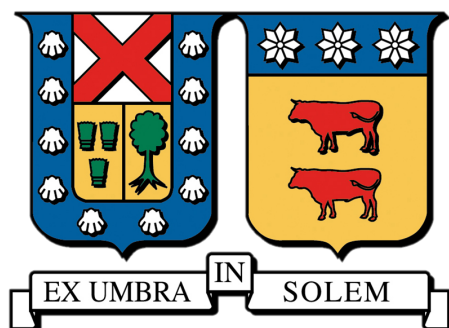




UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE INDUSTRIAS

**DETERMINANTES DEL TIPO DE CAMBIO REAL EN CHILE: UN
ESTUDIO ECONOMETRICO DE SU COMPORTAMIENTO,
PERSISTENCIA E INTERACCIONES MACROECONÓMICAS**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

AUTOR

DAGOBERTO IGNACIO CATEJO ARMIJO

PROFESOR GUÍA

Dr. ANA MARÍA ELISA FARIAS GORDON

PROFESOR CO-REFERENTE

DAVID GODOY RAMOS

SANTIAGO DE CHILE, 5 DE DICIEMBRE 2025



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): ☒ Memoria o trabajo de título ☐ Tesis de Postgrado

Título del trabajo: Determinantes del Tipo de Cambio En Chile: Un estudio econométrico de su comportamiento, persistencia e interacciones macroeconómicas.

Nombre del candidato(a): Dagoberto Ignacio Catejo Armijo

Carrera / Grado: Ingeniería Civil Industrial

Campus: Santiago, Vitacura; **Departamento:** Industrias

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Ana María Elisa Farias Gordon, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución.

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL (marcar una opción)

☒ El trabajo **NO contiene** información que amerite confidencialidad y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

☐ El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (**embargo**) por (**marcar una opción**):

☐ 6 meses ☐ 12 meses ☐ 2 años ☐ 3 años ☐ 5 años ☐ 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: _____ Firma: M^aE Farias

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 31-07-2026 ; Firma: Dagoberto C.

Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.

Tabla de Contenidos

1	Agradecimientos	5
2	Resumen	6
3	Introducción	8
3.1	Contexto General	8
4	Problema de Investigación	10
5	Objetivos	12
5.1	Objetivo General	12
5.2	Objetivos Específicos	12
6	Alcance	13
6.1	Alcance Descriptivo	13
6.2	Alcance Correlacional	13
7	Marco Teórico	15
7.1	Globalización Financiera	15
7.2	Tasas de Interés y Flujos de Capital en Economías Abiertas	15
7.3	El Rol del Banco Central	17
7.4	Tipo de Cambio Real y Volatilidad Cambiaria	17
8	Metodología	19
8.1	Diseño de Investigación	19

8.2	Fuente de Datos	19
8.3	Definición de Variables	20
8.3.1	Variable Dependiente	
	Tipo de Cambio Real (TCR)	20
8.3.2	Variable Independiente	21
8.4	Preparación y Tratamiento de Datos	22
8.4.1	Alineación temporal	22
8.4.2	Transformación logarítmica	22
8.4.3	Evaluación de Estacionariedad	23
8.4.4	Selección y depuración de variables	24
8.4.5	Reproducibilidad	24
9	Modelo Econométrico	26
9.1	Justificación del Modelo	28
10	Resultados	30
10.1	Introducción	30
10.2	Primer Modelo	31
10.3	Segundo Modelo	34
10.4	Tercer Modelo	38
10.5	Cuarto Modelo	41
10.5.1	Incorporación de Rezago	41
10.5.2	Ortogonalización de Variables	42
10.5.3	Eliminación de Variables	42

10.5.4	Resultados	43
10.6	Modelo ARIMA para la dinámica temporal del TCR	46
10.6.1	Estacionariedad	46
10.6.2	Estimación del modelo ARIMA	50
10.6.3	Diagnóstico de residuos y pronóstico	51
11	Conclusiones	54
11.1	Conclusiones	54
11.2	Recomendaciones	56
11.3	Síntesis	58
12	Discusión	60
13	Limitaciones	63
14	Anexos	65
14.1	Anexo A	65
14.2	Anexo B	65

Lista de Tablas

1	Resultados Regresión Primer Modelo	31
2	Resultados Regresión Segundo Modelo	35
3	Resultados de Estudios de Multicolinealidad	35
4	Resultados Modelo Elastic Net	38
5	Coeficiente de Determinación Ajustado Modelo Elastic Net	38
6	Resultados de Estudios de Multicolinealidad	39

7	Resultados Regresión Cuarto Modelo	43
8	Resultados de Estudios de Multicolinealidad	44

Lista de Figuras

1	Indicadores de ajuste y significancia global del primer modelo	32
2	Indicadores de ajuste y significancia global del segundo modelo	35
3	Indicadores de ajuste y significancia global del cuarto modelo	44
4	Tipo de Cambio Real en Niveles	47
5	Resultados del test de Dickey–Fuller aumentado para el TCR en niveles	47
6	Primera Diferencia del Tipo de Cambio Real	48
7	Resultados del test de Dickey–Fuller aumentado para la primera diferencia del TCR	48
8	Resultados del test de Phillips–Perron para evaluar la raíz unitaria del TCR	49
9	Resultados del modelo ARIMA (1,1,0) para el logaritmo natural del Índice del TCR	51
10	Resultados del test Ljung-Box sobre los residuos	51
11	Proyección del modelo ARIMA (1,1,0) para el logaritmo natural del Índice del TCR	52

1 Agradecimientos

Primero que todo, nunca creí llegar tan lejos, después de tantas caídas, tantas noches de mal dormir, días enteros dándolo todo y ahora me encuentro más cerca que nunca del objetivo.

Esta tesis y este recorrido se lo debo todo a mi familia, que nunca me dejaron caer, siempre estuvieron a mi lado para apoyarme y no dejar que me rindiera, especialmente a mi madre Margarita, mi padre Dagoberto y mi hermano Martín, quienes me vieron reír y llorar en esta etapa de mi vida, sin ellos no sé qué sería de mí.

Y obviamente no puedo dejar fuera a mis viejitos, que lamentablemente ya no están conmigo físicamente para abrazarlos y mostrarles lo que estoy por lograr, mis “welitos” Lidia y Aliro, los extraño mucho y espero que donde sea que estén se sientan orgullosos de mí.

Y por último, pero no menos importante, a la niña que me ha ayudado a ser una mejor versión de mi mismo, Javiera, te amo, gracias por estar a mi lado y darme tu apoyo y amor incondicional, espero ser igual de importante para ti como tú eres para mí.

Y nada más porque si no me extendo mucho y no es la idea, solo quiero decirles gracias a todos mis amigos que hice en el camino y a todos mis familiares que siempre confiaron.

Los amo.

2 Resumen

Este trabajo analiza el comportamiento del **Tipo de Cambio Real en Chile (TCR)** y su relación con un conjunto de variables macroeconómicas internas, externas y eventos extraordinarios, mediante un enfoque descriptivo y correlacional. Se utilizan datos mensuales para el periodo 2010-2025 y herramientas econométricas en R para caracterizar la dinámica del TCR, evaluar su estacionariedad e identificar asociaciones estadísticas relevantes con variables vinculadas a actividad económica, precios internacionales, diferenciales macroeconómicos e incertidumbre financiera.

El estudio considera transformaciones logarítmicas, ortogonalización de variables, análisis de multicolinealidad y distintas especificaciones de regresión lineal múltiple. La especificación multivariada principal permite estudiar la relación entre el TCR y sus determinantes macroeconómicos, manteniendo variables con fundamento teórico aun cuando algunas no presenten significancia individual, debido a su rol como controles dentro del modelo.

Adicionalmente, las pruebas de raíz unitaria muestran que el TCR presenta un comportamiento compatible con una serie integrada de primer orden, es decir, no estacionaria en niveles, pero estacionaria en primera diferencia. Por ello, el análisis se complementa con un modelo **ARI-MA(1,1,0) con drift** aplicado al logaritmo natural del índice del TCR, con el fin de representar de manera más adecuada su dinámica temporal y persistencia.

Los resultados muestran que el TCR chileno presenta una **marcada persistencia** y que su comportamiento se asocia tanto a factores macroeconómicos como a shocks específicos del periodo analizado. En conjunto, la investigación entrega evidencia empírica sobre la dinámica cambiaria chilena y establece una **base para futuras extensiones** que incorporen modelos dinámicos de mayor complejidad, análisis de cointegración, pruebas de estabilidad estructural o información



financiera de mayor frecuencia.

3 Introducción

3.1 Contexto General

Con el transcurso de los años, la **globalización** ha tomado un papel importante en la actualidad. Las sociedades, antes separadas por limitaciones físicas y ritmos completamente locales, hoy se encuentran inmersas en un sistema globalizado, donde la información, bienes y decisiones son tomadas con una velocidad sin precedentes, la cual ha derribado las barreras para generar una **unificación** más allá del plano físico. Los **avances tecnológicos** han impulsado esta globalización, tejiendo una red dinámica de información e integración, logrando desdibujar la separación entre lo nacional y lo internacional.

En este entramado, la **dimensión económica** se ha tenido que adaptar a un rol protagónico en esta nueva realidad: los mercados redefinidos como **círculos integrados**, donde las decisiones de inversión, producción y riesgo no solo dependen de condiciones internas, sino también de las señales provenientes del resto del mundo. Dentro de la órbita económica, podemos afirmar que el área financiera puede resumir con ímpetu esta transformación. La liberación de capitales, la creciente sofisticación de los instrumentos financieros y el rol de las instituciones monetarias en la economía en ámbitos macro y micro, han transformado al sistema financiero global en un canal donde shocks internacionales se transmiten por todas las economías del mundo de manera rápida y, a veces, de manera amplificada.

Dentro de este sistema tan interconectado, los **tipos de cambio** y **tasas de interés** se ven envueltas muy profundamente en estas condiciones. En economía, estas variables funcionan como **termómetros de la economía global**: reaccionan en tiempo real ante políticas monetarias internacionales, tensiones geopolíticas, variaciones entre los precios de commodities, riesgo de inversión,

entre otros. En consecuencia, en países y economías pequeñas como Chile, movimientos dentro de otros centros financieros lejanos provocan ajustes realmente rápidos en la moneda local.

El presente informe busca examinar este fenómeno en la economía cambiaria chilena desde una perspectiva analítica y empírica, utilizando métodos de modelado econométrico para identificar patrones de comportamiento y evaluar el impacto de los cambios en políticas monetarias estadounidense y eventos geopolíticos en el tipo de cambio de nuestro país.

4 Problema de Investigación

A pesar de la existencia de una amplia literatura que vinculan las tasas de interés, los flujos de capitales y el comportamiento del tipo de cambio, en el caso de Chile no se sabe con certeza de la magnitud y dirección con la cual se ve afectado. El mercado nacional ha mostrado históricamente una **alta sensibilidad** ante movimientos de políticas monetarias nacionales e internacionales, especialmente a los movimientos de la **Reserva Federal (FED)**, cuyos ajustes influyen en los flujos de capital hacia mercados emergentes (He y Lin, 2024). Adicional a esto último, fluctuaciones en el precio de commodities como el cobre o el petróleo y shocks producto de incertidumbre global que se ramifican por todo el globo, pero ¿Sabemos realmente cómo interactúan estas variables para determinar la volatilidad del tipo de cambio?; ¿hasta qué punto estos elementos explican el fenómeno observado?

En términos generales, las variaciones significativas del tipo de cambio en el país suelen atribuirse principalmente al comportamiento del cobre, diferenciales en las tasas de interés, expectativas inflacionarias y políticas monetarias del Banco Central de Chile (BCCh, 2025). No obstante, la evidencia reciente sugiere que estos factores **no trabajan de manera aislada**, sino dentro de un sistema altamente interconectado y complejo, donde decisiones tomadas en economías desarrolladas pueden **inducir movimientos abruptos** en mercados emergentes (Chen et al., 2024).

En este caso particularmente, es necesario profundizar en este análisis, debido a que el país opera bajo un régimen de **flotación cambiaria y metas de inflación**, donde el banco central busca responder y controlar shocks tanto internos como externos. Sin embargo, la transmisión de estas medidas hacia el tipo de cambio no siempre sigue los comportamientos teóricos de la teoría de paridad de tasa de interés, dejando en evidencia **fricciones, rezagos o efectos asimétricos**

(BCCh, 2025) . Adicionalmente, la evolución del mercado laboral de Estados Unidos, junto con las proyecciones de la política monetaria de la FED. ha introducido nuevas presiones sobre el valor del dólar, afectando a economías como la chilena (U.S. Bureau of Labor Statistics, 2025)(Federal Reserve System, 2025).

En consecuencia, surge la necesidad de estudiar con mayor profundidad este escenario y desentrañar la verdadera naturaleza del vínculo entre el tipo de cambio chileno, las tasas de interés y los factores internacionales que interactúan con este mercado. La presente investigación busca aportar evidencia empírica actualizada que permita comprender dicha relación entre las variables, evaluar el rol de la volatilidad resultante y, en medida de lo posible, clarificar cómo los distintos niveles de interconexión financiera determinan la respuesta de la economía nacional frente a diferentes estímulos globales.

5 Objetivos

5.1 Objetivo General

Analizar la relación entre las tasas de interés-tanto locales como internacionales- y el tipo de cambio en Chile, evaluando cómo estas variables interactúan en un contexto de interconexión financiera global, y cómo los shocks externos se asocian con la volatilidad cambiaria y la dinámica del mercado financiero chileno.

5.2 Objetivos Específicos

Examinar la influencia de la política monetaria de la Reserva Federal de Estados Unidos sobre el mercado cambiario chileno, considerando los movimientos del mercado laboral estadounidense, sus expectativas de tasas y la trayectoria del Federal Funds Rate durante el periodo 2010-2025 (U.S. Bureau of Labor Statistics, 2025) (Federal Reserve System, 2025).

Desarrollar y estimar modelos econométricos de series de tiempo que permitan evaluar la relación temporal entre shocks internos y externos y el comportamiento del Tipo de Cambio Real.

Determinar la contribución relativa de factores internacionales, domésticos y del mercado de commodities en la explicación de la volatilidad del tipo de cambio real, incorporando variables como el precio del cobre, tasas de interés nacional y estadounidense, desempleo, entre otras.

Analizar la dinámica temporal y la persistencia del Tipo de Cambio Real chileno mediante pruebas de estacionariedad y herramientas de series de tiempo, complementando el análisis multivariado.

6 Alcance

El alcance de este trabajo se limita a **describir** y **analizar** las relaciones estadísticas entre el **Tipo de Cambio Real (TCR)** de Chile con respecto a un conjunto de distintas variables macroeconómicas internas, externas y eventos extraordinarios, utilizando una base de datos mensuales para el periodo 2010-2025 que será empleada a lo largo de todo el proceso de construcción y evaluación de los modelos econométricos realizados en el software R. El enfoque no busca explicar **causalidad profunda** ni proponer modelos estructurales, sino caracterizar el comportamiento del TCR, evaluar su persistencia y analizar cómo este se asocia con factores externos e internos considerados relevantes para el estudio. En este sentido, los resultados deben interpretarse como evidencia estadística y correlacional, y no como **relaciones causales definitivas**.

6.1 Alcance Descriptivo

Como primer enfoque, se considera un alcance **descriptivo** centrado en revisar el comportamiento de las series, **identificar patrones** generales y comprender la dinámica del TCR a través de gráficos, transformaciones logarítmicas, pruebas de estacionariedad y diagnósticos básicos con respecto a un paquete de variables previamente seleccionadas. Este análisis permite observar cómo evoluciona la serie en el tiempo, evaluar su grado de persistencia y determinar si requiere tratamientos específicos, como la diferenciación o la estimación de modelos adecuados para series no estacionarias.

6.2 Alcance Correlacional

Por otro lado, se incorpora un alcance correlacional orientado a **estimar modelos** que permitan evaluar la fuerza y dirección de las relaciones entre el TCR y las variables macroeconómicas

seleccionadas. Las regresiones, la ortogonalización, los diagnósticos de multicolinealidad y el análisis de significancia se utilizan para identificar asociaciones relevantes, sin establecer **causalidad directa entre las variables**.

De manera complementaria, el análisis de estacionariedad y la estimación del modelo ARI-MA permiten **caracterizar la dinámica temporal propia del TCR**, especialmente su persistencia y comportamiento en el tiempo. Este componente **no reemplaza el análisis correlacional**, sino que lo complementa, permitiendo distinguir entre las asociaciones macroeconómicas observadas y la estructura temporal de la serie.

En conjunto, este estudio se mantiene dentro de un enfoque descriptivo y correlacional, entregando una **base ordenada** para comprender tanto el comportamiento del TCR como sus vínculos estadísticos más relevantes con variables internas, externas y eventos específicos del periodo analizado.

7 Marco Teórico

7.1 Globalización Financiera

La globalización financiera ha creado un sistema internacional donde capitales, riesgo e información fluye rápido y sin barreras entre las economías, proceso que intensifica la **interdependencia entre mercados**, reduciendo la autonomía de los países para aislarse de shocks externos. Gracias a este entorno, decisiones de economías de gran envergadura- como Estados Unidos- generan efectos no menores en mercados financieros emergentes o de menor tamaño, debido principalmente a la relevancia del dólar como **moneda de reserva global**.

La teoría macroeconómica internacional sostiene que, en contextos de **alta integración financiera**, los movimientos de tasas de interés externas inducen cambios en los incentivos de inversionistas y genera rebalanceo de portafolios que afectan directamente el tipo de cambio, bonos y activos financieros (Obstfeld y Rogoff, 1996) (Branson y Henderson, 1985). Este concepto ha sido actualizado en la literatura moderna recientemente a través del concepto de **Global Financial Cycle**, que demuestra cómo la política monetaria de Estados Unidos influye de manera sistemática en los flujos de capital hacia economías emergentes (Miranda-Agrippino y Rey, 2022), siendo transmitidas a través de **incrementos en volatilidad y ajustes en los precios de activos** (He y Lin, 2024)(Chen et al., 2024).

7.2 Tasas de Interés y Flujos de Capital en Economías Abiertas

La **Paridad No Cubierta de Tasas de Interés (UIP)**, estipula que los diferenciales de tasas entre países inducen movimiento de capital que ajustan el tipo de cambio hasta llegar al equilibrio. En promedio y con falta de barreras al flujo de capitales, se espera que la rentabilidad de invertir

en activos de un país sea igual a invertir en activos de otro.

En términos generales:

$$i_t^{CL} - i_t^{US} = E \left(\frac{\Delta TC_t}{TC_t} \right) \quad (1)$$

donde:

- i_t^{CL} = Tasa de interés chilena
- i_t^{US} = Tasa de interés estadounidense
- ΔTC_t = Variación esperada del tipo de cambio
- TC_t = Tipo de cambio

En base a lo anterior, cuando la **Reserva Federal de Estados Unidos (FED)** aumenta su tasa de referencia, la rentabilidad de los activos financieros emitidos en dicho país tienden a aumentar, lo cual conlleva:

1. **Salida de capitales** de economías emergentes,
2. **Depreciación** de monedas locales,
3. Aumento de la **volatilidad cambiaria**,
4. Ajuste en **expectativas inflacionarias** y riesgo país.

Según He y Lin (2024), los shocks de **política monetaria estadounidense** generan respuestas inmediatas y persistentes en los tipos de cambio mediante **canales de volatilidad estocástica**. Por su parte, Chen et al. (2024) documenta cómo los mercados de derivados de tasas transmiten

volatilidad a activos financieros en contextos de **cambio acelerado** en las condiciones monetarias globales.

7.3 El Rol del Banco Central

Chile opera bajo un **régimen de metas** de inflación y flotación cambiaria, lo cual implica que el Banco Central se ajusta de manera **reactiva** para poder estabilizar la inflación en torno al 3 % (BCCh, 2025), a diferencia de economías más grandes, donde las decisiones monetarias pueden tener como prioridad el **pleno empleo** (mandato dual de la FED), Chile debe reaccionar tanto a condiciones internas como externas, dada su **alta apertura comercial y financiera**.

En este contexto, las decisiones del Banco Central de Chile interactúan con factores internacionales, tales como la política monetaria de Estados Unidos, la evolución del dólar global, los precios de materias primas y los niveles de incertidumbre financiera. Por ello, el comportamiento del tipo de cambio no depende únicamente de variables domésticas, sino también de las señales provenientes del entorno internacional.

7.4 Tipo de Cambio Real y Volatilidad Cambiaria

El **Tipo de Cambio Real (TCR)** funciona como un precio relativo que resume la competitividad externa de una economía, ya que combina el efecto del tipo de cambio nominal con las **diferencias inflacionarias entre países**, esto permite interpretar al TCR como una medida del costo relativo entre bienes extranjeros y domésticos, convirtiéndolo en un **indicador clave** para entender cómo se ajustan los precios relativos frente a shocks internos y externos. En economías pequeñas y abiertas como la chilena, el TCR adquiere un rol central porque actúa como un puente entre el entorno internacional, caracterizado por cambios en precios de materias primas, condicio-

nes financieras globales y ciclos de riesgo, y el comportamiento macroeconómico local.

La volatilidad del TCR surge de esta **interacción constante** entre factores externos y respuestas internas ante movimientos en el precio del cobre, variaciones en el apetito global por riesgo o decisiones de política monetaria internacional, las cuales suelen generar **fluctuaciones abruptas**, aunque su efecto final depende de cómo reaccionan los precios domésticos, del grado de traspaso cambiario y de las expectativas de los agentes. Esta combinación produce episodios de ajustes graduales y persistentes, fenómeno ampliamente documentado como **inercia cambiaria**, donde el TCR responde de forma incompleta o retardada a los shocks que enfrenta la economía.

Comprender esta volatilidad es fundamental para modelar correctamente el comportamiento del TCR, ya que afecta la **estabilidad de los coeficientes** y la **estructura temporal** de los modelos econométricos. La presencia de persistencia obliga a evaluar estacionariedad y considerar rezagos dentro de la especificación, mientras que la sensibilidad a shocks externos exige incluir variables que reflejen adecuadamente el entorno global. En conjunto, el TCR y su volatilidad se convierten en **elementos esenciales** para interpretar las fluctuaciones macroeconómicas y para construir modelos que representen de manera consistente la dinámica cambiaria en Chile.

En conjunto, el TCR y su volatilidad constituyen **elementos esenciales** para interpretar las fluctuaciones macroeconómicas y construir modelos que representen de manera consistente la dinámica cambiaria en Chile. Su análisis permite vincular los shocks internacionales, las condiciones domésticas y la persistencia propia de la serie dentro de un **marco econométrico orientado** a identificar asociaciones relevantes y patrones de comportamiento en el tiempo.

8 Metodología

8.1 Diseño de Investigación

El presente estudio adopta un enfoque cuantitativo basado en el análisis macroeconómico de series de tiempo, con el objetivo de evaluar la **relación entre las tasas de interés -nacional e internacional-, variables económicas globales y eventos de distinta índole mundial y el tipo de cambio real chileno (TCR)**. La investigación sigue lineamientos del paradigma econométrico aplicado, utilizando modelos estadísticos que permiten identificar asociaciones, caracterizar relaciones dinámicas y evaluar la significancia estadística de diversos determinantes macroeconómicos relevantes.

El estudio es de carácter descriptivo y correlacional, de carácter longitudinal y no experimental, orientado a **identificar patrones** de comportamiento basado en datos mensuales, además, no existe manipulación directa de las variables, es decir, solo se cuenta con datos extraídos directamente de su fuente o lo más cercano posible a esto. El periodo de estudio de los datos se comprende entre enero de 2010 y agosto de 2025 según la disponibilidad de los datos.

Adicionalmente, considerando la naturaleza temporal del TCR, la metodología incorpora **pruebas de estacionariedad** y una especificación **ARIMA** para caracterizar la dinámica propia de la serie, complementando el análisis multivariado realizado mediante regresión lineal múltiple.

8.2 Fuente de Datos

Tal como se mencionó con anterioridad, los datos utilizados para el estudio provienen en su mayoría de fuentes oficiales y públicas de alta confiabilidad:

- Tipo de Cambio Real (TCR): Banco Central de Chile,

- IMACEC: Banco Central de Chile,
- Precio del Cobre y Petróleo: Banco Central de Chile,
- Producción Industrial: Banco Central de Chile,
- Tasa de Interés Chilena: Banco Central de Chile,
- Índice de Precios al Consumidor (IPC): Banco Central de Chile,
- Tasa de Desempleo Chilena: Banco Central de Chile,
- Índice de Volatilidad (VIX): Investing,
- Tasa de Interés EE. UU.: Federal Reserve Bank of St. Louis,
- Consumer Price Index (CPI): Federal Reserve Bank of St. Louis,
- Tasa de Desempleo EE. UU.: Federal Reserve Bank of St. Louis,
- Estallido, Pandemia, Guerra: Variables dummies.

Todas las variables se integraron en un único marco de datos para su posterior análisis econométrico en el software **RStudio**.

8.3 Definición de Variables

8.3.1. Variable Dependiente

Tipo de Cambio Real (TCR)

Principal variable de estudio, seleccionada porque sintetiza la **competitividad externa** de la economía chilena y responde de manera directa a variaciones tanto internas como externas.

Su comportamiento incorpora efectos de **precios relativos, movimientos financieros y shocks internacionales**, lo que la convierte en un indicador central para analizar cómo estos factores se traducen en cambios en la posición económica del país.

Para el análisis econométrico, el TCR fue trabajado mediante su **transformación logarítmica**, utilizando el logaritmo natural del índice del TCR, con el objetivo de estabilizar la serie y facilitar la interpretación porcentual de sus variaciones.

8.3.2. Variable Independiente

- IMACEC: sirve como un termómetro de la actividad económica y predictor de la variación del Producto Interno Bruto (PIB),
- Precio del Cobre: variable clave para Chile dado su rol exportador,
- Precio del Petróleo: variable clave de la economía internacional al cotizarse en dólares, Chile lo importa,
- Producción Industrial: mide la evolución mensual del volumen de la producción en sectores como la minería, manufactura, energía eléctrica, agua y gas,
- Tasa de Interés Chilena: refleja el costo del dinero en el mercado local y tiene como función influir en el gasto y la inversión,
- Índices de Precios al Consumidor (IPC): mide la variación promedio de los precios en la canasta de bienes y servicios de los hogares, reflejando así la inflación,
- Tasa de Desempleo Chilena: indica el porcentaje de la población activa que está desempleada y buscando trabajo activamente,

- Índice de Volatilidad (VIX): mide la volatilidad implícita del S&P 500,
- Tasa de Interés EE. UU.: herramienta de política monetaria fijada por la FED para controlar la economía, influenciando la inflación y el empleo,
- Consumer Price Index (CPI): mide la variación mensual en el precio de una canasta de bienes y servicios de consumo, como alimentos, vivienda, transporte y atención médica,
- Tasa de Desempleo EE. UU.: indica el porcentaje de la población activa que está desempleada y buscando trabajo activamente,
- Estallido, Pandemia, Guerra: variables binarias que representan la presencia o ausencia de un evento específico, en este caso, el estallido social en Chile, la pandemia global y eventos geopolíticos respectivamente.

8.4 Preparación y Tratamiento de Datos

8.4.1. Alineación temporal

Todas las series fueron **homogeneizadas y sincronizadas**, utilizando datos mensuales desde enero de 2010 hasta agosto de 2025, de esta manera, se evitan discrepancias por días hábiles.

8.4.2. Transformación logarítmica

Algunas variables se encuentran expresadas en niveles o en valores de peso- TCR, precios de commodities, entre otros- los cuales fueron transformados mediante el uso de la función logaritmo natural. Esto no constituye manipulación directa de la información, sino una técnica utilizada comúnmente en econometría, su uso busca **estabilizar la varianza**, permite **interpretar de manera porcentual** cambios entre las variables, también es un mecanismo de **linealización de**

relaciones, transformando relaciones que pueden ser multiplicativas en lineales adecuadas para la regresión, junto con preservar el significado económico de las variables.

En particular, para el análisis de la dinámica temporal del TCR se utilizó la variable logaritmo natural del índice del Tipo de Cambio Real. Esta serie fue posteriormente evaluada mediante pruebas de raíz unitaria y utilizada en la estimación del modelo **ARIMA**.

8.4.3. Evaluación de Estacionariedad

Dada la evidencia empírica sobre el **comportamiento inercial** del tipo de cambio en economías abiertas, donde incluso ante ajustes abruptos del dólar internacionalmente, las correcciones locales suelen ser **graduales**, debido al rol del dólar como “*Key Currency*” en los mercados financieros globales (Ogawa y Sasaki, 1998), se consideró necesario evaluar la estacionariedad del TCR.

La serie podría presentar persistencia significativa o raíz unitaria, lo cual afecta directamente la forma en que debe ser modelada. Por esta razón, se aplicaron pruebas de raíz unitaria al logaritmo natural del TCR, con el objetivo de determinar si la serie es estacionaria en niveles o si requiere ser diferenciada para alcanzar estacionariedad.

En caso de que la serie no sea estacionaria en niveles, pero sí en primera diferencia, esta puede ser tratada como una serie integrada de primer orden, $I(1)$. Este resultado justifica el uso de metodologías adecuadas para series no estacionarias, como la estimación de un modelo ARIMA con una diferencia, en lugar de incorporar directamente un rezago del TCR en una regresión en niveles.

8.4.4. Selección y depuración de variables

Se probaron múltiples especificaciones para evaluar:

- Presencia de multicolinealidad, utilizando el Variance Inflation Factor (VIF),
- Significancia individual (test t y p-values),
- Heterocedasticidad (test de Breusch-Pagan),
- Autocorrelación (test de Breusch-Golfrey),
- Mejoría en el ajuste (R^2 ajustado),
- Coherencia económica de las variables incorporadas en cada especificación.

Variables redundantes o altamente correlacionadas fueron **revisadas** con el objetivo de evitar sobreajuste y mejorar la interpretabilidad del modelo. **No obstante**, algunas variables fueron mantenidas aun cuando no presentaron significancia individual, debido a su justificación teórica y a su rol como controles dentro de la especificación multivariada.

Adicionalmente, se aplicaron procedimientos de **ortogonalización en variables** con alta correlación, con el objetivo de reducir problemas de **multicolinealidad** sin eliminar necesariamente variables relevantes para el análisis económico.

8.4.5. Reproducibilidad

Todas las transformaciones fueron implementadas tanto en R como en Excel, de tal manera que todo lo realizado sea fácilmente reproducible y verificable.

Tanto el código como los procedimientos quedarán disponibles como parte del anexo metodológico, siguiendo buenas prácticas de **transparencia científica**.

Dentro de dicho anexo se considera la inclusión del código utilizado para la estimación de los modelos de regresión, las pruebas de estacionariedad y el modelo ARIMA aplicado al logaritmo natural del índice del TCR.

9 Modelo Econométrico

El paso lógico a seguir, ya definidos el horizonte temporal, los objetivos y las variables, es definir la **estrategia econométrica** a utilizar. Considerando lo expuesto anteriormente se toma la decisión de utilizar un **Modelo de Regresión Lineal Múltiple** orientado a analizar la relación estadística entre el Tipo de Cambio Real y un conjunto de variables macroeconómicas internas, externas y eventos extraordinarios.

La especificación multivariada permite evaluar la dirección y magnitud de las asociaciones entre el TCR y los regresores seleccionados, manteniendo un enfoque descriptivo y correlacional.

La forma general del modelo se expresa de la siguiente manera:

$$\ln(TCR_t) = \beta_0 + \beta_1 X_{i,1} + \beta_2 X_{i,2} + \beta_3 X_{i,3} + \dots + \beta_n X_{i,n} + \varepsilon_t \quad (2)$$

donde:

- $\ln(TCR_t)$: Tipo de cambio real chileno,
- β_0 : Intercepto del modelo,
- $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \dots, \beta_n$: Coeficientes estimados del modelo los cuales miden la dimensión y dirección del efecto de cada atributo X sobre el TCR,
- $X_{i,1}, X_{i,2}, X_{i,3}, \dots, X_{i,n}$: Corresponden a las variables explicativas seleccionados de la base del modelo,
- ε_t : Término de error aleatorio.

Adicionalmente, considerando que el TCR puede presentar **persistencia temporal y raíz**

unitaria, el análisis econométrico se complementa con un modelo ARIMA aplicado al logaritmo natural del índice del TCR. Esta especificación permite caracterizar la dinámica temporal propia de la serie, sin incorporar directamente un rezago del TCR dentro de una regresión en niveles.

En particular, el modelo ARIMA estimado corresponde a un ARIMA(1,1,0) con drift, cuya forma general puede expresarse como:

$$\Delta \ln(TCR_t) = c + \phi_1 \Delta \ln(TCR_{t-1}) + \varepsilon_t \quad (3)$$

donde:

- $\Delta \ln(TCR_t)$: Primera diferencia del logaritmo natural del TCR,
- c : Término drift del modelo,
- ϕ_1 : Componente autorregresivo de primer orden,
- ε_t : Término de error del modelo ARIMA.

De esta manera, la estrategia econométrica del estudio queda dividida en dos dimensiones complementarias: por una parte, la regresión lineal múltiple permite analizar **asociaciones** entre el TCR y sus posibles determinantes macroeconómicos; por otra, el modelo ARIMA permite representar la **persistencia y dinámica temporal** propia de la serie.

9.1 Justificación del Modelo

El modelo econométrico se construye bajo la premisa de que el tipo de cambio real (TCR) de Chile responde tanto a condiciones internas como externas, además de presentar una dinámica temporal persistente. La inclusión de variables internacionales permite analizar cómo las condiciones financieras globales se asocian con el tipo de cambio nacional, mientras que las variables domésticas permiten incorporar elementos propios de la actividad económica chilena.

Con respecto a la persistencia temporal, esta resulta clave para la elección metodológica del estudio. En economías abiertas como la chilena, los shocks externos pueden transmitirse de manera gradual debido a **fricciones de mercado**, ajustes parciales de precios, expectativas de los agentes y al rol del dólar como **“key currency”**. Por ello, se considera necesario evaluar la estacionariedad del TCR y complementar la regresión multivariada con un modelo específico de series de tiempo.

En lugar de incorporar directamente el rezago del TCR en una regresión en niveles, se opta por tratar su dinámica temporal mediante un modelo ARIMA. Esta decisión permite evitar problemas de interpretación asociados a series no estacionarias o altamente persistentes, especialmente cuando el rezago del propio TCR puede **absorber gran parte de la variación explicada** y generar riesgos de regresión espuria.

La especificación multivariada se utiliza para estudiar las asociaciones entre el TCR y variables como actividad económica, precios de commodities, diferenciales macroeconómicos, incertidumbre financiera y eventos extraordinarios. En cambio, el modelo ARIMA se emplea como herramienta complementaria para caracterizar la persistencia temporal del logaritmo natural del TCR y evaluar su comportamiento dinámico.

Finalmente, la validación del modelo incluyó diagnósticos acordes a cada tipo de especifi-

cación. En el caso de las regresiones multivariadas, se evaluó la multicolinealidad mediante **VIF**, la heterocedasticidad mediante el test de **Breusch-Pagan**, la autocorrelación mediante el test de **Breusch-Godfrey** y la estabilidad del ajuste mediante el **R2 ajustado**. Además, cuando correspondió, se utilizaron errores estándar robustos tipo **Newey-West HAC**, técnica que permite corregir problemas asociados a heterocedasticidad y autocorrelación potencial.

En el caso del modelo **ARIMA**, la evaluación se centró en los criterios de información, el diagnóstico de residuos y el test de Ljung-Box, con el objetivo de verificar que los residuos se comportaran de manera compatible con ruido blanco. De esta forma, cada modelo fue evaluado con herramientas coherentes con su finalidad econométrica.

10 Resultados

10.1 Introducción

La presente sección expone los resultados obtenidos de manera secuencial desde el primer modelo econométrico planteado para el análisis de los determinantes del tipo de cambio real (TCR), mostrando los procedimientos de depuración y las distintas decisiones metodológicas que se tomaron para llegar a una especificación multivariada más estable. Dentro de este capítulo se presenta la contribución de los modelos intermedios, entendiendo cada uno como un paso lógico dentro del proceso de modelación, diagnóstico y ajuste de la especificación.

El análisis se inició con un modelo base que incluye variables internas y externas recolectadas para el periodo de estudio, avanzando posteriormente hacia especificaciones más completas que incorporan transformaciones logarítmicas, diferencias entre variables macroeconómicas de Chile y Estados Unidos, variables dummy, rezagos de variables explicativas, ortogonalización y depuración de regresores.

Adicionalmente, considerando la evidencia de persistencia temporal del TCR, el capítulo incorpora una sección específica destinada a evaluar la estacionariedad de la serie y estimar un modelo ARIMA(1,1,0) con drift. Este modelo no reemplaza la especificación multivariada, sino que la complementa, permitiendo caracterizar la dinámica temporal propia del logaritmo natural del TCR.

Al seguir esta estrategia gradual, no solo se entrega un conjunto de coeficientes estimados, sino que de esta manera se muestra la lógica interna del proceso de modelación, destacando las razones detrás de cada decisión tomada, ya sea la eliminación de variables, su retención, su transformación o su tratamiento dinámico. Asimismo, este método de exposición permite transparentar

los diagnósticos utilizados para abordar problemas frecuentes en series macroeconómicas, tales como la autocorrelación, heterocedasticidad, multicolinealidad y persistencia temporal.

10.2 Primer Modelo

El primer modelo constituye la **especificación base**, donde el TCR se estimó en función de las variables internas y externas relacionadas con actividad económica, precios internacionales, inflación, desempleo y tasas de interés. La ecuación (que al igual que sus sucesoras) se estimó mediante **regresión lineal múltiple**, obteniendo un R^2 de 0,64 y un R^2 *ajustado* de 0,617, lo cual indica un nivel moderado de ajuste para una especificación inicial amplia.

$$\begin{aligned} TCR_t = & \beta_0 + \beta_1 IMACEC_t + \beta_2 Cobre_t + \beta_3 Petroleo_t \\ & + \beta_4 VIX_t + \beta_5 PI_t + \beta_6 Interes_t^{CL} + \beta_7 Interes_t^{US} \\ & + \beta_8 IPC_t^{CL} + \beta_9 IPC_t^{US} + \beta_{10} Desemp_t^{CL} + \beta_{11} Desemp_t^{US} + \varepsilon_t \end{aligned} \quad (4)$$

Tabla 1: Resultados Regresión Primer Modelo

	Coeficientes			
	β_x	Error estándar	t Value	Pr(> t)
<i>Intercepto</i>	63,38	8,34	7,60	1,85,E-12
<i>IMACEC</i>	0,73	0,11	6,35	1,86,E-10
<i>Cobre</i>	-2,68	1,085	-2,47	1,50,E-02
<i>Petroleo</i>	0,053	0,031	1,70	9,10,E-02
<i>VIX</i>	0,24	0,059	4,06	7,43,E-05
<i>Prod.Indust.</i>	-0,50	0,14	-3,64	3,60,E-04
<i>Interes^{CL}</i>	0,0087	0,21	0,042	9,70,E-01
<i>Interes^{US}</i>	-0,28	0,37	-0,76	4,50,E-01
<i>IPC^{CL}</i>	5,096	1,00	5,12	8,07,E-07
<i>IPC^{US}</i>	0,067	0,15	0,45	6,60,E-01
<i>Desemp^{CL}</i>	0,91	0,38	2,41	1,70,E-02
<i>Desemp^{US}</i>	0,79	0,40	1,99	4,90,E-02

```
Residual standard error: 4.215 on 172 degrees of freedom  
(4 observations deleted due to missingness)  
Multiple R-squared: 0.64, Adjusted R-squared: 0.617  
F-statistic: 27.8 on 11 and 172 DF, p-value: < 2.2e-16
```

Figura 1: Indicadores de ajuste y significancia global del primer modelo

En términos generales, varios coeficientes resultaron estadísticamente significativos al nivel convencional ($p < 0,05$) mientras que otros mostraron niveles de significancia bajos o prácticamente nulos. Dentro de los significativos se encuentran:

- IMACEC,
- Precio del cobre,
- VIX,
- Producción Industrial,
- IPC de Chile,
- Desempleo de Chile,
- Desempleo de EE.UU.

Por el contrario, las tasas de interés de ambos países, junto con el IPC de Estados Unidos, no presentan significancia estadística en esta especificación. El precio del petróleo, por su parte, presenta un nivel de significancia cercano al 10 %, por lo que puede considerarse marginalmente significativo, aunque no alcanza el umbral convencional del 5 %.

Por otro lado, el modelo presentó una desviación estándar residual de 4,215, con 172 grados de libertad, eliminándose solamente 4 observaciones por falta de datos. En esta etapa, no se incorporó ninguna estructura de rezagos, ajustes por heterocedasticidad o autocorrelación, pues tal

como se mencionó antes, al tratarse de una especificación base, el objetivo principal fue explorar el comportamiento preliminar del conjunto de regresores y acercarnos a conocer un poco más su interacción.

Este primer modelo sirvió como punto de partida para la depuración posterior, esto permitió identificar variables con baja contribución estadística y posibles redundancias lo cual nos lleva al diseño del modelo 2, para estudiar en mayor profundidad estas situaciones.

10.3 Segundo Modelo

El segundo modelo corresponde a una segunda aproximación econométrica, en la cual se introdujeron tres cambios estructurales con respecto al modelo anterior:

1. Introducción del logaritmo natural para la transformación de variables continuas con el fin de interpretar en términos porcentuales sus cambios,
2. Cálculo de la diferencia entre las tasas de interés y el IPC de EE. UU. y Chile,
3. Incorporación de variables dummy para capturar eventos extraordinarios que pueden afectar el TCR.

Adicionalmente, en esta etapa se realizaron estudios directos de multicolinealidad entre las variables mediante el cálculo del **Variance Inflation Factor (VIF)** para evaluar la estabilidad y redundancia de los regresores.

$$\begin{aligned}TCR_t = & \beta_0 + \beta_1 \ln(IMACEC_t) + \beta_2 \ln(Cobre_t) + \beta_3 \ln(Petroleo_t) \\& + \beta_4 VIX_t + \beta_5 \ln(PI_t) + \beta_6 \Delta Interes_t^{Cl,US} + \beta_7 \Delta IPC_t^{Cl,US} \\& + \beta_8 Desemp_t^{CL} + \beta_9 Desemp_t^{US} + \beta_{10} Guerras + \beta_{11} Pandemia \\& + \beta_{12} Estallido + \varepsilon_t\end{aligned}\tag{5}$$

Tabla 2: Resultados Regresión Segundo Modelo

	Coeficientes			
	β_x	Error estándar	t Value	Pr(> t)
Intercepto	3,19	0,41	7,85	4,27,E-13
ln(IMACEC)	0,45	0,13	3,56	4,79,E-04
ln(Cobre)	-0,094	0,040	-2,35	1,97,E-02
ln(Petróleo)	0,028	0,023	1,20	2,31,E-01
VIX	0,0030	0,00062	4,88	2,43,E-06
ln(Prod. Indust.)	-0,18	0,068	-2,70	7,00,E-03
Gap Interés CL, US	0,00015	0,0025	0,059	9,54,E-01
Gap IPC CL, US	-0,0021	0,0019	-1,09	2,77,E-01
Desemp CL	0,0046	0,0056	0,84	4,04,E-01
Desemp US	0,0031	0,0078	0,39	6,94,E-01
Guerras	0,067	0,013	3,67	3,26,E-04
Pandemia	0,06	0,018	3,25	1,28,E-03
Estallido	0,05	0,021	2,31	2,23,E-02

Residual standard error: 0.04445 on 171 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.6098, Adjusted R-squared: 0.5825
F-statistic: 22.27 on 12 and 171 DF, p-value: < 2.2e-16

Figura 2: Indicadores de ajuste y significancia global del segundo modelo

Tabla 3: Resultados de Estudios de Multicolinealidad

Variabes	VIF
ln(IMACEC)	18,48
ln(Cobre)	6,60
ln(Petróleo)	5,48
VIX	1,61
ln(Prod. Indust.)	5,14
Gap Interés CL, US	2,60
Gap IPC CL, US	1,82
Desemp CL	5,34
Desemp US	8,34
Guerras	5,33
Pandemia	4,60
Estallido	1,27

La ecuación estimada presenta un R^2 de 0,6098 y un R^2 *ajustado* de 0,5825, valores similares a los del modelo anterior, pero que reflejan una reespecificación más coherente desde el punto

de vista econométrico y estadístico. Pues, la desviación estándar residual disminuyó levemente respecto al modelo anterior, lo cual sugiere que la transformación logarítmica de las variables contribuyó a **estabilizar la varianza de las variables** y mejorar el ajuste general.

En esta nueva especificación, las variables que presentan significancia estadística al nivel convencional de 5 % son:

- IMACEC,
- Precio del cobre,
- VIX,
- Producción Industrial,
- Guerras,
- Pandemia,
- Estallido.

Por otro lado, el precio del petróleo, las diferencias entre las tasas de interés e IPC, el desempleo de Chile y el desempleo de Estados Unidos no muestran significancia estadística en esta etapa del análisis. Cabe destacar que las tasas de interés y los diferenciales de precios no presentan una contribución estadística individual clara dentro de esta especificación, lo cual sugiere que su relación con el TCR podría estar condicionada por otros factores, rezagos o estructuras dinámicas no capturadas completamente en este modelo.

La incorporación de variables dummy permitió capturar shocks externos y eventos atípicos que no se reflejan directamente en las series económicas tradicionales. Además, cabe destacar que

la transformación de las variables con el uso de logaritmo natural posibilitó una representación más adecuada de las series, facilitando la comparación de las variables con diferentes unidades.

Pasando al estudio de multicolinealidad, podemos observar que los valores del VIF son bastante preocupantes, especialmente en las variables del IMACEC, desempleo de EE. UU. y precio del cobre. En términos generales, valores superiores a 5 sugieren la presencia de **multicolinealidad moderada**, mientras que valores superiores a 10 suelen interpretarse como indicios de **multicolinealidad severa**. En este caso, el VIF del IMACEC supera ampliamente dicho umbral, lo que indica que las estimaciones pueden presentar inestabilidad y que resulta necesario aplicar ajustes en las especificaciones posteriores.

En base a lo anterior, el segundo modelo entrega información relevante para las etapas siguientes, particularmente respecto de la utilidad de las transformaciones logarítmicas y de la necesidad de corregir problemas de multicolinealidad. A partir de estos resultados, se procede al tercer modelo, donde se recurre al uso de herramientas de regularización para evaluar una selección más parsimoniosa de variables.

10.4 Tercer Modelo

El siguiente modelo corresponde a una etapa de selección automática de variables mediante regularización tipo **Elastic Net** (método que combina modelo de LASSO y Ridge por partes iguales), seguido con la reestimación del modelo dado el nuevo set de variables continuando con el uso de regresión lineal múltiple. Esta metodología fue utilizada con la idea de reducir la dimensionalidad identificando los regresores con mayor contribución y eliminar las variables irrelevantes.

$$\begin{aligned} TCR_t = & \beta_0 + \beta_1 \ln(IMACEC_t) + \beta_2 VIX_t + \beta_3 Desemp_t^{CL} \\ & + \beta_4 Guerras + \beta_5 Pandemia + \beta_6 Estallido + \varepsilon_t \end{aligned} \quad (6)$$

Tabla 4: Resultados Modelo Elastic Net

	Coeficientes			
	β_x	Error estándar	t Value	Pr(> t)
Intercepto	3,40	0,60	5,66	6,07,E-08
ln(IMACEC)	0,24	0,12	1,96	5,14,E-02
VIX	0,0028	0,001	2,42	1,64,E-02
Desemp CL	0,003	0,010	0,29	7,69,E-01
Guerras	0,0600	0,03700	1,62	1,07,E-01
Pandemia	0,02	0,052	0,41	6,84,E-01
Estallido	0,04300	0,0220	1,92	5,65,E-02

Tabla 5: Coeficiente de Determinación Ajustado Modelo Elastic Net

$$\overline{R^2 \text{ Ajustado}} \quad 0,5784$$

Tabla 6: Resultados de Estudios de Multicolinealidad

Variables	VIF
ln(IMACEC)	1,95
VIX	1,41
Desemp CL	3,50
Guerras	2,81
Pandemia	3,47
Estallido	1,12

En primera instancia, se preparan los datos para aplicar el método Elastic Net, definiendo el model frame, alineando matrices y el uso de vectores para la eliminación de observaciones con datos faltantes.

A partir del data frame generado del paso anterior, se procede a la **validación cruzada** con 10 iteraciones “*pliegue*” definiendo α en 0,5 para el uso del método Elastic Net, pues de esta manera será seleccionado el modelo más parsimonioso mediante la recolección de variables cuyo λ sea el más grande y se encuentre dentro de **una desviación estándar** del error mínimo.

Luego de la reformulación automática se obtienen los resultados del nuevo modelo, donde se observa una reducción del conjunto de variables, estas eliminadas por el sistema de penalización. Este nuevo modelo post-LASSO presentó un R^2 *ajustado* cercano a 0,58, que deja varias dudas debido al nivel de significancia de las variables. Por otro lado, el resultado en la evaluación de la multicolinealidad nos revela que estas variables cuentan con niveles aceptables de correlación, que en la teoría no distorsionarían los resultados.

En términos generales, este tercer modelo fue descartado como especificación principal debido a que, tras el proceso de regularización, el conjunto de variables explicativas se **redujo** de manera importante. Si bien el objetivo del procedimiento era reducir la dimensionalidad y reducir problemas de multicolinealidad, la especificación resultante perdió capacidad para representar el

conjunto de dimensiones macroeconómicas consideradas relevantes para el estudio.

De esta forma, aunque el modelo post-Elastic Net presenta niveles aceptables de multicolinealidad, su estructura final deja fuera variables que poseen justificación económica dentro del análisis del TCR. Por ello, se considera más adecuado retomar el segundo modelo como base de trabajo y aplicar sobre él ajustes metodológicos específicos, en lugar de utilizar la selección automática como especificación definitiva.

10.5 Cuarto Modelo

En base a los resultados anteriores, se decide volver al segundo modelo como base para las siguientes reformulaciones. Esta etapa corresponde a la **especificación multivariada principal del estudio**, ya que permite mantener un conjunto amplio de variables con justificación económica, pero corrigiendo problemas detectados en las estimaciones previas.

En esta etapa se realizan tres ajustes metodológicos importantes:

1. Incorporación del rezago óptimo del IMACEC mediante criterios de información (BIC),
2. Ortogonalización de variables con alta correlación,
3. Eliminación de la tasa de desempleo chilena.

Estos cambios se enfocan en la corrección de multicolinealidad, mejorar la estabilidad de los coeficientes y capturar con mayor precisión ciertas relaciones temporales entre la actividad económica y el TCR.

10.5.1. Incorporación de Rezago

A partir de la información recopilada en modelos anteriores, se observa que la variable explicativa IMACEC presentó alta significancia estadística. Sin embargo, también mostro niveles elevados de VIF, lo cual sugiere que, además de aportar información relevante para el modelo, presenta problemas de correlación con otros regresores.

Para mantener la variable dentro de la especificación y, al mismo tiempo, mejorar su tratamiento temporal, se recurrió a la incorporación de rezagos mediante un esquema de búsqueda automática basada en el **criterio Bayesiano de Información (BIC)**. Este procedimiento evaluó

distintos niveles de rezago con el objetivo de determinar qué estructura temporal ofrecía el mejor equilibrio entre capacidad explicativa y parsimonia. El resultado indicó que el **rezago de un periodo del IMACEC** era el más apropiado para esta especificación.

10.5.2. Ortogonalización de Variables

Adicionalmente, se detectó **colinealidad estructural** entre ciertos regresores en los modelos previos. Para reducir el impacto de esta situación, se procede a realizar una ortogonalización de variables, transformando algunos regresores en componentes residuales menos correlacionados con otras variables de modelo.

En primer lugar, se ortogonalizó el logaritmo del precio del cobre con respecto al logaritmo del precio del petróleo, dado que ambas series presentaban una correlación relevante y un comportamiento común asociado a shocks internacionales de commodities.

De manera paralela, se ortogonalizó la producción industrial de Chile con respecto al IMACEC, ya que ambas variables representan dimensiones relacionadas con el nivel de actividad económica.

10.5.3. Eliminación de Variables

Por último, en base a los resultados obtenidos hasta esta etapa, se identificó una variable que no entregaba un aporte estadístico marginal relevante dentro del modelo: la **tasa de desempleo de Chile**. Esta variable presentó problemas de multicolinealidad en especificaciones anteriores y no mostró significancia estadística en las regresiones evaluadas.

Frente a estos antecedentes, se decidió excluirla de la especificación multivariada principal. Esta decisión no implica que el desempleo chileno carezca de relevancia económica en términos

generales, sino que, dentro del marco específico de este modelo y del periodo analizado, no presentó una contribución estadística suficientemente clara para justificar su permanencia.

10.5.4. Resultados

$$\begin{aligned}
 TCR_t = & \beta_0 + \beta_1 \ln(IMACEC_{t-1}) + \beta_2 \ln(Cobre_{ort,t}) + \beta_3 \ln(Petroleo_t) \\
 & + \beta_4 VIX_t + \beta_5 \ln(PI_{ort,t}) + \beta_6 \Delta Interes_t^{CL,US} + \beta_7 \Delta IPC_t^{CL,US} \\
 & + \beta_8 Desemp_t^{US} + \beta_9 Guerras + \beta_{10} Pandemia + \beta_{11} Estallido \\
 & + \varepsilon_t
 \end{aligned} \tag{7}$$

Tabla 7: Resultados Regresión Cuarto Modelo

	Coeficientes			
	β_x	Error estándar	t Value	Pr(> t)
Intercepto	3,45	0,29	11,76	2,00,E-16
ln(IMACECt-1)	0,25	0,06	4,08	6,86,E-05
ln(Cobreort)	-0,0130	0,033	-0,39	6,99,E-01
ln(Petróleo)	-0,009	0,015	-0,62	5,39,E-01
VIX	0,0026	0,00063	4,09	6,69,E-05
ln(Prod. Indust.ort)	0,08	0,120	0,68	4,98,E-01
Gap Interés CL, US	0,0025	0,0026	0,93	3,52,E-01
Gap IPC CL, US	0,013	0,0066	1,98	4,96,E-02
Desemp US	-0,0020	0,0030	-0,66	5,10,E-01
Guerras	0,094	0,017	5,40	2,16,E-07
Pandemia	0,040	0,018	2,28	2,39,E-02
Estallido	0,047	0,021	2,21	2,80,E-02

Tabla 8: Resultados de Estudios de Multicolinealidad

Variables	VIF
ln(IMACECt-1)	4,28
ln(Cobreort)	2,46
ln(Petróleo)	2,18
VIX	1,6
ln(Prod. Indust.ort)	1,42
Gap Interés CL, US	2,88
Gap IPC CL, US	6,3
Desemp US	3,91
Guerras	4,83
Pandemia	2,22
Estallido	1,29

Residual standard error: 0.04518 on 174 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.5971, Adjusted R-squared: 0.5716
F-statistic: 23.44 on 11 and 174 DF, p-value: < 2.2e-16

Figura 3: Indicadores de ajuste y significancia global del cuarto modelo

Luego de los procedimientos se puede observar que la ecuación obtuvo un valor de 0,5971 y 0,5716 para R^2 y R^2 *ajustado* respectivamente, valores estables que reflejan un nivel de ajuste consistente pero no del todo altos. Por otro lado, el error estándar de los residuos obtuvo un resultado de 0,04518, indicando un nivel moderado de variación. Cabe destacar el resultado obtenido con respecto al estadístico F, cuyo valor fue **altamente significativo**, confirmando la relevancia conjunta del paquete de regresores incluidos en el modelo.

Pasando a los resultados individuales de los regresores, podemos observar que los niveles de significancia observada de una buena parte son bastante positivos, dentro de los cuales tenemos:

- IMACEC,
- VIX,
- Diferencia IPC Chile vs EE. UU.,

- Guerras,
- Pandemia,
- Estallido.

Contrario a los resultados anteriores, las variables cobre, petróleo, producción industrial, diferencia interés Chile vs EE. UU. y desempleo US no mostraron significancia estadística individual en esta etapa. Sin embargo, se mantuvieron dentro de la especificación debido a su justificación económica y a su rol como variables de control dentro del análisis multivariado.

Dicha decisión se apoya en los resultados del **diagnóstico de multicolinealidad**. Como se puede observar en la tabla 8, los valores VIF se redujeron considerablemente respecto de especificaciones anteriores. La mayoría de las variables se encuentra bajo el umbral de referencia de 5, aunque el Gap IPC Chile-Estados Unidos presenta un VIF de 6,3, lo cual indica un nivel de multicolinealidad moderada. Aun así, este valor no invalida la especificación, pero sí debe ser considerado al momento de interpretar su coeficiente.

Estos resultados reflejan que la ortogonalización de variables contribuyó a disminuir la correlación entre regresores, mientras que la incorporación del rezago del IMACEC permitió conservar información relevante sobre la relación entre actividad económica y TCR. Como resultado, la especificación multivariada principal presenta una estructura más estable, con menor multicolinealidad general y un ajuste razonable para un estudio de carácter descriptivo y correlacional.

10.6 Modelo ARIMA para la dinámica temporal del TCR

Luego de completar la etapa de estimación multivariada, depuración de variables, ortogonalización de regresores y análisis de multicolinealidad, se procedió a evaluar con mayor detalle la **dinámica temporal** propia del Tipo de Cambio Real. Esta etapa resulta fundamental, ya que el comportamiento del TCR puede presentar persistencia, raíz unitaria o una estructura temporal que no necesariamente queda capturada mediante una regresión lineal en niveles.

10.6.1. Estacionariedad

Diversos estudios empíricos han mostrado que los tipos de cambio en economías abiertas suelen presentar un comportamiento altamente persistente, debido a la exposición a shocks externos, ajustes graduales y fricciones en los mercados financieros. En este contexto, se aplicaron pruebas de **raíz unitaria** al logaritmo natural del índice del TCR con el objetivo de determinar si la serie es estacionaria en niveles o si requiere ser diferenciada para alcanzar estacionariedad.

En primer lugar, se define como hipótesis nula que la serie tiene raíz unitaria (no estacionaria), si el p-value $< 0,05$ en los resultados de las pruebas, se rechaza la hipótesis nula y existe evidencia estadística para considerar que la serie es estacionaria. En cambio, si el p-value es mayor a 0,05, no se rechaza la hipótesis nula, por lo que no existe evidencia suficiente para descartar la presencia de raíz unitaria.

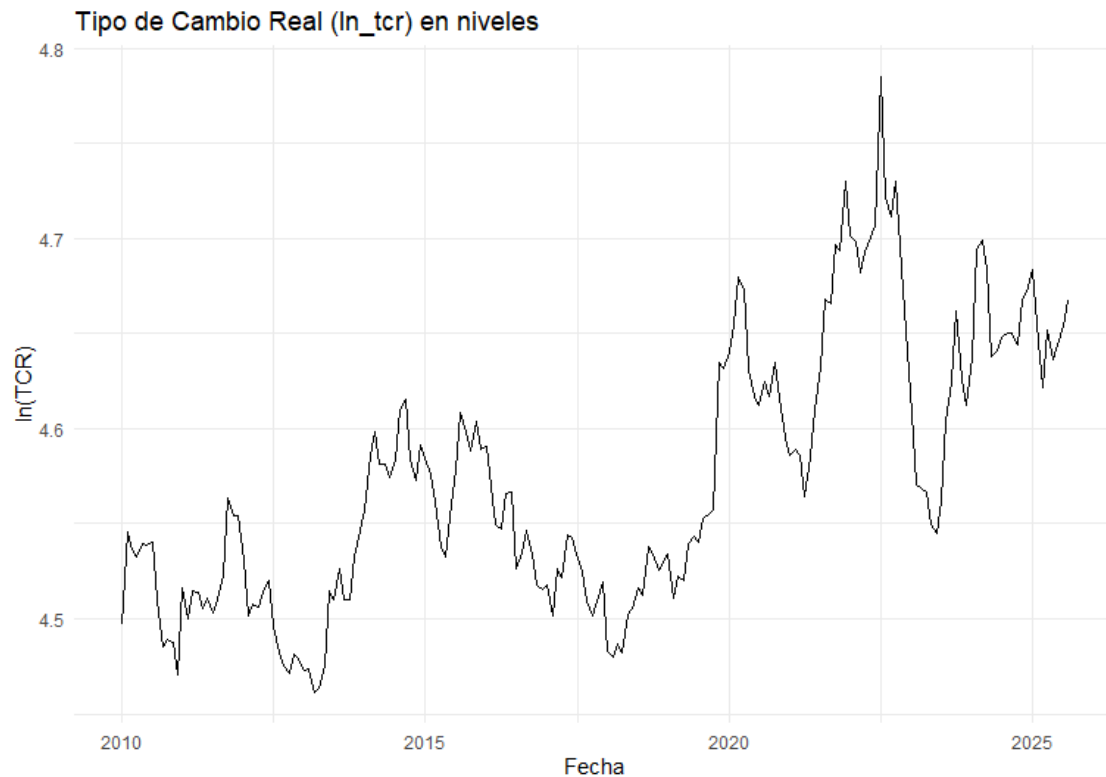


Figura 4: Tipo de Cambio Real en Niveles

```
Augmented Dickey-Fuller Test  
data: tcr_df$ln_tcr  
Dickey-Fuller = -2.9119, Lag order = 12, p-value = 0.1948  
alternative hypothesis: stationary
```

Figura 5: Resultados del test de Dickey–Fuller aumentado para el TCR en niveles

Para iniciar el análisis, se realizó el test de **Dickey-Fuller Aumentado (ADF)** con doce rezagos mensuales sobre el logaritmo natural del TCR en niveles.. Esta prueba entregó un p-value de 0,1948, valor superior al nivel de significancia convencional de 0,05. Por lo tanto, no se rechaza la hipótesis nula de raíz unitaria, lo que indica que la serie no es estacionaria en niveles y evidencia una trayectoria persistente en el tiempo.

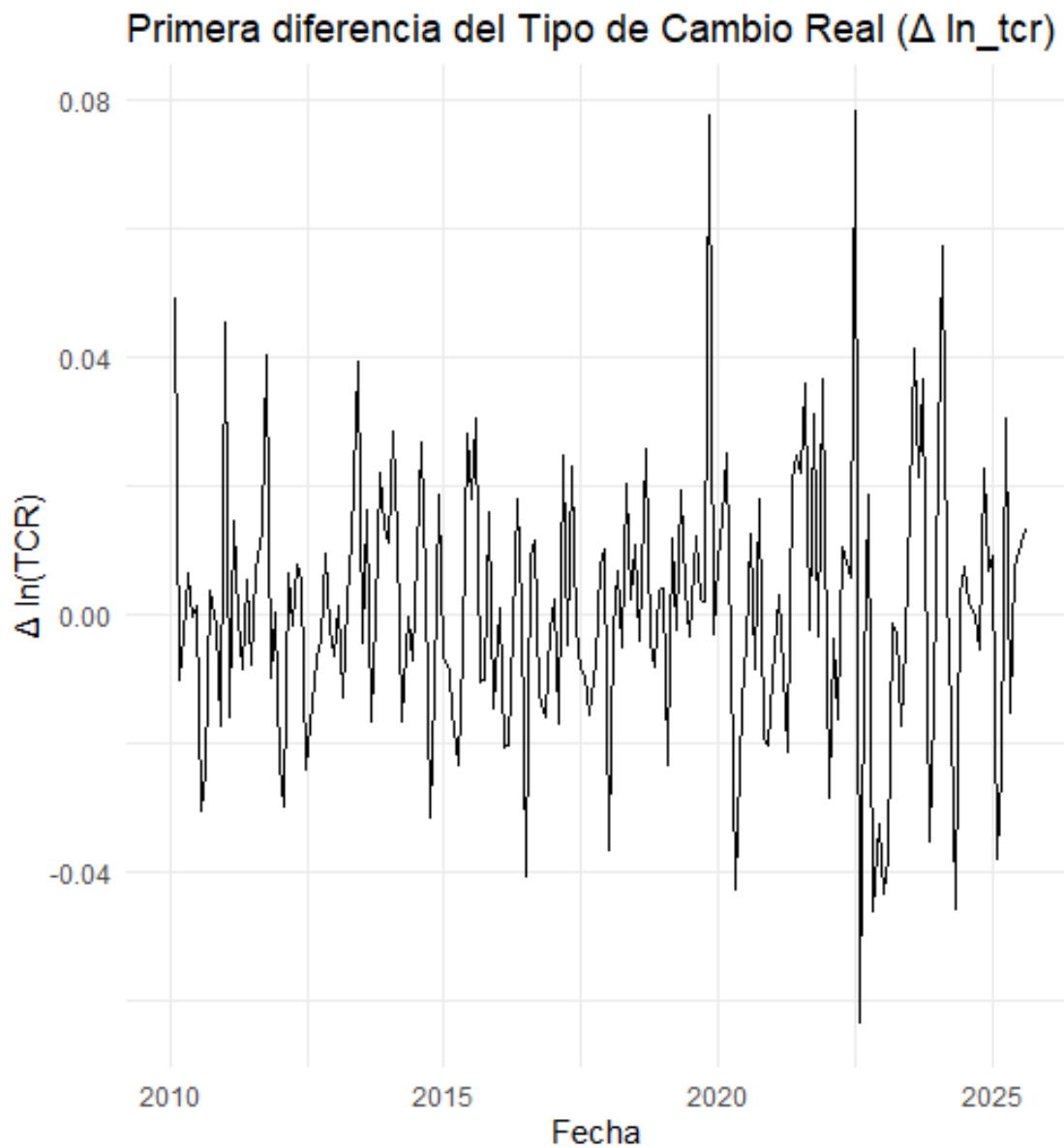


Figura 6: Primera Diferencia del Tipo de Cambio Real

```
Augmented Dickey-Fuller Test  
  
data: na.omit(tcr_df$d_ln_tcr)  
Dickey-Fuller = -5.0194, Lag order = 12, p-value = 0.01  
alternative hypothesis: stationary
```

Figura 7: Resultados del test de Dickey–Fuller aumentado para la primera diferencia del TCR

Posteriormente, se aplicó el mismo test sobre la **primera diferencia del logaritmo natural del TCR**. En este caso, el p-value fue de 0,01, valor inferior al nivel de significancia convencional.

Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula de raíz unitaria y se concluye que la primera diferencia del TCR presenta **estacionariedad**. Este resultado permite afirmar que el logaritmo natural del TCR puede ser tratado como una serie integrada de primer orden, es decir, **I(1)**.

```
#####
# Phillips-Perron Unit Root Test #
#####

Test regression with intercept and trend

call:
lm(formula = y ~ y.l1 + trend)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.049073 -0.011996 -0.002084  0.011789  0.085197

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  4.391e-01  1.440e-01   3.049  0.00263 **
y.l1         9.042e-01  3.149e-02  28.711 < 2e-16 ***
trend        9.019e-05  4.000e-05   2.255  0.02533 *
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.0206 on 184 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9114,    Adjusted R-squared:  0.9105
F-statistic: 946.9 on 2 and 184 DF,  p-value: < 2.2e-16

value of test-statistic, type: Z-tau  is: -3.2859

          aux. Z statistics
Z-tau-mu          2.3218
Z-tau-beta        2.7223

Critical values for Z statistics:
              1pct      5pct     10pct
critical values -4.009825 -3.434709 -3.141047
```

Figura 8: Resultados del test de Phillips–Perron para evaluar la raíz unitaria del TCR

Para complementar los resultados obtenidos con el test ADF, se aplicó el test **Phillips-Perron (PP)** bajo una especificación con intercepto y tendencia. En este caso el estadístico uti-

lizado corresponde al Z-tau, cuyo valor fue -3,2859. Al comparar este resultado con los valores críticos del test, se observa que la serie no alcanza el umbral de rechazo al 5 % aunque se ubica cercana al nivel del 10 %. Este resultado es coherente con lo observado en el test ADF, ya que no entrega evidencia suficiente para descartar la presencia de raíz unitaria en niveles.

En conjunto, los resultados permiten sostener que el logaritmo natural del TCR presenta un comportamiento no estacionario en niveles, pero estacionario en primera diferencia, por lo que puede ser tratado como una serie integrada de primer orden, $I(1)$. Esta conclusión justifica la estimación de un modelo $ARIMA(1,1,0)$, dado que la serie requiere una diferenciación para alcanzar estacionariedad y, además, incorpora un componente autorregresivo de primer orden para capturar la dinámica temporal de corto plazo del TCR.

10.6.2. Estimación del modelo ARIMA

Considerando los resultados de estacionariedad, se estimó un modelo ARIMA sobre el logaritmo natural del índice del Tipo de Cambio Real. El modelo seleccionado corresponde a un **ARIMA(1,1,0) con drift**, lo que indica que la serie fue diferenciada una vez y que se incorpora un componente autorregresivo de primer orden sobre la variación del logaritmo del TCR.

En términos económicos, esta especificación permite representar la dinámica temporal del TCR sin **imponer una relación directa en niveles** entre el valor actual y su rezago. De esta manera, el modelo captura la persistencia de la serie a través de su primera diferencia, reduciendo los problemas de interpretación que pueden surgir cuando una variable presenta raíz unitaria.

```
Series: serie_ln_tcr
ARIMA(1,1,0) with drift

Coefficients:
      ar1    drift
      0.0505  0.0009
s.e.    0.0740  0.0016

sigma^2 = 0.0004425: log likelihood = 457.8
AIC=-909.59  AICc=-909.46  BIC=-899.9

Training set error measures:
              ME      RMSE      MAE      MPE      MAPE      MASE      ACF1
Training set 1.064712e-05 0.02086667 0.01543429 -0.0007661226 0.3360884 0.2831856 0.001890659
```

Figura 9: Resultados del modelo ARIMA (1,1,0) para el logaritmo natural del Índice del TCR

Los resultados del modelo **ARIMA(1,1,0) con drift** muestran un coeficiente autorregresivo AR(1) de 0,0505 y un término drift de 0,0009. El coeficiente AR(1) es positivo, pero de baja magnitud, lo que sugiere que, una vez diferenciada la serie, la **dependencia temporal** de corto plazo en las variaciones del TCR es reducida. Por su parte, el drift presenta una magnitud positiva, aunque pequeña, por lo que debe interpretarse con cautela como una tendencia media mensual moderada en la evolución del logaritmo del TCR.

En cuanto a los **criterios de ajuste**, el modelo presenta un log likelihood de 457,8, un AIC de -909,59, un AICc de -909,46 y un BIC de -899,9. Estos indicadores muestran que el modelo posee una estructura parsimoniosa y coherente con la evidencia de integración de primer orden obtenida en las pruebas de estacionariedad.

10.6.3. Diagnóstico de residuos y pronóstico

Ljung-Box test

```
data:  Residuals from ARIMA(1,1,0) with drift
Q* = 25.888, df = 23, p-value = 0.3062

Model df: 1.    Total lags used: 24
```

Figura 10: Resultados del test Ljung-Box sobre los residuos

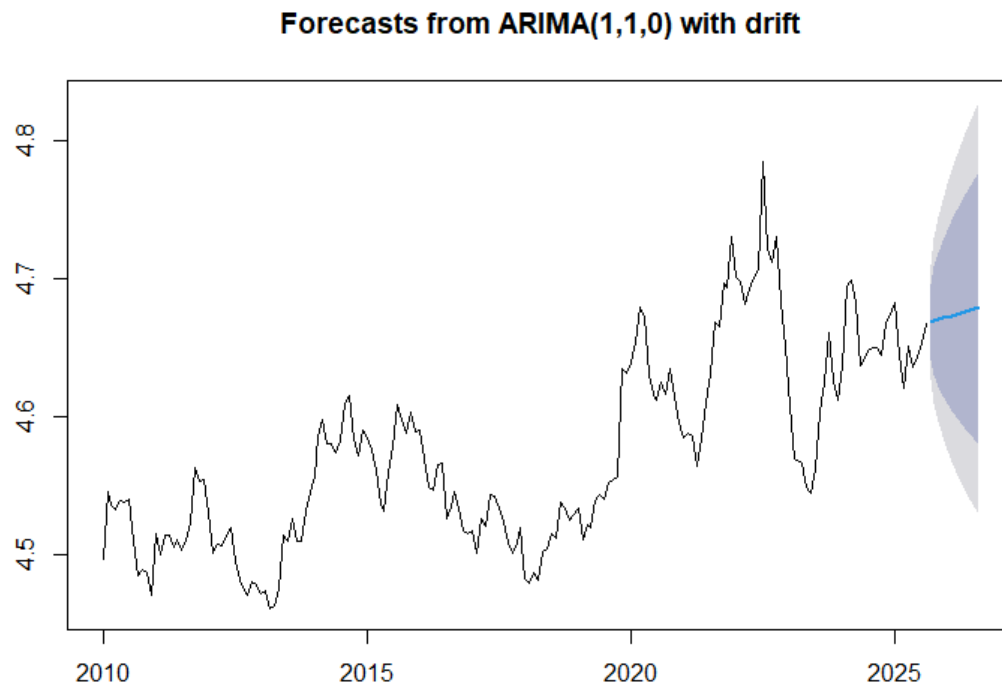


Figura 11: Proyección del modelo ARIMA (1,1,0) para el logaritmo natural del Índice del TCR

Para evaluar la adecuación del modelo, se aplicó el **test de Ljung-Box** sobre los residuos. El resultado obtuvo un estadístico Q^* de 25,888, con 23 grados de libertad y un p-value de 0,3062. Dado que este valor es superior a 0,05, no se rechaza la hipótesis nula de ausencia de autocorrelación en los residuos. Esto indica que los residuos del modelo se comportan de manera compatible con ruido blanco, por lo que la especificación ARIMA(1,1,0) con drift logra representar de manera adecuada la estructura temporal principal de la serie.

Finalmente, el pronóstico a doce meses muestra una trayectoria levemente creciente del logaritmo del TCR, acompañada de intervalos de confianza que se amplían progresivamente en el horizonte de predicción. Este comportamiento es esperable en modelos aplicados a series integradas, ya que la incertidumbre aumenta a medida que el pronóstico se extiende en el tiempo.

En consecuencia, el modelo ARIMA no debe interpretarse como una explicación causal del TCR, sino como una herramienta complementaria para representar su persistencia temporal. De esta forma, el análisis queda dividido en dos dimensiones: por una parte, la especificación multivariada permite estudiar asociaciones entre el TCR y variables macroeconómicas internas, externas y eventos extraordinarios; por otra, el modelo ARIMA permite capturar la dinámica temporal propia del logaritmo natural del TCR.

11 Conclusiones

11.1 Conclusiones

La presente investigación permitió analizar el comportamiento del TCR en Chile y su relación con un conjunto de variables macroeconómicas internas, externas y eventos extraordinarios ocurridos durante el periodo 2010-2025. A partir de los modelos estimados, se observa que el TCR presenta una **dinámica compleja**, persistente y sensible a shocks de distinta naturaleza, lo que confirma la relevancia de estudiar esta variable desde una perspectiva de series de tiempo y no únicamente mediante relaciones contemporáneas entre variables.

Uno de los principales hallazgos del estudio corresponde a la evidencia de que el TCR presenta un comportamiento compatible con una **serie integrada de primer orden**, es decir, no estacionaria en niveles, pero estacionaria en primera diferencia. Este resultado fue respaldado por las pruebas de raíz unitaria aplicadas, las cuales indicaron que en niveles no se rechaza la hipótesis de raíz unitaria, mientras que en primera diferencia la serie sí presenta estacionariedad. En términos económicos, esto sugiere que el TCR chileno posee una **elevada persistencia temporal** y que los shocks que afectan su trayectoria no se disipan de manera inmediata, sino que pueden **mantenerse en el tiempo**.

Este resultado modifica la forma en que deben interpretarse los modelos estimados. Si bien en las primeras especificaciones se observan asociaciones relevantes entre el TCR y variables como el IMACEC, el VIX, los precios de commodities, los diferenciales macroeconómicos y las variables dummy asociadas a eventos extraordinarios, la evidencia de integración de primer orden obliga a interpretar con cautela los modelos en niveles. En particular, el comportamiento del TCR se aproxima a una dinámica persistente, donde la trayectoria pasada de la serie cumple un rol

relevante en su comportamiento actual.

En este contexto, los **modelos 2 y 4** adquieren especial relevancia dentro del trabajo, ya que entregan una mejor aproximación al análisis correlacional de los determinantes macroeconómicos del TCR. El **modelo 2** permitió mejorar la especificación inicial mediante la incorporación de transformaciones logarítmicas, diferenciales entre variables de Chile y Estados Unidos, y variables dummy para capturar eventos extraordinarios. Por su parte, el **modelo 4** representó una especificación más depurada, al incorporar el rezago del IMACEC, aplicar ortogonalización en variables altamente correlacionadas y reducir problemas de multicolinealidad. De esta forma, ambos modelos permiten observar asociaciones relevantes entre el TCR y factores internos, externos y de incertidumbre global.

Adicionalmente, la evidencia de **no estacionariedad** en niveles justificó complementar el análisis mediante un modelo **ARIMA(1,1,0) con drift** aplicado al logaritmo natural del índice del TCR. Esta especificación permitió representar la **dinámica temporal** propia de la serie sin incorporar directamente un rezago del TCR dentro de una regresión en niveles, evitando así problemas de interpretación asociados a series altamente persistentes o integradas.

Los resultados del modelo ARIMA muestran que, una vez diferenciada la serie, la dependencia temporal de corto plazo es reducida, mientras que el término drift presenta una magnitud positiva, aunque pequeña. Además, el diagnóstico de residuos mediante el test de Ljung-Box no evidenció autocorrelación remanente significativa, lo que sugiere que la especificación ARIMA logra representar adecuadamente la estructura temporal principal del logaritmo natural del TCR.

A pesar de esta cautela, los resultados obtenidos permiten **identificar ciertos patrones relevantes**. Las variables asociadas a incertidumbre financiera y shocks extraordinarios, como el VIX y las dummies de eventos relevantes, muestran un papel importante en distintas especificaciones,

lo que sugiere que el TCR chileno responde a **episodios de mayor tensión internacional, incertidumbre global o disrupciones internas**. Asimismo, variables de actividad económica como el IMACEC mantienen relevancia en los modelos intermedios, especialmente cuando se incorporan rezagos y correcciones por multicolinealidad.

El proceso de depuración metodológica también constituye un aporte relevante del estudio. La comparación entre distintas especificaciones permitió detectar problemas de multicolinealidad, pérdida de significancia individual, sensibilidad a la incorporación de rezagos y presencia de heterocedasticidad. Frente a ello, la utilización de transformaciones logarítmicas, ortogonalización de variables, selección de regresores y errores estándar robustos permitió mejorar la estabilidad de las estimaciones y entregar una interpretación más cuidadosa de los resultados.

En síntesis, la investigación muestra que el TCR chileno no puede ser comprendido únicamente a partir de **relaciones lineales contemporáneas con variables macroeconómicas**, ya que su propia estructura temporal cumple un rol **relevante**. **La especificación multivariada principal** permite identificar asociaciones relevantes entre el TCR y variables internas, externas y de incertidumbre, mientras que el **modelo ARIMA** complementa el análisis al capturar la persistencia temporal propia de la serie. De este modo, el estudio cumple con su objetivo de caracterizar el comportamiento del TCR y evaluar su relación con distintos factores macroeconómicos, dentro de un marco descriptivo y correlacional, sin establecer relaciones causales definitivas.

11.2 Recomendaciones

Sin embargo, los resultados también indican **márgenes importantes de desarrollo futuro**. Dado que el TCR exhibe una alta persistencia temporal y un comportamiento compatible con una serie integrada de primer orden, sería recomendable que investigaciones posteriores profundicen

en metodologías que permitan trabajar de manera más **precisa** con este tipo de dinámica. En particular, se esperaría complementar el análisis mediante pruebas formales de cointegración, con el objetivo de evaluar si existe una relación de largo plazo entre el TCR y sus principales variables explicativas.

En caso de encontrarse evidencia de **cointegración**, sería pertinente avanzar hacia modelos que permitan distinguir entre los ajustes de corto plazo y las relaciones de equilibrio de largo plazo. Por otro lado, si dicha relación no se confirma, una alternativa adecuada sería trabajar con las variables en primeras diferencias, reduciendo así el riesgo de obtener relaciones espurias derivadas del uso de series no estacionarias en niveles. De esta manera, el modelo podría mejorar su consistencia econométrica y entregar una interpretación más robusta de los resultados.

Otra línea de mejora posible consiste en incorporar **estructuras dinámicas más completas**, capaces de capturar rezagos, interacciones simultáneas y mecanismos de retroalimentación entre las variables. Esto permitiría representar de mejor manera el comportamiento del TCR, especialmente considerando que su evolución no depende únicamente de factores contemporáneos, sino también de su trayectoria previa y de la persistencia de los shocks que lo afectan.

También sería recomendable evaluar la **estabilidad estructural del modelo**, debido a que el periodo analizado incluye eventos extraordinarios como el estallido social, la pandemia y distintas tensiones geopolíticas internacionales. Si bien estos episodios fueron incorporados mediante variables dummy, su efecto podría ser más complejo que lo capturado por una regresión lineal tradicional. Por ello, aplicar pruebas de quiebre estructural permitiría identificar si la relación entre el TCR y sus determinantes cambia en distintos momentos del tiempo.

Finalmente, se sugiere ampliar la información utilizada mediante la incorporación de **variables financieras de mayor frecuencia, indicadores de expectativas de mercado, medidas**

alternativas de riesgo global y antecedentes asociados a flujos de capital. Esto permitiría mejorar la capacidad del modelo para capturar movimientos de corto plazo y entregar una visión más completa del comportamiento cambiario chileno frente a shocks internos y externos.

11.3 Síntesis

A modo de cierre, el presente trabajo permitió analizar el comportamiento del Tipo de Cambio Real en Chile y evaluar su relación con un conjunto de variables macroeconómicas internas, externas y eventos extraordinarios durante el periodo estudiado. Los resultados muestran que el TCR presenta una **marcada persistencia temporal**, lo que indica que su trayectoria actual se encuentra fuertemente influida por su **comportamiento pasado**.

La evidencia obtenida sugiere que el TCR posee características compatibles con una **serie integrada de primer orden**, cercana a una dinámica de **caminata aleatoria con drift**. Esto implica que los shocks que afectan al tipo de cambio real pueden tener efectos persistentes y que su corrección no ocurre necesariamente de forma inmediata. Por esta razón, la interpretación de los resultados debe realizarse con cautela, considerando que parte importante del comportamiento del TCR responde a su propia estructura temporal.

Asimismo, el estudio permitió identificar asociaciones relevantes entre el TCR y variables vinculadas a la actividad económica, la incertidumbre financiera, los diferenciales macroeconómicos y eventos extraordinarios. Sin embargo, al considerar la **fuerte inercia** de la serie, se observa que algunas variables **pierden** capacidad explicativa individual, lo que refuerza la necesidad de utilizar especificaciones más dinámicas y adecuadas para series no estacionarias.

En este trabajo, dicha dinámica fue abordada mediante un **modelo ARIMA(1,1,0) con drift**, el cual permitió representar la persistencia temporal del logaritmo natural del TCR y com-

plementar los resultados obtenidos mediante la especificación multivariada.

En consecuencia, la principal conclusión de esta investigación es que el TCR chileno no puede ser comprendido únicamente a partir de **relaciones lineales contemporáneas** con variables macroeconómicas, ya que su comportamiento está fuertemente determinado por la persistencia y la trayectoria previa de la serie. Esto **no invalida** la relevancia de los factores internos, externos o de incertidumbre, pero sí exige interpretarlos dentro de un marco econométrico coherente con la **naturaleza del fenómeno estudiado**.

En términos generales, el trabajo entrega una **base empírica** útil para comprender la dinámica del TCR y deja planteadas líneas claras de mejora para futuras investigaciones. Entre ellas destacan la incorporación de pruebas de cointegración, estimaciones en primeras diferencias, modelos dinámicos de mayor complejidad, análisis de quiebres estructurales y variables financieras de mayor frecuencia. Estas extensiones permitirían fortalecer la capacidad explicativa del modelo y profundizar en la comprensión del comportamiento cambiario chileno.

12 Discusión

Los resultados obtenidos permiten analizar con mayor profundidad la dinámica del **Tipo de Cambio Real (TCR) en Chile** y evaluar cómo se relaciona con los distintos factores incorporados en el estudio. Una de las conclusiones más relevantes es la evidencia consistente de **persistencia cambiaria**, reflejada en las pruebas de raíz unitaria y en la necesidad de modelar la serie mediante una especificación **ARIMA con una diferencia**. Este resultado se encuentra alineado con la literatura internacional, la cual plantea que los shocks externos suelen transmitirse de manera gradual y que el tipo de cambio puede depender fuertemente de su trayectoria previa en economías abiertas.

Desde el enfoque descriptivo y correlacional de esta investigación, dicha persistencia constituye una característica fundamental que debe ser considerada al momento de interpretar los modelos estimados. En particular, la evidencia de que el TCR presenta un comportamiento compatible con una **serie integrada de primer orden** refuerza la necesidad de complementar las regresiones multivariadas con modelos específicos de series de tiempo. En este sentido, el **modelo ARI-MA(1,1,0) con drift** permitió representar la dinámica temporal propia del logaritmo natural del TCR sin incorporar directamente un rezago del TCR en una regresión en niveles, evitando así problemas de interpretación asociados a series altamente persistentes.

Otro elemento relevante a destacar es la forma en que las variables externas como el VIX y los shocks representados mediante dummies, **logran conservar significancia** en distintas especificaciones. Esto sugiere que los eventos internacionales y domésticos extraordinarios influyen de manera estadísticamente detectable en el comportamiento del TCR durante el periodo analizado, lo cual resulta coherente con los objetivos planteados. En particular, la incertidumbre financiera global y los episodios de disrupción económica parecen tener un rol importante en la dinámica

cambiaría chilena.

Por el contrario, algunas variables que en modelos preliminares parecían relevantes, como el caso del precio del cobre o del petróleo, **pierden significancia individual** una vez que se corrigen problemas de colinealidad y se incorporan transformaciones metodológicas. **Esto no implica** necesariamente que dichas variables carezcan de relevancia económica, sino que su aporte estadístico dentro del modelo puede estar condicionado por su relación con otros regresores, por la estructura temporal de la serie o por la forma en que se especifica el modelo. Por esta razón, algunas variables se mantienen como controles dentro de la especificación multivariada principal, aun cuando no presenten significancia individual en todas las etapas del análisis.

El proceso de modelación también muestra que la relevancia de algunos regresores depende fuertemente del tratamiento econométrico utilizado. La reducción del VIF, la ortogonalización de variables, la incorporación del rezago del IMACEC y la evaluación de diagnósticos sobre los residuos evidencian que los resultados no provienen únicamente de una especificación inicial, sino de un proceso iterativo de estimación, diagnóstico y ajuste. Esto reafirma la importancia metodológica de no basarse exclusivamente en estimaciones OLS simples, sino de considerar problemas frecuentes en series macroeconómicas, como multicolinealidad, heterocedasticidad, autocorrelación y persistencia temporal.

En este contexto, la estrategia empírica del estudio puede entenderse en dos dimensiones complementarias. Por una parte, la **especificación multivariada principal** permite analizar asociaciones entre el TCR y variables macroeconómicas internas, externas y eventos extraordinarios. Por otra parte, el **modelo ARIMA** permite caracterizar la dinámica temporal propia del logaritmo natural del TCR, especialmente considerando que la serie no es estacionaria en niveles, pero sí en primera diferencia. Esta separación es relevante porque evita atribuir a los regresores macroeconó-

micos una capacidad explicativa que podría estar asociada, en parte, a la persistencia propia de la serie.

Aun así, los resultados deben interpretarse con **cautela**. La naturaleza correlacional del estudio impide extraer conclusiones causales definitivas y deja abierta la posibilidad de que existan variables omitidas no contempladas en la especificación. Además, el uso de datos mensuales limita la capacidad del análisis para capturar movimientos abruptos o dinámicas de muy corto plazo que pueden ser relevantes en el mercado cambiario chileno. Aunque los eventos extraordinarios fueron incorporados mediante variables dummy, su efecto puede ser más complejo que lo capturado por una regresión lineal tradicional.

En general, los resultados muestran que la dinámica del TCR en Chile está influida tanto por factores macroeconómicos y shocks externos como por su propia estructura temporal. Esto no invalida la importancia de las variables internas, externas o de incertidumbre, pero sí indica que sus asociaciones deben **interpretarse dentro de un marco econométrico coherente con la persistencia de la serie**. Finalmente, la combinación entre una especificación multivariada y un modelo ARIMA complementario entrega una base empírica más **consistente** para comprender el comportamiento del TCR, al distinguir entre sus vínculos estadísticos con variables macroeconómicas y su dinámica temporal propia.

13 Limitaciones

En lo referido a las limitaciones a las que se vio enfrentado el estudio, podemos destacar que los enfoques seleccionados no dejan posibilidad de establecer **relaciones causales definitivas** entre las variables analizadas. Dado que la investigación posee un carácter **descriptivo y correlacional**, los resultados deben interpretarse como asociaciones estadísticas observadas durante el periodo de estudio, y no como efectos causales directos entre los regresores y el Tipo de Cambio Real.

Por otra parte, la especificación en niveles, aunque adecuada para los objetivos planteados, no permite capturar plenamente las interacciones simultáneas ni los ajustes de largo plazo que podrían existir entre los regresores seleccionados. En este sentido, el trabajo no incorpora pruebas formales de cointegración ni modelos de corrección de errores, por lo que no es posible afirmar la existencia de relaciones de equilibrio de largo plazo entre el TCR y sus determinantes macroeconómicos.

Cabe destacar, que el uso de datos mensuales **restringen la capacidad del modelo** para identificar fluctuaciones de alta frecuencia que suelen caracterizar al mercado cambiario. Movimientos diarios o semanales asociados a decisiones de política monetaria, anuncios económicos, expectativas de mercado o episodios de volatilidad financiera pueden no ser capturados completamente mediante una frecuencia mensual.

Asimismo, la inclusión de shocks mediante variables dummy sólo permite **aproximarse de manera simplificada a eventos complejos** como el estallido social, la pandemia o tensiones geopolíticas internacionales. Sin embargo, estos eventos pueden tener efectos más amplios, graduales o heterogéneos que los capturados por una variable binaria dentro de una regresión lineal.

Otra limitación relevante se relaciona con el **modelo ARIMA estimado**. Si bien esta espe-

cificación permite representar la dinámica temporal y persistencia del logaritmo natural del TCR, se trata de un modelo univariado, por lo que **no incorpora directamente variables macroeconómicas explicativas**. En consecuencia, el ARIMA debe entenderse como una herramienta complementaria para caracterizar la estructura temporal de la serie, y no como una explicación estructural del comportamiento cambiario.

Además, el **modelo ARIMA(1,1,0) con drift** fue estimado dentro del marco del periodo disponible y no considera una validación predictiva fuera de muestra. Por ello, sus resultados deben interpretarse principalmente como una representación de la dinámica temporal observada, más que como una herramienta definitiva de pronóstico.

Otra limitación deriva de la **disponibilidad y calidad de los datos**, ya que algunas series presentan atrasos, distintos periodos de evaluación, revisiones o diferencias metodológicas entre fuentes. A pesar de que los resultados obtenidos mantienen consistencia con los objetivos planteados, estos se encuentran condicionados por el marco metodológico seleccionado y no pueden extrapolarse en su totalidad más allá del alcance definido.

14 Anexos

14.1 Anexo A

Planilla de Data Utilizada para el Modelado

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1Tt2P3wM0EziuNX9CE0QmhKtukS_FBl6j/edit?usp=sharing&ouid=100297799052736264605&rtpof=true&sd=true

14.2 Anexo B

Código y Modelo en RStudio

https://drive.google.com/drive/folders/1wV5Sjs_RYk_I-mH79JzGbCYD3hf2_V4W?usp=sharing

Referencias

- BCCh (2025). Informe de Política Monetaria (IPoM). [PDF]. <https://www.bcentral.cl/web/banco-central/areas/politica-monetaria/informe-de-politica-monetaria>.
- Branson W. H. y Henderson D. W. (1985). Chapter 15 the specification and influence of asset markets. *Elsevier*, 2. [https://doi.org/10.1016/S1573-4404\(85\)02006-8](https://doi.org/10.1016/S1573-4404(85)02006-8).
- Chen C., Chen W., Shang L., Wang H., Tang D., y Lansana D. D. (2024). Price discovery and volatility spillovers in the interest rate derivatives market. *Humanit Soc Sci Commun*, 11. <https://doi.org/10.1057/s41599-024-02788-x>.
- Federal Reserve System (2025). Federal Funds Effective Rate. [Web]. <https://fred.stlouisfed.org/series/FEDFUNDS>.
- He X.-J. y Lin S. (2024). Analytically pricing foreign exchange options under a three-factor stochastic volatility and interest rate model: A full correlation structure. *Elsevier*, 246. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2024.123203>.
- Miranda-Agrippino S. y Rey H. (2022). Chapter 1 - the global financial cycle we are grateful to the editors, to Şebnem kalemli-Özcan and livio stracca (discussants) and to other participants at the international macroeconomic handbook conference for helpful comments and discussions. rey is grateful to the erc for funding (advanced grant 695722). En Gopinath G., Helpman E., y Rogoff K., editores, *Handbook of International Economics: International Macroeconomics, Volume 6*, volumen 6 de *Handbook of International Economics*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/bs.hesint.2022.02.008>.

Obstfeld M. y Rogoff K. (1996). *Foundations of International Macroeconomics*. MIT Press.

Ogawa E. y Sasaki Y. N. (1998). Inertia in the key currency. *Japan and the World Economy*, 10(4).

[https://doi.org/10.1016/S0922-1425\(98\)00022-X](https://doi.org/10.1016/S0922-1425(98)00022-X).

U.S. Bureau of Labor Statistics (2025). United States Unemployment Rate. [Web]. [https:](https://tradingeconomics.com/united-states/unemployment-rate)

[//tradingeconomics.com/united-states/unemployment-rate](https://tradingeconomics.com/united-states/unemployment-rate).