climático y el crecimiento económico. Los autores discuten varios estudios teóricos y empíricos que han examinado cómo las condiciones climáticas, particularmente la temperatura y la precipitación, influyen en la actividad económica. Destacan el papel de la geografía, la calidad institucional y las vulnerabilidades sectoriales (por ejemplo, la agricultura) en la mediación de los efectos del cambio climático. En el examen se hace hincapié en la necesidad de contar con modelos más sólidos que puedan captar los desafíos específicos a los que se enfrentan los países en desarrollo, que a menudo difieren de los de los países de ingresos altos.

Datos y hechos estilizados

Los autores describen el conjunto de datos utilizado en el análisis, que abarca 126 países durante el período comprendido entre 1960 y 2017. El conjunto de datos incluye variables socioeconómicas, datos relacionados con el clima (por ejemplo, temperatura y precipitación) y emisiones de carbono. El documento ofrece un análisis descriptivo de los datos, mostrando que los

aumentos de temperatura han sido más pronunciados en ciertas regiones, particularmente en los países de ingresos bajos y medianos. Los autores también señalan los desafíos asociados con la medición del impacto del cambio climático, como la necesidad de tener en cuenta las variaciones en los patrones climáticos regionales y la actividad económica.

Marco empírico

El marco empírico se basa en el método de proyecciones locales introducido por Jordà (2005) para evaluar el impacto acumulativo de las desviaciones de temperatura en el crecimiento del PIB. El modelo incluye variables de control para las desviaciones de la precipitación y otros factores macroeconómicos, así como los efectos fijos por país y tiempo. Los autores argumentan que centrarse en las desviaciones sostenidas de la temperatura proporciona una medida más precisa del impacto del cambio climático en el crecimiento económico que los modelos basados en perturbaciones meteorológicas a corto plazo.

Efectos macroeconómicos del calentamiento global

En esta sección se presentan los principales resultados, mostrando que los aumentos sostenidos de la temperatura tienen un impacto negativo significativo en el crecimiento del PIB per cápita. El efecto no es lineal, ya que las mayores desviaciones de temperatura conducen a pérdidas económicas desproporcionadamente mayores. El análisis también revela que el calentamiento global aumenta la proporción del consumo privado a expensas de la inversión y desplaza la composición del PIB hacia la agricultura a expensas de la producción industrial, lo que puede reforzar las vulnerabilidades económicas de los países en desarrollo.

Mecanismos de transmisión

Los autores examinan cómo los efectos negativos del calentamiento global se transmiten a través de diferentes sectores de la economía. Descubren que el calentamiento global reduce la inversión y la producción industrial, al tiempo que aumenta la participación de la agricultura en el PIB, a pesar de la disminución de la productividad agrícola. Estos cambios sugieren que los países en desarrollo están reasignando recursos hacia las necesidades de consumo a corto plazo, lo que podría socavar el crecimiento económico y el desarrollo a largo plazo.

Políticas de adaptación

En el documento se analizan diversas políticas de adaptación que podrían mitigar los efectos negativos del calentamiento global en el crecimiento económico. Los autores exploran los roles de la electrificación, la deforestación y la calidad institucional, entre otros. Advierten que algunas estrategias de adaptación podrían entrar en conflicto con los esfuerzos de mitigación, especialmente si implican un aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero. En la sección se hace hincapié en la importancia de diseñar políticas que equilibren las necesidades inmediatas de adaptación con los objetivos de sostenibilidad a largo plazo.

Conclusión

La conclusión reitera que el calentamiento global representa una amenaza significativa para el crecimiento económico de los países en desarrollo, reforzando las trampas del desarrollo y dificultando la adaptación. Los autores instan a tomar medidas urgentes para implementar políticas de adaptación que puedan mejorar la resiliencia al cambio climático, particularmente en los países más pobres del mundo. También destacan la importancia del apoyo internacional, reconocido por el Acuerdo de París sobre el clima, para ayudar a los países en desarrollo a hacer frente a los desafíos que plantea el calentamiento global.

Choques de temperatura y crecimiento económico: evidencia del último medio siglo (Dell et al 2012)

Resumen

El artículo explora el impacto de las fluctuaciones de temperatura en el crecimiento económico durante el último medio siglo. El informe concluye que las temperaturas más altas reducen significativamente el crecimiento económico en los países pobres, con efectos que pueden extenderse más allá de un solo año, lo que podría reducir las tasas de crecimiento en lugar de solo el nivel de producción. La investigación demuestra que el aumento de la temperatura afecta negativamente a la producción agrícola e industrial y puede provocar inestabilidad política, lo que puede deprimir aún más el crecimiento económico. El estudio enfatiza que los impactos de la temperatura en la actividad económica son profundos en los países más pobres, lo que sugiere grandes costos económicos potenciales del calentamiento global.

Introducción

En la introducción se analiza el papel de la temperatura en el desarrollo económico, que se ha debatido durante mucho tiempo, basándose en perspectivas históricas. Los autores utilizan las variaciones de temperatura dentro del país para estimar sus efectos en los resultados económicos. El estudio se posiciona como una respuesta a los enfoques tradicionales que se han centrado en datos transversales, argumentando que dichos métodos pueden oscurecer el impacto causal de la temperatura al combinarlo con otros factores específicos de cada país. El objetivo principal del documento es proporcionar evidencia sólida sobre cómo la temperatura afecta el crecimiento económico, particularmente en las naciones más pobres, donde se espera que los efectos sean más severos.

Datos y estadística descriptiva

En esta sección se describen las fuentes de datos, incluidos los datos meteorológicos históricos (temperatura y precipitación) y los indicadores económicos, como el PIB, de los Indicadores del Desarrollo Mundial. Los datos abarcan desde 1950 hasta 2003 y abarcan 125 países. Los autores discuten cómo agregan datos meteorológicos a nivel de país-año y exploran la variabilidad de la temperatura y la precipitación a lo largo del tiempo. Las estadísticas descriptivas revelan que los aumentos de temperatura han sido globales, pero sus impactos económicos han variado

significativamente de un país a otro, y los países más pobres han experimentado efectos negativos más pronunciados.

El efecto de las fluctuaciones de temperatura en la actividad económica

Aquí se presenta el marco empírico, utilizando un modelo de panel dinámico para estimar el impacto de los choques de temperatura en el crecimiento económico. Los autores presentan evidencia de que el aumento de la temperatura tiene un gran efecto negativo en el crecimiento económico de los países pobres, mientras que los países ricos no muestran un impacto significativo. En la sección se detallan los principales resultados, las comprobaciones de solidez y la persistencia de estos efectos, lo que sugiere que los choques de temperatura pueden influir en las tasas de crecimiento, no solo en el nivel de producción, en los países pobres.

Canales

En esta sección se investigan los canales a través de los cuales la temperatura afecta el crecimiento económico. Los autores examinan el impacto en la agricultura, la industria y la estabilidad política, y descubren que los tres se ven afectados negativamente por el aumento de las temperaturas en los países pobres. La disminución de la producción agrícola es el canal más directo, pero la reducción de la producción industrial y el aumento de la inestabilidad política también desempeñan un papel importante. El estudio subraya la complejidad de estos efectos, sugiriendo que el aumento de la temperatura puede perturbar múltiples sectores de la economía simultáneamente, agravando el impacto general sobre el crecimiento.

Estimaciones a mediano plazo

El artículo amplía su análisis a los efectos a medio plazo, examinando si los impactos de las fluctuaciones de temperatura persisten en el tiempo. Los autores encuentran que los países que experimentaron mayores aumentos de temperatura entre 1950 y 2003 también experimentaron mayores disminuciones en las tasas de crecimiento económico. Aunque estos efectos a mediano plazo se estiman con menos precisión que los efectos a corto plazo, los resultados sugieren que los efectos adversos de la temperatura sobre el crecimiento pueden ser duraderos, especialmente en los países pobres.

Discusión

La discusión conecta los hallazgos empíricos con debates más amplios sobre el cambio climático y el desarrollo económico. Los autores argumentan que sus resultados tienen implicaciones significativas para el futuro, particularmente en lo que respecta a los posibles costos económicos del calentamiento global. Sugieren que los modelos actuales, como los Modelos de Evaluación Integrada (IAM, por sus siglas en inglés), deben actualizarse para reflejar los efectos sustanciales y persistentes en el crecimiento de los aumentos de temperatura observados en su estudio. La discusión también retoma el debate histórico sobre el papel de la temperatura en el desarrollo, proporcionando nuevas pruebas de que la temperatura tiene un impacto directo y significativo en las trayectorias económicas de los países pobres.

Conclusión

La conclusión hace hincapié en los principales hallazgos: los choques de temperatura tienen grandes efectos negativos sobre el crecimiento económico de los países pobres, y estos efectos pueden persistir en el tiempo. Los autores subrayan la importancia de tener en cuenta estos impactos en los debates políticos sobre el cambio climático, en particular en términos de mitigación del daño económico en las regiones vulnerables. Piden más investigación sobre los mecanismos que subyacen a estos efectos y actualizaciones de los modelos económicos que incorporen el importante papel de la temperatura en la configuración de los resultados económicos.

Choques climáticos y actividad económica: evidencia de Nueva Zelanda (Gallic y Vermandel 2020)

Resumen

El estudio de Gallic y Vermandel (2020) se centra en comprender el impacto macroeconómico de los choques climáticos en Nueva Zelanda, un país con un importante sector agrícola altamente vulnerable a las variaciones climáticas. Los autores utilizan dos modelos econométricos principales: un modelo vectorial autorregresivo (VAR) para evaluar los impactos a corto plazo, y un modelo de equilibrio general estocástico dinámico (DSGE) que incorpora un sector agrícola dependiente del clima para analizar las implicaciones macroeconómicas a largo plazo. Los resultados revelan que las perturbaciones meteorológicas contribuyen significativamente a la volatilidad del PIB y que es probable que estos efectos se acentúen a medida que avanza el cambio climático.

Introducción

La introducción establece el contexto al destacar la creciente frecuencia y gravedad de los eventos relacionados con el clima debido al cambio climático y su impacto sustancial en la actividad económica. Los autores subrayan la importancia de estudiar estos shocks en economías pequeñas y abiertas, como Nueva Zelanda, donde la agricultura desempeña un papel crucial. El estudio tiene como objetivo llenar un vacío en la literatura al proporcionar un análisis detallado de cómo los choques climáticos afectan las variables macroeconómicas. Explica el doble enfoque: el modelo VAR capta las respuestas inmediatas a las perturbaciones, mientras que el modelo DSGE ofrece información sobre los efectos a largo plazo en la dinámica económica, en particular a través de la lente del sector agrícola.

Datos del ciclo económico sobre las perturbaciones meteorológicas

En esta sección se presentan datos empíricos que vinculan las perturbaciones meteorológicas con las fluctuaciones del ciclo económico en Nueva Zelanda. Los autores introducen un índice

climático basado en los déficits de humedad del suelo para cuantificar el impacto de las condiciones climáticas adversas en la productividad agrícola. Demuestran que los fenómenos meteorológicos extremos, como las sequías, provocan reducciones sustanciales de la producción agrícola, lo que a su vez tiene repercusiones económicas más amplias. El análisis muestra que estas perturbaciones meteorológicas dan lugar a importantes reasignaciones sectoriales, y que la contribución del sector agrícola al PIB disminuye notablemente tras estos fenómenos. Los autores enfatizan que estos choques son tan cruciales como los choques económicos tradicionales, como los cambios en los precios del comercio internacional, para influir en el ciclo económico.

El modelo

El núcleo del documento radica en el desarrollo de un modelo DSGE de dos sectores adaptado a una economía pequeña y abierta como la de Nueva Zelanda. El modelo incorpora un sector agropecuario cuya productividad se ve directamente afectada por las condiciones climáticas. Las perturbaciones meteorológicas se modelan como perturbaciones exógenas que alteran la productividad de la tierra, lo que repercute en la producción agrícola. El modelo DSGE está diseñado para simular los efectos económicos inmediatos y persistentes de estos shocks. Los supuestos clave incluyen la sensibilidad de la producción agrícola a las variaciones climáticas y la limitada capacidad de la economía para sustituir los productos agrícolas a corto plazo. El modelo integra estos aspectos para reflejar la estructura económica real y las dependencias de Nueva Zelanda, proporcionando un marco sólido para analizar los impactos de las perturbaciones climáticas.

Estimación

En esta sección, los autores detallan la estimación bayesiana del modelo DSGE utilizando los datos trimestrales de Nueva Zelanda desde 1994 hasta 2016. El proceso de estimación consiste en calibrar los parámetros del modelo sobre la base de información previa de la bibliografía existente y del contexto económico de Nueva Zelanda. El uso del filtro de Kalman permite a los autores estimar la función de verosimilitud y actualizar los valores de los parámetros de forma iterativa. Los parámetros estimados del modelo sugieren que las perturbaciones meteorológicas representan una parte significativa de la variabilidad de los indicadores macroeconómicos clave, como el PIB, el consumo, la inversión y las horas trabajadas. En esta sección también se analizan las comprobaciones de robustez realizadas para garantizar la validez del modelo, incluidos los análisis de sensibilidad de los parámetros clave.

Resultados

Los resultados ponen de relieve el impacto sustancial de las perturbaciones meteorológicas en la economía de Nueva Zelanda. El modelo VAR muestra que las condiciones climáticas adversas, en particular las que conducen a una reducción de la humedad del suelo, deprimen significativamente la producción agrícola, lo que a su vez reduce el PIB general. El modelo DSGE aclara aún más estos hallazgos al demostrar que los choques climáticos no solo tienen efectos inmediatos en la actividad económica, sino que también inducen cambios persistentes en la dinámica del consumo, la inversión y el mercado laboral. El estudio concluye que las

perturbaciones meteorológicas contribuyen significativamente a la volatilidad del ciclo económico, especialmente en escenarios de mayor variabilidad climática, en las que dichas perturbaciones se vuelven más frecuentes y graves. También se cuantifican los costos de bienestar asociados con estos shocks, lo que revela pérdidas económicas significativas que justifican la necesidad de intervenciones políticas específicas.

Conclusión

El documento concluye haciendo hincapié en el papel fundamental de las perturbaciones meteorológicas en la configuración de la actividad económica, especialmente en economías como Nueva Zelanda, que dependen en gran medida de la agricultura. Los resultados sugieren que las perturbaciones meteorológicas son una fuente importante de volatilidad macroeconómica y que es probable que su importancia aumente con el cambio climático. Los autores argumentan que los modelos económicos y los marcos de políticas deben incorporar la variabilidad climática para gestionar y mitigar eficazmente estos riesgos. Instan a la elaboración de políticas destinadas a mejorar la resiliencia económica a las perturbaciones meteorológicas, incluidas las inversiones en infraestructura, la diversificación de la base económica y las estrategias para prácticas agrícolas sostenibles.

El impacto macroeconómico de los choques climáticos en Uruguay (Giuliano et al 2024)

Resumen

Este artículo examina los efectos macroeconómicos de los choques climáticos en Uruguay, centrándose particularmente en el impacto de las sequías e inundaciones. Utilizando el Modelo Macro-Fiscal del Banco Mundial (MFMOD, por sus siglas en inglés), el estudio integra los choques climáticos en un modelo macroeconómico estructural adaptado a la economía de Uruguay. Los resultados revelan que las perturbaciones climáticas contribuyen significativamente a la volatilidad económica del país, con perturbaciones climáticas y macroeconómicas negativas combinadas que podrían reducir el PIB hasta en un 4,1% durante eventos extremos. El estudio también destaca los efectos exacerbantes del cambio climático, proyectando que las futuras sequías e inundaciones probablemente empeorarán los resultados económicos entre un 18% y un 212%, dependiendo del escenario.

Introducción

En la introducción se analiza el contexto económico de Uruguay, destacando su dependencia del capital natural, particularmente en la ganadería y la agricultura, lo que hace que la economía sea altamente vulnerable a los choques climáticos. A pesar de la relativa riqueza y el entorno macroeconómico estable de Uruguay, el país carece de un modelo coherente para abordar los impactos agregados de las perturbaciones climáticas. Este estudio tiene como objetivo llenar ese vacío mediante la incorporación de los riesgos relacionados con el clima en un modelo macroestructural, proporcionando información sobre cómo estos shocks afectan el PIB, los equilibrios fiscales y la estabilidad económica general.

Una introducción a Uruguay: la estructura económica

En esta sección se ofrece un panorama general de la estructura económica de Uruguay, haciendo hincapié en su transformación de una economía fuertemente dependiente de la L&A a una economía dominada por los servicios. Sin embargo, la L&A sigue desempeñando un papel crucial, especialmente en las exportaciones. En la sección se describe el contexto histórico del crecimiento económico de Uruguay, impulsado por el auge de los productos básicos agrícolas, y se señalan las vulnerabilidades que se han hecho evidentes durante períodos de condiciones climáticas adversas, como sequías e inundaciones.

Vulnerabilidad a las perturbaciones climáticas

En esta sección se explora la vulnerabilidad de Uruguay a los choques climáticos, en particular a los eventos hidrometeorológicos como sequías e inundaciones. El estudio señala que, si bien Uruguay es un país pequeño y próspero, su dependencia económica de la L&A lo expone a riesgos significativos derivados de la variabilidad climática. En la sección se detalla cómo estos shocks afectan directamente a la productividad agrícola y cómo sus impactos se propagan a través de la economía en general, afectando todo, desde los equilibrios fiscales hasta los niveles de pobreza.

Enfoque analítico: un modelo macroestructural para Uruguay

En esta sección se describe el marco metodológico, específicamente la adaptación del MFMOD del Banco Mundial para incluir los choques climáticos. El modelo desagrega la economía uruguaya en sectores, como la ganadería, los cultivos, la industria y los servicios, e introduce los choques climáticos como choques de productividad específicos del sector (en el caso de las sequías) o choques en el stock de capital (en el caso de las inundaciones). En la sección también se explica cómo se modelan estos shocks y sus efectos esperados sobre el PIB potencial, las exportaciones y los saldos fiscales.

Entradas de datos

Los autores detallan las fuentes de datos utilizadas para informar el modelo, incluidos los datos climáticos históricos, los datos económicos sectoriales y las estimaciones de pérdidas de estudios anteriores. Se centran especialmente en los datos de sequías e inundaciones, señalando que estos eventos han causado históricamente importantes perturbaciones económicas en Uruguay. La sección incluye una discusión sobre los desafíos de proyectar las condiciones climáticas futuras, especialmente los patrones de precipitación, que son muy inciertos y varían ampliamente entre los modelos.

Resultados

En la sección de resultados se presentan los hallazgos de las simulaciones del impacto macroeconómico de sequías e inundaciones en Uruguay. Los autores encuentran que las sequías tienen un impacto más significativo y persistente en la economía que las inundaciones, afectando

particularmente a los sectores de L&A. Una sola sequía grave podría reducir el PIB en un 2,8% y las exportaciones en un 7,3% en el año en que se produzca, con efectos persistentes en los años siguientes. El estudio también muestra que es probable que el cambio climático exacerbe estos impactos, aumentando los daños potenciales de futuras sequías e inundaciones en un margen sustancial.

Conclusión

La conclusión enfatiza la importancia de integrar los choques climáticos en las proyecciones macroeconómicas y las evaluaciones de riesgo fiscal para Uruguay. Los hallazgos del estudio sugieren que los choques climáticos son una fuente importante de volatilidad económica, y se espera que su impacto aumente a medida que avanza el cambio climático. Los autores instan a una consideración más sistemática de estos riesgos en la planificación económica y la formulación de políticas, particularmente en sectores como la agricultura, que son muy sensibles a la variabilidad climática.

El efecto del cambio climático en la producción agropecuaria: Evidencias de Bolivia (Huanto 2022)

Resumen

Este estudio examina el impacto del cambio climático en la producción agropecuaria en Bolivia, diferenciando entre efectos a corto y largo plazo. La investigación utiliza Modelos de Corrección de Errores Vectoriales (VEC) con cambio de régimen de acuerdo con eventos climáticos inusuales y emplea modelos Vectoriales Estructurales Autorregresivos (SVAR) para ilustrar cómo se propagan los choques climáticos a través de la economía boliviana. Los resultados indican que los choques climáticos tienen efectos negativos en la producción agrícola, los cuales, a su vez, afectan la producción nacional, el consumo de los hogares y la inversión. El estudio subraya la importancia de tener en cuenta el cambio climático en la formulación de políticas económicas.

Introducción

En la introducción se analiza el aumento de la temperatura media mundial de la superficie debido a las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero, que provocan cambios climáticos complejos, incluidos cambios en los patrones de precipitación y la humedad del suelo. El sector agrícola, dada su naturaleza, es particularmente vulnerable a estos riesgos climáticos, lo que plantea amenazas significativas para la seguridad alimentaria a nivel mundial, regional y local. El estudio tiene como objetivo proporcionar evidencia empírica sobre el impacto del cambio climático en la producción agrícola en Bolivia, aportando información valiosa para que los formuladores de políticas económicas diseñen mejores estrategias de adaptación.

Revisión de la literatura

La revisión de la literatura explora la extensa investigación económica dedicada a cuantificar los efectos del cambio climático en la actividad económica. La revisión hace referencia a trabajos fundacionales, como Nordhaus (1991), que desarrolló un modelo económico teórico que incorpora el cambio climático, y estudios recientes que estiman los impactos futuros en la productividad debido al aumento de las temperaturas. La revisión también destaca la escasez de estudios a nivel nacional sobre la relación entre las variables climáticas y la producción agrícola en Bolivia, enfatizando la necesidad de la investigación actual.

Datos estilizados

Esta sección proporciona un análisis de las principales tendencias relacionadas con el clima que afectan a Bolivia, incluido el aumento de las temperaturas, los cambios en los patrones de precipitación y el aumento de las concentraciones de CO₂ atmosférico. El estudio utiliza datos de fuentes como GISTEMP de la NASA y el Portal de Conocimiento sobre el Cambio Climático para ilustrar estas tendencias. En la sección se presentan pruebas de anomalías climáticas significativas, como temperaturas extremas y precipitaciones, que han tenido un impacto considerable en la productividad agrícola.

Metodología

La metodología se divide en dos enfoques principales. En primer lugar, el estudio utiliza modelos vectoriales de corrección de errores (VEC) para analizar la relación entre la producción agrícola y las variables climáticas a corto y largo plazo. El segundo enfoque implica la aplicación de modelos autorregresivos de vectores estructurales (SVAR, por sus siglas en inglés) para evaluar cómo un shock climático afecta a diversos sectores de la economía, como la agricultura, el consumo de los hogares y la inversión. La metodología enfatiza la importancia de los análisis a corto y largo plazo para comprender el impacto total del cambio climático.

Resultados

Los resultados revelan que los choques climáticos reducen significativamente la producción agrícola, lo que genera efectos negativos más amplios en la economía boliviana. El modelo SVAR muestra que un choque climático impacta negativamente en la producción agrícola, lo que a su vez reduce el PIB nacional, el consumo de los hogares y la inversión. El estudio también identifica los sectores más vulnerables a los choques climáticos y cuantifica la magnitud de estos impactos, proporcionando evidencia clara de la necesidad de políticas efectivas de adaptación climática.

Conclusión

La conclusión reitera los hallazgos críticos del estudio, destacando el significativo impacto negativo del cambio climático en el sector agrícola de Bolivia y sus implicaciones económicas más amplias. El estudio hace un llamado a tomar medidas urgentes para implementar estrategias de adaptación climática que puedan mitigar estos efectos adversos, particularmente en los sectores más vulnerables de la economía. El autor enfatiza la importancia de incorporar el riesgo climático en los marcos de política económica para mejorar la resiliencia de la producción agrícola de Bolivia y la estabilidad económica general frente al cambio climático en curso.

El efecto de la anomalía de temperatura y los fundamentos macroeconómicos en los rendimientos de los futuros de productos agrícolas (Makkonen et al 2021)

Resumen

Este artículo investiga el impacto dinámico de las anomalías de temperatura y los fundamentos macroeconómicos en los rendimientos de los futuros de productos agrícolas. Utilizando un enfoque de regresión cuantílica, el estudio explora cómo las anomalías de temperatura afectan los rendimientos de varios productos agrícolas en diferentes condiciones de mercado. Los hallazgos indican que las anomalías de temperatura tienen un impacto significativo en los rendimientos de los futuros de soja, maíz, algodón y café, particularmente en condiciones extremas de mercado. El estudio también destaca el papel de otros factores macroeconómicos, como los rendimientos del mercado de valores y los tipos de cambio, para influir en los rendimientos de los futuros de productos agrícolas básicos.

Introducción

En la introducción se destaca la creciente financiarización de los productos agrícolas y su sensibilidad a los movimientos de los precios de otras clases de activos y variables macroeconómicas. El documento está motivado por el aumento observado de los extremos meteorológicos, como las olas de calor y las sequías, en las últimas décadas, que han provocado una alta volatilidad en los precios de los productos agrícolas. Los autores pretenden examinar la relación entre las anomalías de temperatura y los rendimientos de los futuros de las materias primas agrícolas, contribuyendo a la literatura mediante la incorporación de factores del cambio climático en las estrategias de gestión de carteras.

Revisión de la literatura

La revisión de la literatura se divide en tres vertientes: la interacción de los futuros de productos agrícolas con otras clases de activos y factores macroeconómicos, los efectos económicos de las perturbaciones climáticas y la gestión de riesgos climáticos, y la dinámica de la incertidumbre y el riesgo en el mercado de futuros de materias primas. En el examen se analizan los estudios existentes que exploran la relación entre los futuros de productos agrícolas y otros mercados financieros, el impacto de las perturbaciones meteorológicas en el crecimiento económico y los precios de las materias primas, y el papel de los derivados climáticos en la gestión del riesgo climático. Los autores identifican un vacío en la literatura con respecto al impacto de las anomalías de temperatura en los rendimientos de los futuros de productos agrícolas, que este estudio pretende abordar.

Metodología

La sección de metodología describe el uso de la regresión cuantílica (QR) para explorar la relación entre los rendimientos de los futuros de productos agrícolas, las anomalías de temperatura y los fundamentos macroeconómicos. El enfoque QR se elige por su capacidad para capturar la

distribución condicional de la variable dependiente en diferentes condiciones del mercado, como estados bajistas, normales y alcistas. Los autores argumentan que los métodos tradicionales de mínimos cuadrados ordinarios (OLS) son insuficientes para capturar las relaciones dinámicas y asimétricas observadas en los datos. El estudio incluye variables explicativas como las anomalías de temperatura, las rentabilidades bursátiles, los tipos de cambio, los índices de actividad económica y diversas medidas de incertidumbre.

Datos y análisis preliminar

En esta sección se describe el conjunto de datos utilizado, que incluye datos mensuales sobre los precios de los futuros de las materias primas agrícolas, las anomalías de temperatura y las variables macroeconómicas desde 1999 hasta 2018. El estudio se centra en ocho productos agrícolas: café, algodón, maíz, colza, soja, cacao, trigo y girasol. Los datos de anomalías de temperatura provienen de la Unidad de Investigación Climática de la Universidad de East Anglia y del Instituto Goddard de Estudios Espaciales de la NASA. Se proporcionan estadísticas descriptivas y pruebas de estacionariedad, mostrando las características de variabilidad y distribución de las variables. El análisis revela que las anomalías de temperatura y los fundamentos macroeconómicos tienen efectos variables en los rendimientos de los futuros de productos agrícolas, dependiendo del estado del mercado.

Resultados y Discusión

En la sección de resultados se presentan los hallazgos de los modelos de regresión OLS y QR. Los resultados de la OLS indican que los rendimientos del mercado de valores y los tipos de cambio son determinantes significativos de los rendimientos de los futuros de productos agrícolas, mientras que las anomalías de temperatura tienen un impacto limitado en el agregado. Sin embargo, los resultados del QR revelan que las anomalías de temperatura tienen un impacto significativo y asimétrico en los rendimientos de los futuros en diferentes cuantiles. Por ejemplo, las anomalías de temperatura afectan negativamente a los rendimientos de los futuros de soja y maíz en cuantiles bajos (mercados bajistas), pero tienen un impacto positivo en cuantiles altos (mercados alcistas). El estudio también revela que la actividad económica y las medidas de incertidumbre tienen efectos variables sobre los rendimientos de los futuros, dependiendo de la materia prima y las condiciones del mercado.

Conclusión

La conclusión enfatiza la importancia de las anomalías de temperatura como factor de riesgo en los mercados de futuros de productos agrícolas. Los hallazgos del estudio sugieren que la incorporación de las consideraciones sobre el cambio climático en la gestión de carteras puede mejorar la evaluación de riesgos y las estrategias de cobertura. Los autores recomiendan realizar más investigaciones para explorar las implicaciones de los riesgos relacionados con el clima en otras clases de activos y desarrollar modelos más sofisticados para gestionar estos riesgos. El documento también destaca el potencial de los responsables de la formulación de políticas para utilizar estos hallazgos para desarrollar estrategias que mitiguen el impacto económico de los fenómenos meteorológicos extremos en los mercados agrícolas.

Los efectos macroeconómicos de las perturbaciones térmicas sorpresa (Natoli 2023)

Resumen

El artículo examina el impacto de los choques inesperados de temperatura en la economía de los Estados Unidos, centrándose en las fluctuaciones de temperatura infraanuales de alta frecuencia. Utilizando datos diarios a nivel de condado desde 1970 hasta 2019, el estudio construye choques de temperatura trimestrales que capturan los componentes inesperados de las temperaturas extremas. Los resultados indican que estos choques reducen el PIB, los precios al consumidor y las tasas de interés, lo que pone de manifiesto una desaceleración de la demanda agregada. El estudio contribuye a la literatura mediante el desarrollo de un método novedoso para identificar y cuantificar los efectos macroeconómicos de las variaciones inesperadas de la temperatura, que tiene implicaciones para la política monetaria.

Introducción

La introducción prepara el escenario al discutir la importancia de comprender los impactos económicos del cambio climático, particularmente en frecuencias más altas (infraanuales). El autor destaca las lagunas en la investigación existente, que a menudo se centra en las tendencias de temperatura a largo plazo en lugar de los efectos a corto plazo de alta frecuencia. El documento tiene como objetivo abordar estas brechas mediante el desarrollo de una nueva metodología para capturar choques de temperatura inesperados y analizar sus efectos económicos. En la introducción también se esbozan las principales contribuciones del documento, incluido el enfoque novedoso para identificar los choques de temperatura y las implicaciones para la política monetaria.

Bibliografía relacionada

En esta sección se revisa la literatura existente sobre los impactos económicos del cambio climático, centrándose especialmente en los efectos de las variaciones de temperatura sobre el PIB y otras variables macroeconómicas. El autor señala que, si bien existe un cuerpo sustancial de trabajo sobre los efectos a largo plazo del cambio climático, hay poca investigación sobre los impactos de alta frecuencia de las fluctuaciones de temperatura. La revisión de la literatura también analiza las metodologías utilizadas en estudios anteriores, incluidos los modelos VAR estructurales y las anomalías de temperatura, y cómo el enfoque del estudio actual difiere al centrarse en choques de temperatura inesperados a corto plazo.

Canales de transmisión

La sección de canales de transmisión explora cómo los choques de temperatura afectan a la economía. El autor analiza los efectos tanto del lado de la oferta como del lado de la demanda, señalando que las temperaturas extremas pueden reducir la productividad laboral y disminuir las actividades económicas al aire libre, lo que conduce a un menor consumo e inversión. El estudio también considera el impacto potencial en el consumo de energía, donde las temperaturas extremas pueden aumentar la demanda de energía a corto plazo, pero deprimir el consumo a largo plazo debido a una menor demanda agregada. En esta sección se destaca la complejidad de estos canales y su impacto variable en los diferentes sectores de la economía.

Construyendo el choque

En esta sección se detalla la metodología utilizada para construir el choque de temperatura. El autor explica cómo se agregan los datos de temperatura diaria a nivel de condado para crear choques trimestrales, centrándose en desviaciones inesperadas de los patrones de temperatura históricos. La metodología consiste en calcular el número de días extremadamente calurosos o fríos dentro de un trimestre en relación con un período de referencia de varios años, lo que refleja el comportamiento de aprendizaje de los agentes económicos con respecto a las expectativas de temperatura. En la sección se hace hincapié en la importancia de captar el componente imprevisto de las fluctuaciones de temperatura para evaluar con precisión su impacto económico.

Datos

La sección de datos describe los conjuntos de datos utilizados en el análisis, incluidos los datos de temperatura diaria del Centro Climático Regional del Noreste y los datos económicos de la Oficina del Censo de EE. UU. El estudio cubre un período de muestra de 1970 a 2019, con datos de temperatura agregados a nivel de condado y datos económicos utilizados para construir ponderaciones a nivel de condado para agregar choques de temperatura. La sección también proporciona estadísticas descriptivas sobre las tendencias de temperatura y la incidencia de choques de temperatura en los condados de los EE. UU.

El impacto de los choques de temperatura en la economía de EE. UU.

En esta sección se presentan los resultados empíricos del estudio. Los resultados indican que un aumento de una desviación estándar en el choque de temperatura conduce a una reducción significativa del PIB, con el máximo impacto dos años después del choque. Los precios al consumidor y la inversión también disminuyen, mientras que las tasas de interés caen en respuesta a la reducción de la demanda. El estudio sugiere que estos shocks afectan principalmente a la economía a través de canales del lado de la demanda, con implicaciones significativas para la política monetaria.

Ejercicios de robustez

El autor lleva a cabo varias comprobaciones de robustez para validar los hallazgos, incluyendo métodos alternativos para construir los choques de temperatura y diferentes esquemas de ponderación para agregar datos a nivel de condado. Los resultados siguen siendo consistentes en todas estas especificaciones alternativas, lo que refuerza la conclusión de que los choques sorpresivos de temperatura tienen un impacto negativo significativo en la economía de los Estados Unidos.

Otras estimaciones

En esta sección se exploran dimensiones adicionales de los efectos de los choques de temperatura, como su variación estacional y el impacto diferencial de los choques de calor frente a los fríos. El estudio concluye que los efectos económicos son más pronunciados durante el verano y que los choques fríos tienden a tener un impacto ligeramente mayor en el PIB que los choques calientes.

Conclusiones

La conclusión enfatiza la importancia de comprender e incorporar los choques sorpresivos de temperatura en el análisis económico y la formulación de políticas. Los resultados del estudio ponen de relieve los importantes costos económicos a corto plazo de las fluctuaciones inesperadas de temperatura, en particular a través de su impacto en la demanda agregada. El autor pide que se investiguen más a fondo las implicaciones más amplias de estas perturbaciones y sus posibles efectos a largo plazo sobre la estabilidad económica y el crecimiento.

Evaluación del impacto macroeconómico de los choques climáticos en Colombia (Romero et al 2023)

Resumen

El artículo investiga el impacto macroeconómico de los choques climáticos adversos en Colombia, enfocándose particularmente en los eventos de El Niño Oscilación del Sur (ENOS). El estudio examina cómo estos choques climáticos afectan la producción agrícola, los precios de los alimentos y la inflación general utilizando un modelo autorregresivo vectorial bayesiano con variables exógenas (BVAR-X). Los autores desarrollan un modelo de Nueva Keynesia de Pequeña Economía Abierta (SOE-NK, por sus siglas en inglés) para capturar la transmisión de estos shocks, revelando que, si bien la producción agrícola y la inflación se ven significativamente afectadas, el PIB general se mantiene relativamente estable. Este trabajo contribuye a la literatura mediante la integración de los choques climáticos en un modelo macroeconómico estructural adaptado para Colombia.

Introducción

La introducción destaca la creciente importancia de comprender los impactos económicos de las perturbaciones meteorológicas, especialmente a medida que el cambio climático intensifica la frecuencia y la gravedad de tales eventos. Los autores señalan que en Colombia, el fenómeno del ENSO ha provocado históricamente interrupciones significativas en la producción agrícola y la inflación, aunque su impacto en el PIB total ha sido menos pronunciado. Este artículo tiene como objetivo proporcionar una evaluación integral de estos impactos utilizando tanto datos empíricos como un modelo macroeconómico estructural.

Importancia de las fluctuaciones del ENSO, los choques climáticos y la actividad económica

Esta sección proporciona una visión general de los fenómenos ENSO, describiendo cómo las fluctuaciones en las temperaturas de la superficie del mar en el Océano Pacífico conducen a perturbaciones climáticas generalizadas, incluidas sequías e inundaciones, que a su vez afectan las actividades económicas a nivel mundial. Para Colombia, el ENSO ha sido particularmente significativo, causando volatilidad en la producción agrícola, los precios de los alimentos y la inflación. Los autores discuten las implicaciones de estas fluctuaciones para la política económica, particularmente en el contexto de una economía pequeña y abierta como Colombia.

Algunos datos estilizados

En esta sección, los autores emplean un modelo BVAR-X para analizar empíricamente el impacto histórico del ENSO en la economía de Colombia. Descubren que las perturbaciones del ENSO provocan un aumento de la inflación de los alimentos y de los titulares, así como una disminución de la producción agrícola. Curiosamente, a pesar de estos importantes impactos sectoriales, el efecto general sobre el PIB es relativamente moderado. Los autores sugieren que esto podría deberse a la capacidad de la economía para reasignar recursos en respuesta a los choques sectoriales, amortiguando así el PIB general de grandes fluctuaciones.

Modelo

Los autores introducen un modelo de Nueva Keynesia de Pequeña Economía Abierta (SOE-NK, por sus siglas en inglés) diseñado para incorporar los efectos de los choques climáticos relacionados con el ENOS. El modelo presenta dos sectores, el agrícola y el no agrícola, cada uno con rigideces de precios, e incluye una función de daño para tener en cuenta el impacto de los choques climáticos en la productividad agrícola. El modelo también integra un marco de política monetaria basado en la regla de Taylor, que permite al banco central ajustar las tasas de interés en respuesta a las presiones inflacionarias causadas por los choques climáticos. La inclusión de efectos de transmisión imperfectos refina aún más el realismo del modelo, particularmente en la forma en que los cambios en los precios internacionales influyen en los precios internos.

Resultados

Los resultados de las simulaciones del modelo muestran que un choque meteorológico relacionado con el ENSO reduce significativamente la producción agrícola y aumenta la inflación de los alimentos. El shock también afecta a los precios relativos de los productos agrícolas y no agrícolas, lo que provoca un cambio en la estructura de la economía. A pesar de estos impactos sectoriales, el efecto general sobre el PIB es pequeño, en parte debido a los ajustes de la política monetaria que mitigan algunos de los efectos adversos. Los autores también simulan perturbaciones más severas y persistentes del ENOS, encontrando que estas podrían conducir a perturbaciones económicas más pronunciadas y duraderas.

Conclusiones y trabajos futuros

El documento concluye que los choques climáticos relacionados con el ENSO representan un riesgo significativo para el sector agrícola de Colombia y la estabilidad general de precios, aunque la economía en general parece resistente frente a estos choques. Los autores sugieren que su modelo SOE-NK proporciona una herramienta útil para comprender y gestionar estos riesgos. Piden que las investigaciones futuras refinan aún más el modelo, en particular incorporando otros sectores y explorando métodos alternativos de estimación para los parámetros clave. El estudio subraya la importancia de integrar los riesgos climáticos en los marcos de política macroeconómica para mejorar la resiliencia económica.

Impacto sectorial y propagación de las perturbaciones meteorológicas (Zappala 2023)

Resumen

El documento investiga cómo los choques climáticos, como las olas de calor, las sequías y los ciclones tropicales, afectan la producción económica sectorial y cómo estos impactos se propagan a través de las redes de producción en diferentes sectores y países a lo largo del tiempo. Utilizando un conjunto de datos globales que abarca cincuenta años y seis sectores, el estudio concluye que la agricultura es el sector más afectado por las perturbaciones climáticas. El análisis también revela que los sectores inferiores a la cadena de suministro experimentan pérdidas significativas y persistentes debido a estas perturbaciones, lo que pone de relieve la importancia de tener en cuenta los vínculos intersectoriales a la hora de evaluar los costos económicos del cambio climático.

Introducción

La introducción hace hincapié en la creciente demanda de estimaciones basadas en datos de los daños climáticos para guiar los esfuerzos de mitigación del cambio climático. Si bien los estudios anteriores se han centrado en el impacto de los choques climáticos locales en las medidas económicas agregadas, este artículo tiene como objetivo llenar el vacío explorando la transmisión de los choques climáticos a través de las redes de producción. El estudio aprovecha un conjunto de datos único que combina datos económicos a nivel sectorial con información meteorológica y vínculos insumo-producto para evaluar los efectos heterogéneos de las perturbaciones meteorológicas en diferentes sectores y países.

Datos

En esta sección se describen las fuentes de datos utilizadas en el análisis. Los datos sectoriales de producción proceden de la División de Estadística de las Naciones Unidas y abarcan el valor añadido bruto (VAB) por actividad económica en 184 países entre 1970 y 2020. Los datos meteorológicos se derivan de varias fuentes, incluido el conjunto de datos ERA-5 para la temperatura y la precipitación, el Índice Estandarizado de Precipitación y Evapotranspiración (SPEI) para condiciones de sequedad y humedad, y los datos de velocidad del viento para ciclones tropicales. El análisis también utiliza datos de entrada-salida del conjunto de datos EORA26 para comprender cómo se propagan los choques climáticos a través de las redes económicas.

Enfoque empírico

El análisis empírico se lleva a cabo en dos etapas. En primer lugar, el estudio estima el impacto directo de las perturbaciones meteorológicas en las tasas de crecimiento del VAB sectorial utilizando una muestra agrupada de 184 países. El análisis tiene en cuenta las variaciones de temperatura y precipitación dentro y entre países para identificar los efectos causales en la producción económica. En segundo lugar, el estudio examina la propagación de las perturbaciones meteorológicas a través de las redes de insumo-producto, evaluando cómo las perturbaciones en los sectores anteriores o descendentes, tanto nacionales como extranjeros, afectan a la producción sectorial.

Impacto sectorial de las perturbaciones meteorológicas

Los resultados indican que la agricultura es la más afectada negativamente por los choques climáticos, particularmente las olas de calor y las sequías, que reducen significativamente la tasa de crecimiento del sector. Otros sectores, como la construcción y el transporte, se ven menos directamente afectados, pero siguen experimentando algunos impactos negativos de los fenómenos meteorológicos extremos. El estudio también encuentra que las condiciones húmedas generalmente benefician la producción agrícola, mientras que las condiciones secas la perjudican. El análisis pone de manifiesto la heterogeneidad sustancial en la forma en que los diferentes sectores responden a las perturbaciones meteorológicas.

Propagación de los choques climáticos

En esta sección se analiza cómo los choques climáticos se propagan a través de la economía a través de las redes de producción. Los resultados sugieren que los sectores posteriores de la cadena de suministro, como el comercio mayorista, minorista, los restaurantes y los hoteles, sufren pérdidas significativas cuando los sectores proveedores se ven afectados por las perturbaciones meteorológicas. Por el contrario, los sectores anteriores, como la agricultura, se ven afectados negativamente por las perturbaciones de la demanda de los sectores inferiores. El estudio muestra que estos efectos de red son sustanciales y persisten en el tiempo, lo que conduce a reducciones a largo plazo en la producción sectorial.

Conclusión

La conclusión subraya la importancia de tener en cuenta los vínculos intersectoriales al evaluar los impactos económicos del cambio climático. Los hallazgos del estudio revelan que los análisis tradicionales, que se centran únicamente en los efectos directos, pueden subestimar significativamente los costos económicos totales de las perturbaciones climáticas. En el documento se pide que se adopten enfoques más amplios que incorporen la transmisión de las perturbaciones a través de las redes de producción para proporcionar estimaciones más precisas de los daños climáticos y fundamentar las mejores decisiones políticas.

B. Datos y estimación

En este entregable se detallan las variables utilizadas en el modelo SVAR y la estimación de los parámetros del modelo. Es importante hacer notar que la estimación de los parámetros son solamente insumos para los principales resultados del modelo y no revisten interés en sí mismos. El presente estudio se centra en las funciones impulso-respuestas y la descomposición de la varianza del error de pronóstico.

Descripción de las variables

La muestra comienza en 1995: Q1 y se extiende hasta 2019: Q4, totalizando así 100 observaciones. Las variables utilizadas fueron:

1. Producto interno bruto real

Se utilizó el PIB real trimestral para Paraguay, el cual se obtuvo directamente del Anexo Estadístico del Banco Central del Paraguay. El Producto Interno Bruto (PIB) Real mide el valor total de bienes y servicios producidos en una economía a precios constantes; estos precios se obtienen de un año utilizado como base para el cálculo (Callen, 2018). En Paraguay, el Banco Central del Paraguay realizó, recientemente, un cambio de año base, seleccionando el 2014.

El Producto Interno Bruto de Paraguay se ha incrementado a lo largo de los años. Entre los años 1995 y 2019, el PIB real de Paraguay presentó una tendencia ascendente, pese a la volatilidad observada. De acuerdo con la OECD (2018), esta volatilidad se explica por el peso de la agricultura y la concentración de exportaciones primarias y derivadas en la economía del país.

Para su utilización en el modelo SVAR, la serie del PIB real trimestral fue desestacionalizado utilizando el método X13-ARIMA. Luego, se tomó el logaritmo natural de esta serie y se empleó el filtro de Hodrick-Prescott para separar el componente cíclico y la tendencia. Con esta transformación, el componente cíclico se interpreta como desviación porcentual de su valor de tendencia. Este componente cíclico es el utilizado en el modelo.

2. Producción agrícola

Se consideró el PIB real trimestral agrícola, el cual se refiere al valor total de todos los bienes y servicios relacionados con la agricultura que se producen dentro de las fronteras del Paraguay durante un trimestre. Esta variable se obtuvo directamente del Anexo Estadístico del Banco Central del Paraguay y, al igual que el caso del PIB real, se encuentra expresado en millones de guaraníes constantes de 2014.

Para el cálculo de la actividad agrícola, el Banco Central del Paraguay considera, con datos del Ministerio de Agricultura y Ganadería, el algodón en rama, la caña de azúcar, el girasol, la yerba mate, el café, el tabaco, otros cultivos industriales, la soja, el arroz, el maíz, el trigo, otros cereales, la mandioca, otros tubérculos, la piña, el pomelo, la banana, la sandía, el melón, otras

frutas, las legumbres, las hortalizas y otros productos agrícolas. Entre los años 1995 y 2019, el PIB agrícola exhibe una tendencia ascendente; no obstante, se observa mucha volatilidad. Esta volatilidad parece acentuarse a partir del año del 2010, pues en el periodo 2010-2019 se observan valores mucho más extremos (Figura 3). Usualmente, la volatilidad en la producción agrícola está asociada a variaciones del clima y del precio de los commodities (CEPAL, 2021).

Para su utilización en el modelo SVAR, la serie del PIB agrícola real trimestral fue desestacionalizado utilizando el método X13-ARIMA. Luego, se tomó el logaritmo natural de esta serie y se empleó el filtro de Hodrick-Prescott para separar el componente cíclico y la tendencia. Con esta transformación, el componente cíclico se interpreta como desviación porcentual de su valor de tendencia. Este componente cíclico es el utilizado en el modelo.

3. Consumo privado real

Es una medida que representa el gasto total de los hogares y las familias en bienes y servicios. Esta variable se obtuvo directamente del Anexo Estadístico del Banco Central del Paraguay y, al igual que el caso del PIB real, se encuentra expresado en millones de guaraníes constantes de 2014.

El BCP (2019) establece en su Metodología del Sistema de Cuentas Nacionales que el consumo considera el total de gastos en bienes y servicios individuales y colectivos realizados por los hogares residentes e instituciones sin fines de lucro que sirven a los hogares residentes.

El consumo de los hogares exhibe una tasa constante de crecimiento en Paraguay. Entre los años 1995 y 2019 el consumo privado ha presentado una tendencia positiva con desviaciones positivas y significativas que no se separan mucho de la tendencia.

Para su utilización en el modelo SVAR, la serie del consumo privado real trimestral fue desestacionalizado utilizando el método X13-ARIMA. Luego, se tomó el logaritmo natural de esta serie y se empleó el filtro de Hodrick-Prescott para separar el componente cíclico y la tendencia. Con esta transformación, el componente cíclico se interpreta como desviación porcentual de su valor de tendencia. Este componente cíclico es el utilizado en el modelo.

4. Inversión

En las cuentas nacionales, la inversión es reflejada por la formación bruta de capital y representa el valor total de la adquisición de activos físicos y financieros que se utilizan en la producción de bienes y servicios dentro del país durante un período de tiempo específico. Esta variable se obtuvo del Anexo Estadístico del Banco Central del Paraguay y, al igual que el caso del PIB real, se encuentra expresado en millones de guaraníes constantes de 2014.

La inversión en Paraguay ha tenido una tendencia ascendente desde el 2003, aunque se observan 3 caídas bastante pronunciadas entre el periodo 2010-2019 (Figura 5). Usualmente, el nivel de inversión se ve afectado por diversos motivos que pueden incluir factores económicos y políticos (CEPAL, 2013). En Paraguay, la expansión de las inversiones se ha debido principalmente a las condiciones climáticas favorables que hicieron posible la reanudación de obras de infraestructura de gran envergadura llevadas a cabo tanto por el sector público, como por el sector privado (CEPAL, 2016).

5. PIB real socios comerciales

Para la serie de PIB de socios comerciales, se ha considerado al valor promedio del crecimiento del producto interno bruto real de aquellos países con los que el Paraguay mantuvo mayores relaciones comerciales durante el periodo en estudio (Brasil, Argentina, Chile, USA, Países Bajos, Rusia y Uruguay). Inicialmente, se obtuvo el crecimiento trimestral del PIB de cada uno de los países a través de Bloomberg; luego, se calculó el promedio ponderado entre estas tasas de crecimiento para cada periodo. Como ponderador se consideró el grado de relacionamiento medido por la importancia relativa del país dentro de las exportaciones.

6. Tipo de cambio real

El tipo de cambio real compara el valor de la moneda nacional, el guaraní en este caso, con respecto a una canasta ponderada de monedas extranjeras ajustada por la inflación. El Tipo de Cambio Real (TCR) mide la competitividad de la economía paraguaya en relación a sus socios comerciales. La serie de TCR se encuentra en frecuencia mensual y se obtuvo del Anexo Estadístico del Banco Central del Paraguay. Esta serie ha sido trimestralizada calculando el promedio de entre los meses que conforman el trimestre.

El TCR presentó un pico de crecimiento en el año 2006. Se ha observado que entre los años 1995 y 2006 el Tipo de Cambio Real presentó una tendencia ascendente, esto implicaba que la moneda paraguaya se había vuelto menos competitiva en relación con la de sus socios comerciales. A continuación, entre los años 2006 y 2016 se observa una caída significativa, alcanzando en el 2015 niveles que no se observaban hasta antes del año 2000. Esta caída (apreciación) pudo haberse dado debido al boom de las commodities. Por último, entre el año 2016 y el año 2019, el TCR parece haberse alcanzado un nivel constante con tendencia hacia el incremento.

7. Clima

Para la variable climática se han considerado dos opciones: el Índice Estandarizado de Precipitación y Evapotranspiración (SPEI) desarrollado por Serrano et al. (2020) y el índice de sequía (ISPY) calculado a partir del promedio mensual del porcentaje de agua útil desarrollado por Baez, Biedermann y Ruiz (2023).

Las inundaciones y sequías son medidas y capturadas por el Índice Estandarizado de Precipitación y Evapotranspiración (SPEI) desarrollado por Serrano et al. (2020). Este índice utiliza datos de precipitación y temperatura y es relativamente sencillo de calcular, condición necesaria para un índice de sequía según Keyantash & Dracup (2002). La variabilidad de la temperatura es un factor clave. De acuerdo con Tirivarombo (2018), la variación de temperaturas juega un papel importante en la caracterización de sequías y el SPEI puede medir la gravedad de esta teniendo en cuenta su intensidad, duración y, además, puede identificar su punto de inicio y final. El SPEI resalta respecto a otros índices de sequía debido a que sus características multiescales permiten la identificación de diferentes tipos de sequía e impactos en el contexto del calentamiento global. De acuerdo con Mckee et al. (1993), el SPEI sigue la misma clasificación que el Índice Estandarizado de Precipitación (SPI).

Figura 1 - Clasificación del SPEI

Clasificación del SPI y SPEI	
Valor del índice	Categoría
> 2.00	Extremadamente húmedo
1.50 a 1.99	Muy o severamente húmedo
1.00 a 1.49	Moderadamente húmedo
-0.99 a 0.99	Cercano a lo normal
-1.49 a -1.00	Moderadamente seco
-1.99 a -1.49	Muy o severamente seco
< -2.00	Extremadamente seco

Fuente: Clasificación de categoría de sequías (McKee et al., 1993).

La interpretación del SPEI es bastante sencilla. Se definen como normales los casos en los que el índice refleja valores entre -0.99 hasta 0.99. Los valores que se encuentren por debajo de -0.99 se categorizan como sequías moderadas, severas o extremas; mientras que, los valores que se encuentren por encima de 0.99 se categorizan como lluvias moderadas, severas o extremas. Siguiendo a Zappalá (2023), para este estudio, se consideran los valores del SPEI 3. Este índice recoge información de los tres meses inmediatamente anteriores al punto del tiempo observado.

En lo que respecta al ISPY, en el ámbito agrícola, se utilizan datos diarios sobre el porcentaje de agua disponible en el suelo para cultivos tecnificados como soja, maíz, trigo de ciclo largo y maíz zafriña. Esta información abarca los departamentos de Alto Paraná, Caaguazú, Canindeyú, Itapúa y San Pedro. Las estimaciones provienen del modelo de Balance Hídrico Agrícola (BHAg) y fueron proporcionadas por la Dirección Nacional de Meteorología e Hidrología.

Para la construcción del ISPY, para cada cultivo, se calcula el promedio mensual del porcentaje de agua útil a nivel departamental. Estos promedios son posteriormente agregados mediante una suma ponderada, utilizando como ponderadores datos históricos de producción por departamento, proporcionados por CAPECO. A partir de esta agregación, se construye un índice general, también mediante una suma ponderada de los índices por cultivo.

Este índice es luego transformado de manera que tome el valor de 100 cuando se encuentra dentro del rango considerado como reserva óptima de humedad en el suelo. En caso de encontrarse fuera de dicho rango, el índice refleja la misma proporción de desviación respecto al límite inferior o superior que tenía el índice original. Posteriormente, se toman solo aquellos valores menores a 100 para concentrarse únicamente en valores de sequía y remover excesos hídricos. Finalmente, los valores del índice son transformados mediante logaritmo natural, y se procede a calcular la variación respecto al valor del trimestre anterior, con el fin de estacionalizar la variable.

En síntesis, se eliminan los valores correspondientes a condiciones normales de disponibilidad de agua y se excluyen los excesos hídricos. Así, por el contrario de la interpretación del SPEI, un valor más elevado en el índice de sequía indica una mayor intensidad del fenómeno, reflejando una escasez más severa de agua para los cultivos.

Modelo VAR

Los Modelos VAR son una buena alternativa para establecer relación entre variables. En el modelo VAR, cada variable depende de sus propios rezagos, de los rezagos de todas las demás variables, de sus propios errores actuales y rezagados, y de los errores rezagados de todas las demás variables. Por lo tanto, proporcionan una representación muy general de la dinámica conjunta de las variables bajo análisis. La principal ventaja de estos modelos es su generalidad y que no impone ninguna restricción fuerte, *a priori*, sobre las relaciones entre variables. El costo es que pueden parametrizarse en gran medida, se está indicando que estos modelos son flexibles y pueden ajustarse a diferentes situaciones sin establecer restricciones rígidas desde el principio, lo que hace que la estimación sea desafiante, en particular en muestras cortas, y puede reducir la eficiencia del pronóstico. La obra fundamental de Sims (1980) condujo al uso generalizado de modelos VAR, particularmente con el propósito de modelación macroeconómica. Un modelo VAR(p) de forma reducida se puede expresar como:

$$X_t = C + \sum_{l=1}^p A_l X_{t-l} + n_t \quad (1)$$

donde X_t es el vector de variables endógenas en el tiempo t (dimensión = $n \times 1$), como se mencionó anteriormente, X_t es una función lineal de X_{t-l} , donde l es el número de rezagos (valores pasados de X_t); A_l (matrices de dimensión $n \times n$ de los parámetros rezagados); C (un vector de n constantes) y; n_t (vector de $n \times 1$ perturbaciones estructurales gaussianas distribuido normalmente con media 0 y varianza Σ_n).

En este estudio, las variables macroeconómicas domésticas en el periodo actual son una función de sus rezagos, los rezagos de la variable climática y los rezagos de las variables macroeconómicas de los principales socios comerciales. En una economía pequeña y abierta, los shocks externos tienen efecto en las variables macroeconómicas; pero los shocks internos no tienen incidencia en el resto del mundo; debido a esto, Cushman & Zha (1997) construyeron un bloque exógeno que representa a las variables del resto del mundo y un bloque que representa a las variables macroeconómicas nacionales. En este contexto, para este estudio se ha construido, además, un tercer bloque que representa a la variable climática. Algebraicamente el modelo se expresa como:

$$\begin{bmatrix} X_t^W \\ X_t^* \\ X_t^D \end{bmatrix} = C + \sum_{l=1}^p \begin{bmatrix} A_l^{11} & 0 & 0 \\ 0 & A_l^{22} & 0 \\ A_l^{31} & A_l^{32} & A_l^{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_{t-l}^W \\ X_{t-l}^* \\ X_{t-l}^D \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} n_t^W \\ n_t^* \\ n_t^D \end{bmatrix} \quad (2)$$

donde t es el subíndice de tiempo, p es la longitud del rezago, X_t^W , X_t^* y X_t^D son vectores columna de variables para el bloque climático, el resto del mundo y la pequeña economía abierta, respectivamente. Los términos de error η_t^W , η_t^* y η_t^D son exógenos e independientes con media cero y varianza σ^W , σ^* y σ^D , respectivamente. Los coeficientes en A_l^{11} hasta la A_l^{33} , son los parámetros de interés que necesitan ser estimados. Los coeficientes con el valor de cero en la matriz A aseguran la exogeneidad entre bloques.

El bloque meteorológico se representa por: $X_t^W = [\hat{\omega}_t]'$, donde $\hat{\omega}_t$ es la variable climática, es decir, el índice de sequía.

El bloque de las variables macroeconómicas de los principales socios comerciales se representa por: $X_t^* = [\hat{y}_t^*]'$, donde \hat{y}_t^* es el promedio del crecimiento del PIB de los principales socios comerciales de Paraguay.

Finalmente, el bloque de las variables macroeconómicas domésticas se representa por: $X_t^D = [\hat{y}_t \hat{y}_t^A \hat{C}_t \hat{i}_t \underline{rer}_t]$, donde \hat{y}_t es el PIB, \hat{y}_t^A es el PIB agrícola, \hat{C}_t es el consumo, \hat{i}_t denota inversión y \underline{rer}_t es la tasa de cambio real.

El Modelo VAR Estructural

Luego de realizar la estimación de la ecuación (2) -VAR Restringido-, es necesario imponer restricciones a las relaciones contemporáneas. Así, siguiendo la nomenclatura de la ecuación (1), el VAR Estructural -SVAR, por sus siglas en inglés- puede expresarse de la siguiente manera:

$$A_0 X_t = C + \sum_{l=1}^p A_l X_{t-l} + n_t, \quad (3)$$

donde la matriz A_0 impone restricciones a las relaciones contemporáneas entre las variables macroeconómicas domésticas. Las restricciones en A_0 permiten identificar las perturbaciones ortogonales estructurales contenidas en el vector η_t . A continuación, se presentan las restricciones impuestas a la matriz A_0 :

$$A_0 X_t = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ b_{31} & b_{32} & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ b_{41} & b_{42} & b_{43} & 1 & 0 & 0 & 0 \\ b_{51} & b_{52} & b_{53} & b_{54} & 1 & 0 & 0 \\ b_{61} & b_{62} & b_{63} & b_{64} & b_{65} & 1 & 0 \\ b_{71} & b_{72} & b_{73} & b_{74} & b_{75} & b_{76} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \widehat{\omega}_t \\ \widehat{y}_t^* \\ \widehat{y}_t \\ \widehat{y}_t^A \\ \widehat{C}_t \\ \widehat{i}_t \\ \underline{rer}_t \end{bmatrix} \quad (4)$$

La variable climática ($\widehat{\omega}_t$) y el promedio de crecimiento del PIB de los principales socios comerciales (\widehat{y}_t^*) se ven afectados contemporáneamente por ellos mismos únicamente, de acuerdo con los supuestos de exogeneidad formulados anteriormente.

El PIB doméstico (\widehat{y}_t) se considera la más exógena de las variables macroeconómicas domésticas, debido a que ninguna de las demás variables macroeconómicas domésticas tiene un efecto contemporáneo sobre el mismo. En la ecuación (4), se observa que la variable climática ($\widehat{\omega}_t$) tiene un efecto contemporáneo, potencialmente, distinto de cero sobre todas las variables macroeconómicas domésticas. De acuerdo con la ecuación (4), todas las variables macroeconómicas domésticas pueden responder de manera contemporánea a cambios en el promedio de crecimiento del PIB de los principales socios comerciales. A priori, el PIB Agrícola (\widehat{y}_t^A) se ve afectado contemporáneamente por el PIB interno. Por otra parte, se supone que el Consumo se ve afectado contemporáneamente por el PIB interno y por el PIB agrícola. La Inversión, por su parte, se ve afectada por el PIB interno, PIB agrícola y Consumo. Por último, la Tasa de Cambio Real se ve afectada contemporáneamente por todas las variables estudiadas, siendo así la variable más variable endógena en el modelo.

A continuación, la matriz A_0 estimada y usando el SPEI como variable climática:

Estimated A matrix:

	SPEI	wY	Y	Y_a	C	I	ER
SPEI	1.00000	0.000000	0.00000	0.000000	0.0000	0.0000	0
wY	0.00000	1.000000	0.00000	0.000000	0.0000	0.0000	0
Y	0.19153	0.050844	1.00000	0.000000	0.0000	0.0000	0
Y_a	0.09039	0.041875	0.02530	1.000000	0.0000	0.0000	0
C	0.07156	0.133570	0.12452	-0.064677	1.0000	0.0000	0
I	0.43382	0.004351	-0.03002	-0.280581	0.1133	1.0000	0
ER	0.18549	0.257660	0.15562	0.001552	0.2360	0.1532	1

A continuación, la matriz A_0 estimada y usando el ISPY como variable climática:

Estimated A matrix:

	ISPY	wY	Y	Y_a	C	I	ER
ISPY	1.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.0000	0
wY	0.00000	1.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.0000	0
Y	0.25051	0.27078	1.00000	0.00000	0.00000	0.0000	0
Y_a	0.24865	0.11667	0.07253	1.00000	0.00000	0.0000	0
C	0.12057	0.13561	0.05487	0.01217	1.00000	0.0000	0
I	0.13055	0.25386	0.06536	-0.23077	0.06776	1.0000	0
ER	0.06134	0.03409	0.02104	0.08479	0.12234	0.1184	1

Estas matrices servirán de insumo para las funciones impulso-respuesta.

C. Descomposición de variables

En este entregable se exponen como mayores detalles un análisis descriptivo de las variables, así como las transformaciones y las descomposiciones realizadas en casos en donde se requiere descomponer una variable separando su componente estacional, cíclico y de tendencia.

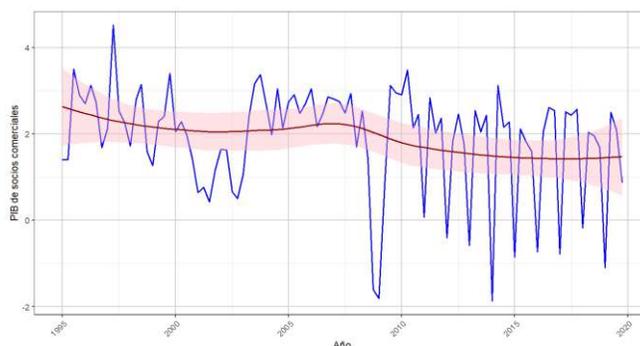
Análisis descriptivo de las variables

1. PIB real trimestral

El Producto Interno Bruto (PIB) Real mide el valor total de bienes y servicios producidos en una economía a precios constantes; estos precios se obtienen de un año utilizado como base para el cálculo (Callen, 2018). En Paraguay, el Banco Central del Paraguay (BCP) realizó, recientemente, un cambio de año base, seleccionando el 2014.

El Producto Interno Bruto de Paraguay se ha incrementado a lo largo de los años. Entre los años 1995 y 2019, el PIB real de Paraguay presentó una tendencia ascendente, pese a la volatilidad observada (Figura 1). De acuerdo con la OECD (2018), esta volatilidad se explica por el peso de la agricultura y la concentración de exportaciones primarias y derivadas en la economía del país.

Figura 1. Evolución del Producto Interno Bruto Real de Paraguay, en millones de guaraníes. Periodo 1995-2019.



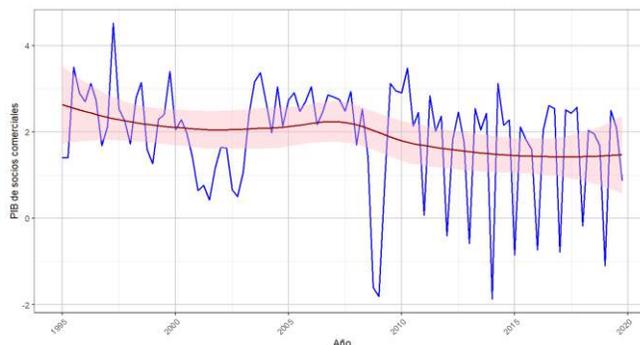
Fuente: Elaboración propia con base en datos del Banco Central de Paraguay.

2. PIB socios comerciales

La evolución del promedio de variación del PIB Real de los principales socios comerciales del país ha presentado una tendencia descendente. Los principales socios comerciales son los países que reciben mayores exportaciones de Paraguay. Entre los años 1995 y 2019, la variación trimestral promedio del PIB de los 8 mayores socios comerciales de Paraguay pasó de 1,4% a 0,9% (Figura 2). En este periodo, se observan caídas significativas -atribuidas a crisis de carácter global- que estuvieron seguidas de recuperaciones significativas -atribuidas a las medidas de recuperación

implementadas-. En economías pequeñas y abiertas, como el caso de Paraguay, es importante considerar la influencia de otros países con los que el país mantiene mayores relaciones de intercambio.

Figura 2. Evolución del Promedio de la variación trimestral del Producto Interno Bruto Real de principales socios comerciales, en porcentaje. Periodo 1995-2019.

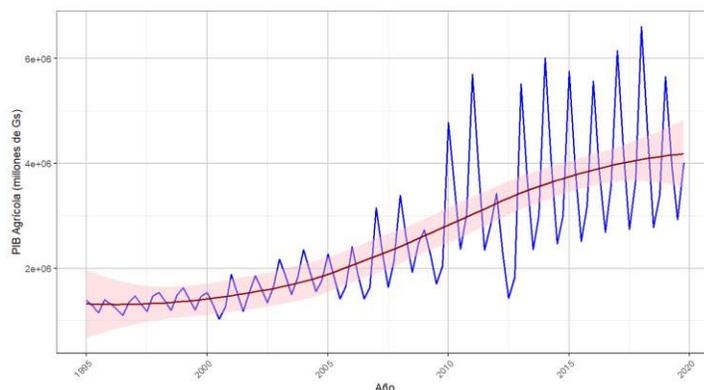


Fuente: Elaboración propia con base en datos de Bloomberg.

3. PIB agrícola

El PIB agrícola presenta una tendencia ascendente. Para el cálculo de la actividad agrícola, el Banco Central del Paraguay considera, con datos del Ministerio de Agricultura y Ganadería, el algodón en rama, la caña de azúcar, el girasol, la yerba mate, el café, el tabaco, otros cultivos industriales, la soja, el arroz, el maíz, el trigo, otros cereales, la mandioca, otros tubérculos, la piña, el pomelo, la banana, la sandía, el melón, otras frutas, las legumbres, las hortalizas y otros productos agrícolas. Entre los años 1995 y 2019, el PIB agrícola exhibe una tendencia positiva; no obstante, se observa mucha volatilidad. Esta volatilidad parece acentuarse a partir del año del 2010, pues en el periodo 2010-2019 se observan valores mucho más extremos (Figura 3). Usualmente, la volatilidad en la producción agrícola está asociada a variaciones del clima y del precio de los commodities (CEPAL, 2021).

Figura 3. Evolución del Producto Interno Bruto Agrícola de Paraguay, en millones de guaraníes. Periodo 2015-2019.



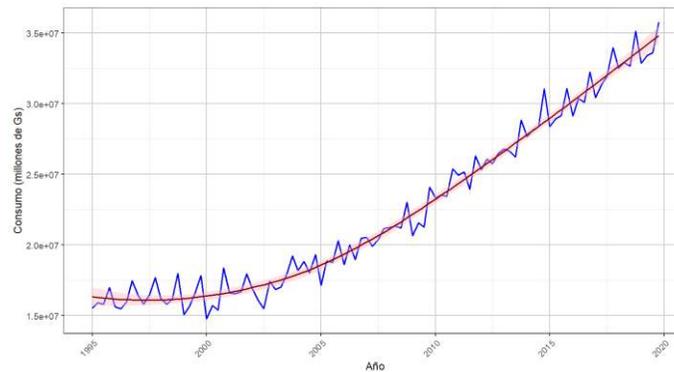
Fuente: Elaboración propia con base en datos del Banco Central de Paraguay

4. Consumo

En una economía, el consumo es igual al valor total de todos los gastos en bienes y servicios. El BCP (2019) establece en su Metodología del Sistema de Cuentas Nacionales que el consumo considera el total de gastos en bienes y servicios individuales y colectivos realizados por los hogares residentes e instituciones sin fines de lucro que sirven a los hogares residentes.

El consumo de los hogares exhibe una tasa constante de crecimiento en Paraguay. Entre los años 1995 y 2019 el consumo privado ha presentado una tendencia positiva con desviaciones positivas y significativas que no se separan mucho de la tendencia. En la Figura 4 se observa un incremento sostenido en el valor del consumo, esto sugiere que la preferencia de las familias hacia el consumo presente no ha sufrido modificaciones importantes a lo largo del tiempo.

Figura 4. Evolución del Consumo de los Hogares en Paraguay, en millones de guaraníes. Periodo 1995-2019.



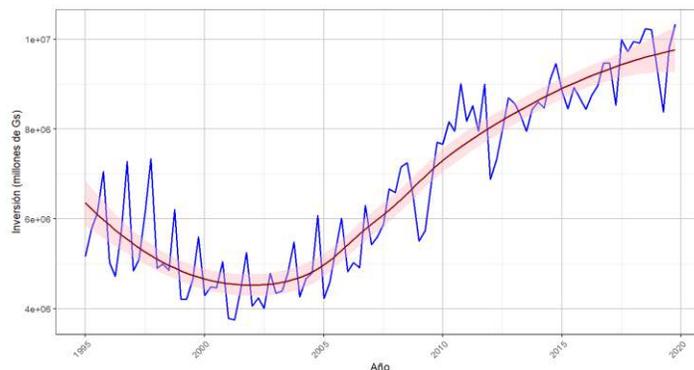
Fuente: Elaboración propia con base en datos del Banco Central del Paraguay

5. Inversión

La inversión es equivalente a la formación bruta de capital fijo. La formación bruta de capital fijo (FBKF) comprende tres elementos: i) el valor total de las adquisiciones de activos fijos en un periodo determinado; ii) las deposiciones de activos fijos adquiridos por el productor en el periodo anterior y; iii) ciertos gastos específicos en servicios que incrementan el valor de los activos no producidos. De esta manera la formación bruta de capital fijo es igual a i) + iii) – ii).

La inversión se ha incrementado a lo largo de los años. Entre los años 1995 y 2019, el incremento de la formación bruta de capital fijo ha sido constante, aunque se observan 3 caídas bastante pronunciadas entre el periodo 2010-2019 (Figura 5). Usualmente, el nivel de inversión se ve afectado por diversos motivos que pueden incluir factores económicos y políticos (CEPAL, 2013). En Paraguay, la expansión de las inversiones se ha debido principalmente a las condiciones climáticas favorables que hicieron posible la reanudación de obras de infraestructura de gran envergadura llevadas a cabo tanto por el sector público, como por el sector privado (CEPAL, 2016).

Figura 5. Evolución de la Formación Bruta de Capital Fijo en Paraguay, en millones de guaraníes. Periodo 1995-2019.



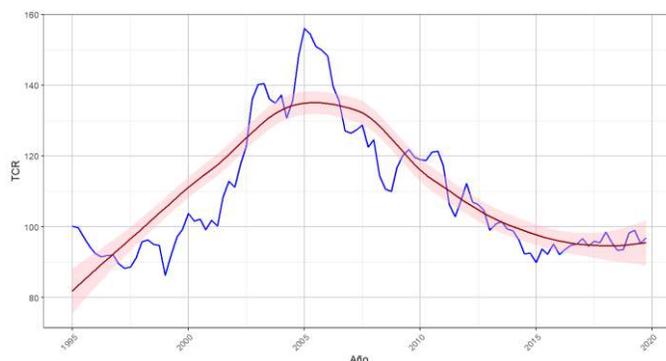
Fuente: Elaboración propia con base en datos del Banco Central de Paraguay

6. Tasa de Cambio Real

El Tipo de Cambio Real (TCR) mide la competitividad de la economía paraguaya en relación a sus socios comerciales. De acuerdo con el BCP (2016), el TCR compara los precios relativos de una canasta de bienes y servicios producidos en diferentes países medidos en una moneda común.

El TCR presentó un pico de crecimiento en el año 2006. En la Figura 6 se observa que entre los años 1995 y 2006 el Tipo de Cambio Real presentó una tendencia ascendente, esto implicaba que la moneda paraguaya se había vuelto menos competitiva en relación con la de sus socios comerciales. A continuación, entre los años 2006 y 2016 se observa una caída significativa, alcanzando en el 2015 nivel que no se observaban hasta antes del año 2000. Esta caída (apreciación) pudo haberse dado debido al boom de las commodities. Por último, entre el año 2016 y el año 2019, el TCR parece haberse alcanzado un nivel constante con tendencia hacia el incremento.

Figura 6. Evolución de la Tasa de Cambio Real Efectiva en Paraguay. Periodo 1995-2019



Fuente: Elaboración propia con base en datos del Banco Central de Paraguay.

Datos desestacionalizados

La desestacionalización con el método ARIMA X-13 es una técnica estadística utilizada para eliminar patrones estacionales de una serie temporal, facilitando el análisis de sus componentes subyacentes, como la tendencia y el ciclo.

X-13ARIMA-SEATS es una herramienta desarrollada por el U.S. Census Bureau que combina dos métodos principales de desestacionalización:

1. X-11/X-12: Un método clásico de descomposición para ajustar series temporales eliminando la estacionalidad.
2. ARIMA (del inglés Autoregressive integrated moving average): Un modelo que ayuda a predecir y ajustar valores futuros de una serie temporal con base en sus datos pasados.

El proceso X-13 aplica el modelo ARIMA para predecir y ajustar efectos relacionados con el calendario, como los efectos de días hábiles o feriados, antes de proceder con la descomposición clásica.

Pasos de desestacionalización con ARIMA X-13

1. Pretratamiento ARIMA:

- Se ajusta la serie temporal mediante un modelo ARIMA para corregir efectos de calendario (por ejemplo, días laborables, festivos y efectos de calendario variable).
- Esta etapa se denomina "**regarima**" (Regresión + ARIMA).

2. Descomposición de la Serie Temporal:

- La serie ajustada se descompone en:
 - **Tendencia-ciclo:** Captura la dirección general y los ciclos de largo plazo.
 - **Estacionalidad:** Captura los patrones periódicos regulares (mensuales, trimestrales, anuales).
 - **Componente irregular:** Captura las fluctuaciones aleatorias o impredecibles.

3. Desestacionalización:

- Se elimina el componente estacional de la serie temporal para obtener la **serie desestacionalizada**.

Las variables que fueron desestacionalizadas son: PIB Real, PIB Agrícola, Consumo e Inversión.

Datos desestacionalizados y utilización del Filtro HP para separar el componente cíclico de la tendencia

El Filtro Hodrick-Prescott (HP) descompone una serie temporal x_t ($t = 1, 2, \dots, T$) en dos componentes: la tendencia mt y el ciclo ct :

$$x_t = m_t + c_t$$

El filtro HP identifica el ciclo y la tendencia mediante un problema de minimización que equilibra la suavidad y el ajuste de la tendencia:

$$\min_{\{c_t\}, \{m_t\}} \left\{ \sum_{t=1}^T c_t^2 + \lambda \sum_{t=3}^T [(1 - B)^2 m_t]^2 \right\}$$

s. a. $x_t = m_t + c_t$

Donde:

- B es el operador retardo tal que $Bz_t = z_{t-1}$. El valor del parámetro λ se establece a priori y modula la suavidad de la tendencia m_t . Cuanto mayor sea λ más suave será la tendencia. Cuando $\lambda \rightarrow \infty$ tenemos el máximo suavizamiento y la tendencia es lineal. Y por el contrario cuando $\lambda \rightarrow 0$ el ajuste es máximo y la tendencia coincide con la serie observada x_t .

La solución (matricial) a este problema de minimización es la siguiente:

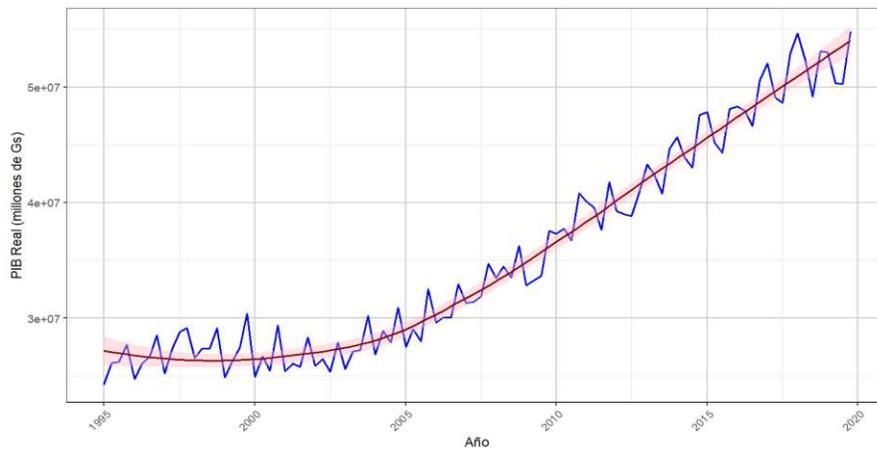
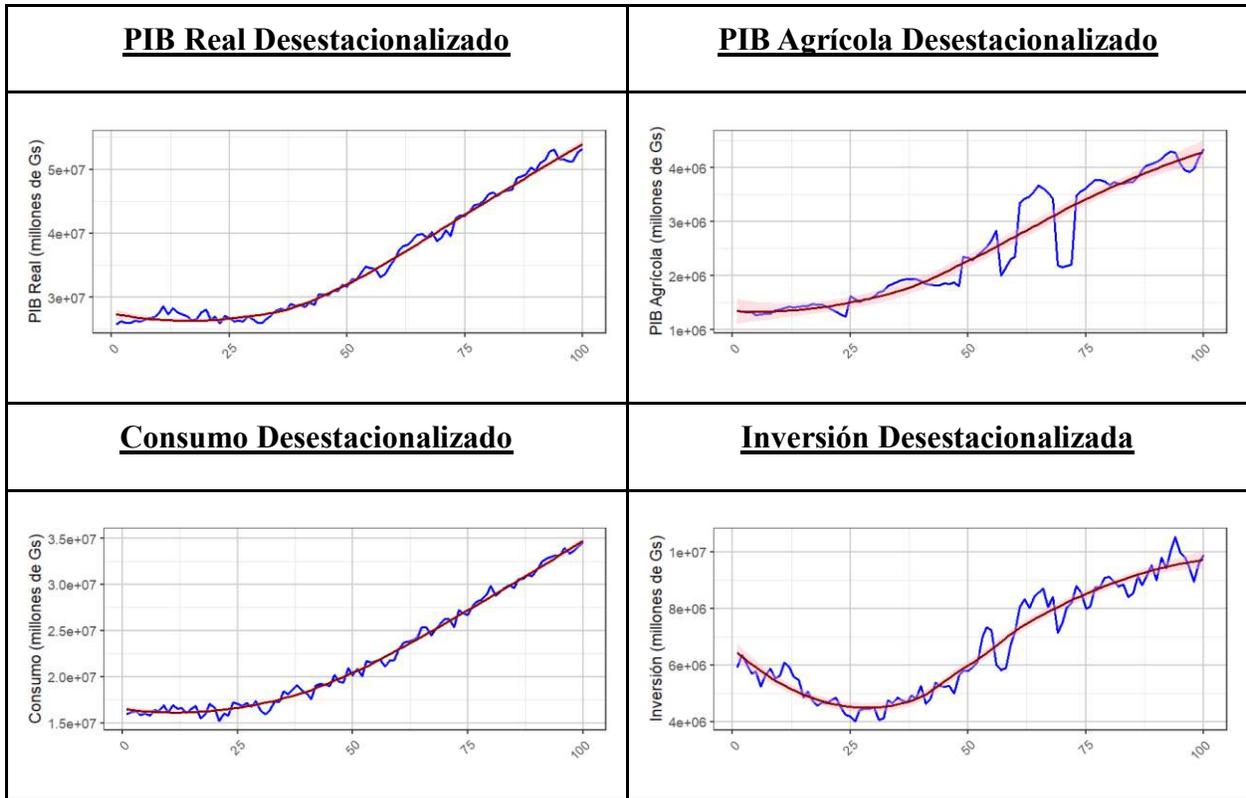
$$\underset{T \times 1}{\mathbf{m}} = \underset{T \times T}{M}^{-1} \underset{T \times 1}{\mathbf{x}}$$

$$\underset{T \times 1}{\hat{\mathbf{c}}} = \underset{T \times 1}{\mathbf{x}} - \underset{T \times 1}{\hat{\mathbf{m}}}$$

Donde:

$$\underset{T \times T}{\mathbf{M}} = [\mathbf{I} + \lambda \mathbf{K}' \mathbf{K}] \quad \underset{T-2 \times T}{\mathbf{K}} = \begin{bmatrix} 1 & -2 & 1 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & -2 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & -2 & 1 \end{bmatrix}$$

Las variables a las que el filtro HP fue aplicado son: PIB Real, PIB Agrícola, Consumo e Inversión.



D. Funciones impulso-respuesta.

Recordemos que el modelo SVAR puede expresarse de la siguiente manera:

$$A_0 X_t = C + \sum_{l=1}^p A_l X_{t-l} + n_t \quad (1)$$

donde la matriz A_0 impone restricciones a las relaciones contemporáneas entre las variables macroeconómicas domésticas. Las restricciones en A_0 permiten identificar las perturbaciones ortogonales estructurales contenidas en el vector η_t . A continuación, se presentan las restricciones impuestas a la matriz A_0 :

$$A_0 X_t = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ b_{31} & b_{32} & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ b_{41} & b_{42} & b_{43} & 1 & 0 & 0 & 0 \\ b_{51} & b_{52} & b_{53} & b_{54} & 1 & 0 & 0 \\ b_{61} & b_{62} & b_{63} & b_{64} & b_{65} & 1 & 0 \\ b_{71} & b_{72} & b_{73} & b_{74} & b_{75} & b_{76} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \widehat{\omega}_t \\ \widehat{y}_t^* \\ \widehat{y}_t \\ \widehat{y}_t^A \\ \widehat{c}_t \\ \widehat{i}_t \\ r\widehat{er}_t \end{bmatrix} \quad (2)$$

La variable climática ($\widehat{\omega}_t$) y el promedio de crecimiento del PIB de los principales socios comerciales (\widehat{y}_t^*) se ven afectados contemporáneamente por ellos mismos únicamente, de acuerdo con los supuestos de exogeneidad formulados siguiendo Cushman & Zha (1997), donde estas variables representan bloques exógenos. La idea es que una economía pequeña y abierta, los shocks externos tienen efecto en las variables macroeconómicas; pero los shocks internos no tienen incidencia en el resto del mundo

Siguiendo a Gallic y Vermandel (2020), el PIB doméstico (\widehat{y}_t) se considera la más exógena de las variables macroeconómicas domésticas, debido a que ninguna de las demás variables macroeconómicas domésticas tiene un efecto contemporáneo sobre el mismo. En la ecuación arriba, se observa que la variable climática ($\widehat{\omega}_t$) tiene un efecto contemporáneo, potencialmente, distinto de cero sobre todas las variables macroeconómicas domésticas. Asimismo, todas las variables macroeconómicas domésticas pueden responder de manera contemporánea a cambios en el promedio de crecimiento del PIB de los principales socios comerciales. A priori, el PIB Agrícola (\widehat{y}_t^A) se ve afectado contemporáneamente por el PIB interno. Por otra parte, se supone que el Consumo se ve afectado contemporáneamente por el PIB interno y por el PIB agrícola. La Inversión, por su parte, se ve afectada por el PIB interno, PIB agrícola y Consumo. Por último, la Tasa de Cambio Real se ve afectada contemporáneamente por todas las variables estudiadas, siendo así la variable más variable endógena en el modelo.

Funciones impulso-respuesta

Una vez estimada la matriz A_0 y los residuos del VAR en forma reducida, u_t , el interés está en cada una de las variables en X_t a un impulso (choque) único en alguno de los componentes del vector de choques estructurales η_t . En nuestro caso en particular, analizaremos la respuesta a un choque climático dado por n_t^W . De forma general, las funciones impulso respuesta están dada por:

$$\frac{\partial X_{t+h}}{\partial n_t^W} = \Theta_h, \quad \text{para } h = 1, 2, \dots, H \quad (3)$$

Donde Θ_h es una matriz $K \times K$. Los elementos de esta matriz, $\theta_{jk,h}$, nos dan la respuesta de la variable j al choque estructural n_{kt} , h periodos después:

$$\theta_{jk,h} = \frac{\partial X_{j,t+h}}{\partial n_{kt}} \quad (4)$$

Para calcular estas funciones impulso-respuesta, un punto de partida útil es reescribir el $VAR(p)$ como un $VAR(1)$ usando su forma “companion”:

$$Y_t = AY_{t-1} + U_t \quad (5)$$

Donde

$$Y_t = \begin{bmatrix} X_t \\ X_{t-1} \\ \vdots \\ X_{t-p+1} \end{bmatrix}_{Kp \times 1}, \quad A = \begin{bmatrix} A_1 & A_2 & \cdots & A_{p-1} & A_p \\ I_K & 0_K & \cdots & 0_K & 0_K \\ 0_K & I_K & \cdots & 0_K & 0_K \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0_K & 0_K & \cdots & I_K & 0_K \end{bmatrix}_{Kp \times Kp}, \quad U_t = \begin{bmatrix} u_t \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix}_{Kp \times 1}$$

Sustituyendo Y_{t-H} sucesivamente en la ecuación (5) tenemos la forma de escribir el $VAR(p)$ como un vector de moving average $VAR(\infty)$ según el teorema de Wold. Con esto tenemos:

$$Y_t = \sum_{h=0}^{\infty} A^h U_{t-h} \quad (6)$$

Ahora definimos la matriz $J_{K \times Kp} \equiv [I_K, 0_{K \times (Kp-K)}]$. Con esta matriz tenemos que $J'J = I_{Kp}$, $JY_t = X_t$ y $JU_t = u_t$ por lo que podemos premultiplicar (6) por J para obtener:

$$X_t = \sum_{h=0}^{\infty} JA^h J' u_{t-h} \quad (7)$$

Las funciones impulso-respuesta de Wold (a partir del VAR en forma reducida) están dados por

$$\underbrace{\Phi_h}_{K \times K} = JA^h J' \quad (8)$$

A partir de lo anterior podemos escribir:

$$X_t = \sum_{h=0}^{\infty} \Phi_h u_{t-h} = \sum_{h=0}^{\infty} \Phi_h A_0^{-1} A_0 u_{t-h} = \sum_{h=0}^{\infty} \Theta_h \eta_{t-h} \quad (9)$$

Donde usamos $\eta_{t-h} = A_0 u_{t-h}$ y definimos $\Theta_h \equiv \Phi_h A_0^{-1}$.

Con esto, las funciones impulso-respuesta estructurales se obtienen postmultiplicando los Wold IRF, Φ_h , por A_0^{-1} para $h = 0, 1, 2, \dots, H$ de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} \Theta_0 &= \Phi_0 A_0^{-1} = JA^0 J' A_0^{-1} = I_K A_0^{-1} = A_0^{-1} \\ \Theta_1 &= \Phi_1 A_0^{-1} \\ &\vdots \\ \Theta_H &= \Phi_H A_0^{-1} \end{aligned}$$

Como ya lo dijimos, el elemento jk -ésimo de Θ_h , denotado $\theta_{jk,h}$, representa la respuesta de la variable j al choque k en el horizonte h .

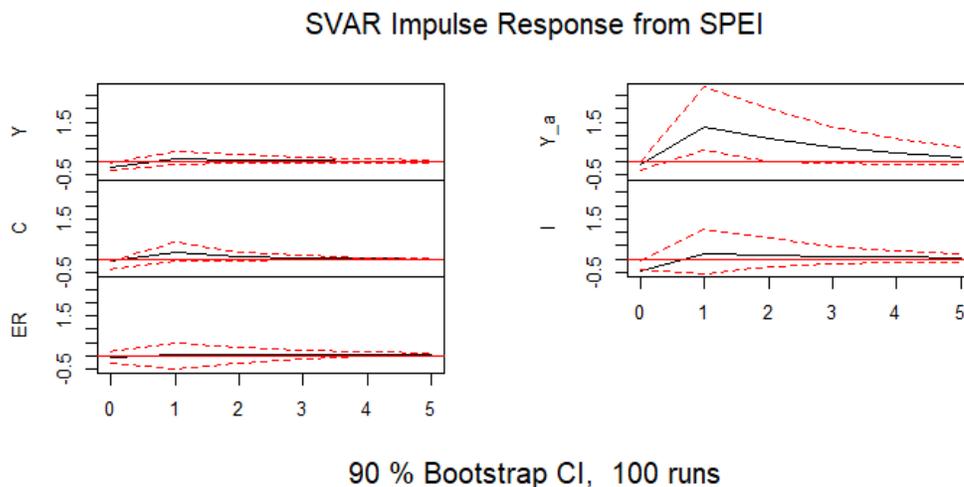
Un punto a tener en cuenta en la interpretación de las funciones impulso-respuesta es que, por la linealidad del VAR, las respuestas a un choque negativo son iguales, pero con signo cambiado, que las respuestas a un choque positivo (las funciones impulso-respuestas son simétricas). Otro factor a considerar es que usualmente se considera un choque de una desviación estándar, entendido así como un choque de magnitud típica.

Impulso respuesta de SVAR con SPEI-3

Para el primer hallazgo, se analiza la respuesta de las variables económicas ante una variación de una desviación estándar en el Índice de Precipitación y Evapotranspiración, considerando la escala de tiempo de 3 meses en el SVAR. Se evidencia que la relación entre la intensidad del shock climático con las variables económicas PIB Agrícola y Consumo (en menor medida) es positiva.

Figura 1 - Gráfico de impulso-respuesta a shock en SPEI

Ante un choque de desviación estándar (valor positivo) de la variable climática, el Producto Interno Bruto Agrícola (Y_a) nacional experimenta



Ante una variación positiva significativa considerable hasta el segundo trimestre, seguida de una recuperación. De igual manera, el Consumo (C) experimenta una relación positiva considerable en el primer trimestre siguiente al shock climático. Esto quiere decir que ante un shock climático medido en SPEI con un valor más positivo (lluvia), el PIB Agrícola y el consumo responden positivamente, y ante un shock climático de valor negativo en el índice SPEI (sequía), el PIB Agrícola y la Inversión responden negativamente.

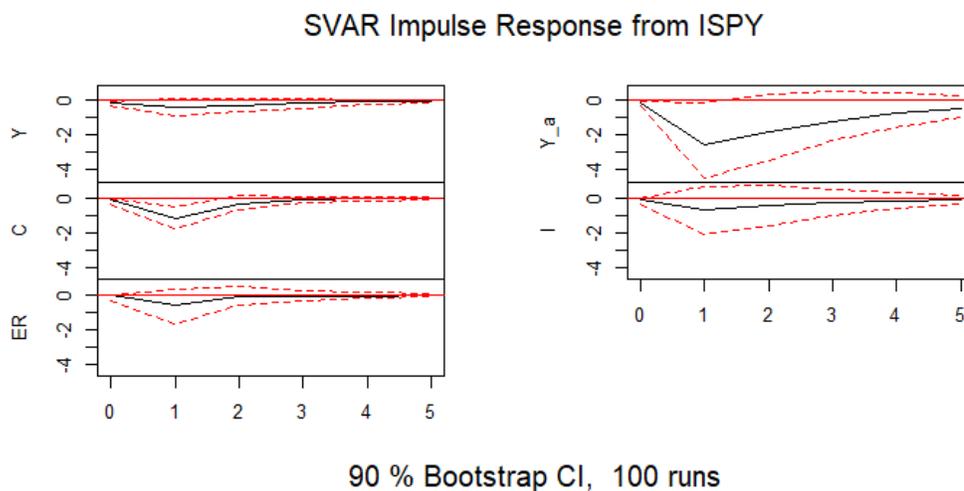
Los valores de respuesta se acentúan en el segundo trimestre posterior al shock climático y se regularizan con el tiempo, llegando prácticamente a su rango normal para el quinto trimestre luego del shock. Las demás variables no responden significativamente al shock al 95% de confianza.

Al analizar las respuestas acumuladas ante los shocks climáticos, se observa con más distinción el efecto directo en el PIB Agrícola (Y_a), sostenido a través del tiempo, mientras que los efectos en las demás variables parecen no mostrar gran significancia.

Impulso respuesta SVAR para sequía ISPY

En la segunda prueba se analiza la respuesta de las variables económicas ante una variación de una desviación estándar en el Índice de Sequía de Paraguay (ISPY), elaborado por Baez, Biedermann y Ruiz (2020). Se evidencia que la relación entre la intensidad del shock de sequía con las variables económicas PIB Agrícola, PIB nacional y Consumo es negativa.

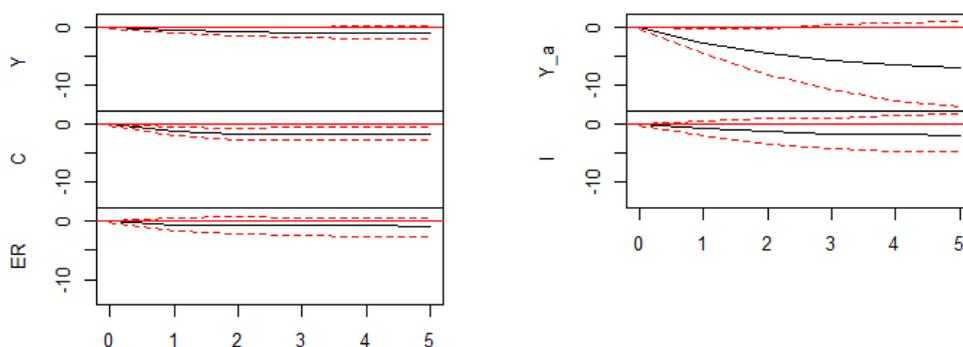
Figura 4 - Gráfico de impulso-respuesta a shock en ISPY



En este caso debemos tener en cuenta que un mayor número en el índice corresponde a un periodo de mayor intensidad de la sequía. En el gráfico es posible distinguir una disminución significativa en el Consumo durante el primer trimestre consecutivo al shock climático, y también, aunque en menor nivel, una disminución significativa en el Producto Interno Bruto (PIB) agrícola, durante el primer trimestre luego del shock. Esto significa que luego de un shock de sequía el PIB agrícola del país y el consumo nacional son afectados significativamente de manera negativa. Las demás variables también parecen disminuir, en promedio, aunque estos resultados no son significativamente distintos de cero al 95% de confianza.

Figura 5 - Gráfico de impulso-respuesta a shock en ISPY

SVAR Impulse Response from ISPY (cumulative)



90 % Bootstrap CI, 100 runs

Fuente: Elaboración propia con base en datos de ISPY

Al observar el gráfico impulso respuesta acumulado ante un shock climático, se distingue el efecto sostenido en el tiempo sobre el PIB Agrícola (Y_a), el Consumo (C) y en menor proporción, la Inversión (I).

Conclusión

Este conjunto de documentos ha explorado de manera integral la **importancia de los choques climáticos en el ciclo económico paraguayo**. Partiendo de una exhaustiva **revisión de literatura**, se ha establecido una sólida **base teórica y contextual**, identificando investigaciones previas, enfoques metodológicos y destacando la relevancia del tema para diversas áreas económicas, incluyendo la estabilidad financiera y la política monetaria, así como las particularidades de los países en desarrollo vulnerables como Paraguay. Esta revisión no solo ha situado el proyecto en el panorama académico, sino que también ha señalado **lagunas de conocimiento** que la investigación busca abordar.

La fase empírica del proyecto, detallada en los entregables de **datos y estimación y descomposición de variables**, describe la cuidadosa preparación de la información utilizada. Se han empleado variables macroeconómicas clave para Paraguay (PIB real, PIB agrícola, Consumo privado, Inversión, Tasa de Cambio Real), variables externas (PIB real de socios comerciales) y variables climáticas, específicamente el Índice Estandarizado de Precipitación y Evapotranspiración (SPEI) y el índice de sequía (ISPY), para el período 1995-2019. Se han aplicado técnicas de procesamiento de datos como la desestacionalización con X13-ARIMA y el filtro Hodrick-Prescott para aislar los componentes cíclicos de las series temporales. La metodología central se basa en la estimación de un **modelo SVAR (Structural Vector Autoregression)** que incorpora bloques exógenos para las variables climáticas y externas, adecuado para analizar la dinámica de una economía pequeña y abierta como la paraguaya.

Los **resultados clave** del análisis, presentados a través de las **funciones impulso-respuesta**, validan empíricamente la vulnerabilidad de la economía paraguaya a los choques climáticos. Específicamente, se observa que:

- **Choques de precipitación positivos (medidos por SPEI)** tienen un **impacto positivo significativo en el PIB agrícola** y, en menor medida, en el consumo.
- **Choques de sequía (medidos por ISPY, un mayor valor indica mayor intensidad)** resultan en una **disminución significativa en el PIB agrícola y el Consumo**.
- Estos impactos en el PIB agrícola y el Consumo **parecen ser sostenidos** en el tiempo, según el análisis de las respuestas acumuladas.
- Si bien otras variables macroeconómicas domésticas (como el PIB total o la Inversión) también muestran, en promedio, disminución ante sequías, su respuesta no es significativamente distinta de cero al 95% de confianza en todos los casos, aunque la inversión acumulada sí muestra un efecto sostenido negativo ante sequía.

En suma, los materiales adjuntos documentan un proyecto de investigación que, fundamentado en la literatura económica existente, implementa un riguroso análisis empírico utilizando un modelo SVAR para cuantificar los **efectos diferenciados y significativos de los choques climáticos (sequía y lluvia)** en variables clave del ciclo económico paraguayo, particularmente el **PIB agrícola y el Consumo**. Estos hallazgos refuerzan la comprensión de la **vulnerabilidad climática de la economía paraguaya** y subrayan la importancia de integrar estos riesgos en el análisis y la formulación de políticas económicas.

Bibliografía

- Báez, J., Biedermann, G., & Ruíz Díaz, V. (2023). *Drought shocks and the Paraguayan macroeconomy: A Bayesian SVAR Analysis*. Banco Central del Paraguay; Dirección Nacional de Meteorología e Hidrología.
- Romero, J. V., Naranjo-Saldarriaga, S., & Muñoz, J. A. (2023). *Assessing the macroeconomic impact of weather shocks in Colombia*. Sección de Economía Internacional, Instituto de Estudios Internacionales y de Desarrollo.
- Bobba, M. S., Dreher, A. M., & Grijpink, R. P. (2021). *A new source of country risk: The impact of climate change on sovereign creditworthiness*. Datos económicos globales y modelos climáticos.
- Bossard, L., & Adams, R. H. (2021). *The economic impact of climate change on agriculture in developing countries: Evidence from Sub-Saharan Africa*. Datos de países de África subsahariana.
- Chen, H., Gong, L., & Liu, Y. (2021). Engaging central banks in climate change? The mix of monetary and climate policy. *Energy Economics*, 103, 105539. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2021.105539>
- Conlon, T., Ding, R., Huan, X., & Zhang, Z. (2024). Climate risk and financial stability: Evidence from syndicated lending. *European Journal of Finance*. <https://doi.org/10.1080/1351847X.2024.2343111>
- Fernandes, A. P. D., & Silva, J. L. M. (2023). *Impact of climate change on agricultural productivity in Brazil*. Datos de Brasil.
- Hernández, M. A., & Orozco, L. V. (2021). *Climate change and its impact on global trade: An empirical analysis*. Datos globales de comercio y clima.
- García, C. J., & Schaefer, M. P. (2021). *The role of financial markets in climate change adaptation: Evidence from Europe*. Datos de mercados financieros europeos.
- De Bandt, O., Jacolin, L., & Lemaire, T. (2021). Climate change in developing countries: Global warming effects, transmission channels and adaptation policies. *Banque de France Working Paper No. 822*. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3888112
- Dell, M., Jones, B. F., & Olken, B. A. (2012). Temperature shocks and economic growth: Evidence from the last half century. *American Economic Journal: Macroeconomics*, 4(3), 66–95. <https://doi.org/10.1257/mac.4.3.66>
- Dupont, J.-L. M., & Fernández, C. A. (2021). *Climate change and energy transition: A global perspective*. Datos globales de energía y clima.
- Gallic, G., & Vermandel, G. (2020). Weather shocks. *European Economic Review*, 124, 103406. <https://doi.org/10.1016/j.eurocorev.2020.103406>
- Giuliano, F. (2024). The macroeconomic impact of climate shocks in Uruguay. *World Bank Policy Research Working Paper No. 10740*. <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/099400003272435890/idu13bfbac77199f81489e18f2319846d83a3953>
- López, P. M., & González, J. R. (2023). *The socioeconomic impacts of climate change in Latin America*. Datos de países de América Latina.

- IMF Research Team. (2023). *Sectoral Impact and Propagation of Weather Shocks: A Case Study from the IMF*. Fondo Monetario Internacional.
- Makkonen, H., Nguyen, D. K., & Pätäri, E. (2021). The effect of temperature anomaly and macroeconomic fundamentals on agricultural commodity futures returns. *Energy Economics*, 100, 105322. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2021.105322>
- Natoli, F. (2023). The macroeconomic effects of temperature surprise shocks. *Bank of Italy Temi di Discussione (Working Paper) No. 1407*. https://ideas.repec.org/p/bdi/wptemi/td_1407_23.html
- Romero, J. V., Naranjo-Saldarriaga, S., & Muñoz, J. A. (2023). Assessing the macroeconomic impact of weather shocks in Colombia. *IHEID Working Paper No. 14-2023*. <https://bccprogramme.org/wp-content/uploads/2023/09/HEIDWP14-2023-Romero-Naranja-Munoz.pdf>
- Zappalà, G. (2023). Sectoral impact and propagation of weather shocks. *IMF Working Paper No. 23/53*. <https://www.imf.org/en/Publications/WP/Issues/2023/03/10/Sectoral-Impact-and-Propagation-of-Weather-Shocks-530798>