



“Impacto del Cambio Climático en el Volumen de las Exportaciones de Vino con Denominación de Origen en Chile”

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE
MAGÍSTER EN ANÁLISIS ECONÓMICO**

**Alumno: Juan Andrés Cubillos Peñailillo
Profesor Guía: Roberto Pasten**

Santiago, Marzo 2024

Requisitos Cumplidos

1. Máximo 8000 palabras, excluyendo referencias y anexos.
2. Cinco bullet points de máximo 80 caracteres cada uno.
3. Abstract o resumen en Español e Inglés cubriendo los mismos puntos.
4. Todas las referencias citadas en el texto están incluidas en las Referencias.
5. Referencias están en estricto orden alfabético por apellido del primer autor.
6. Todas las tablas y gráficos son autoexplicativos y autocontenidos.
7. El texto no contiene frases de más de cuatro líneas.
8. Palabras en inglés o idioma diferente del Castellano en itálicas.
9. Revisión exhaustiva de ortografía y puntuación.
10. Introducción de no menos de una plana y no más de dos planas.
11. Último párrafo de la introducción señala cómo están estructuradas las secciones numeradas del trabajo.
12. Sección de Conclusiones analiza y discute los resultados con perspectiva.

Bullet Points

- Evalúa cambio climático en exportaciones de vino chileno.
- Aplica VECM para cointegración entre temperatura y exportaciones.
- Destaca impacto negativo significativo de aumento de temperatura.
- Escenarios revelan relación inversa, más evidente con 36 meses de rezago.
- Contribuye al entendimiento de vulnerabilidades y necesidades de adaptación en la industria vitivinícola ante el cambio climático.



IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL VOLUMEN DE LAS EXPORTACIONES DE VINO CON DENOMINACIÓN DE ORIGEN EN CHILE

Tesis Para Optar Al Grado De Magíster En Análisis Económico

Alumno: Juan Andrés Cubillos Peñailillo

Profesor Guía: Roberto Pasten

Santiago, Noviembre 2023

IMPACTO DEL CAMBIO CLIMATICO EN EL VOLUMEN DE LAS EXPORTACIONES DE VINO CON DENOMINACIÓN DE ORIGEN EN CHILE

Juan Andrés Cubillos Peñailillo

Noviembre 2023

Resumen

Esta investigación se centra en cuantificar el impacto del cambio climático en una industria particularmente destacada en Chile, como lo es la vitivinicultura. Específicamente, se busca estudiar el efecto de las variaciones en la temperatura media en el volumen de las exportaciones de vino con denominación de origen en las principales regiones exportadoras. El trabajo se acotará a cuatro regiones del territorio chileno que concentran más del noventa por ciento de la actividad exportadora de la industria en el período comprendido entre enero de 1995 y diciembre de 2019. Estas regiones son Valparaíso, Metropolitana, O'Higgins y El Maule. Para medir el efecto, se utilizó un modelo econométrico para series de tiempo, el Modelo de Corrección de Errores (VECM), encontrando cointegración entre las variables para cada una de las regiones en los escenarios probados. Se evaluó un modelo sin período de guarda, uno con un período de guarda de un año y, por último, uno con un período de guarda de tres años. Los resultados muestran una relación inversa entre las variables en el factor de corrección de corto plazo. Esto significa que a medida que aumentan las temperaturas medias en las regiones estudiadas, observamos un efecto negativo: una disminución en el volumen de las exportaciones de vino con denominación de origen. En el escenario inverso, si las temperaturas medias disminuyen, observamos un efecto positivo en el volumen de las exportaciones de vino con denominación de origen. Los resultados se sometieron a pruebas de diagnóstico para asegurar que el modelo VECM entregaba resultados significativos y que cumplía con los requisitos de esta metodología.

Abstract

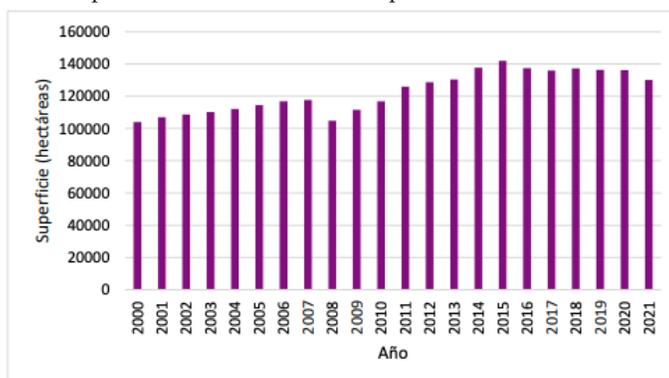
This research focuses on quantifying the impact of climate change on a particularly prominent industry in Chile, that being viticulture. Specifically, the aim is to study the effect of variations in average temperature on the volume of exports of origin-designated wine in the main exporting regions. The study is limited to four regions in Chile, which account for over ninety per cent of the industry's export activity during the period from January 1995 to December 2019. These regions include Valparaíso, Metropolitan, O'Higgins, and Maule. To measure the effect, an econometric model for time series, the Vector Error Correction Model (VECM), was employed, finding cointegration between variables in each of the tested scenarios. Models without a lag period, with a one-year lag period, and finally, with a three-year lag period were evaluated. The results reveal an inverse relationship between variables in the short-term correction factor. This implies that as average temperatures increase in the studied regions, a negative effect is observed—a decrease in the volume of exports of origin-designated wine. Conversely, in the opposite scenario of decreasing average temperatures, a positive effect on the volume of exports of origin-designated wine is observed. Diagnostic tests were applied to the results to ensure that the VECM model provided significant outcomes and complied with the requirements of this methodology.

1. Introducción

La industria vitivinícola chilena es una parte fundamental de la economía del país, desempeñando un papel crucial en la producción mundial de vino. Chile, con sus 130 mil hectáreas de viñedos, se posiciona como el octavo país con mayores superficies de vides viníferas en el mundo. La producción y exportación de vino chileno han experimentado un crecimiento significativo en las últimas dos décadas, convirtiéndolo en el cuarto exportador a nivel global. Sin embargo, este florecimiento no está exento de desafíos, especialmente en un contexto de cambios climáticos significativos.

El impacto del cambio climático en la industria vitivinícola es un tema de creciente preocupación. Según datos de la Organización Internacional de la Viña y el Vino (OIV), la superficie mundial de vides viníferas ha aumentado desde el año 2000, alcanzando 7.3 millones de hectáreas a nivel global en 2021. En Chile, las regiones de O'Higgins y Maule lideran en extensión de viñedos. No obstante, este crecimiento se ve amenazado por fenómenos climáticos extremos, cambios en las estaciones y variaciones en la temperatura promedio, que pueden impactar directamente en la producción y, en última instancia, en las exportaciones de vino chileno.

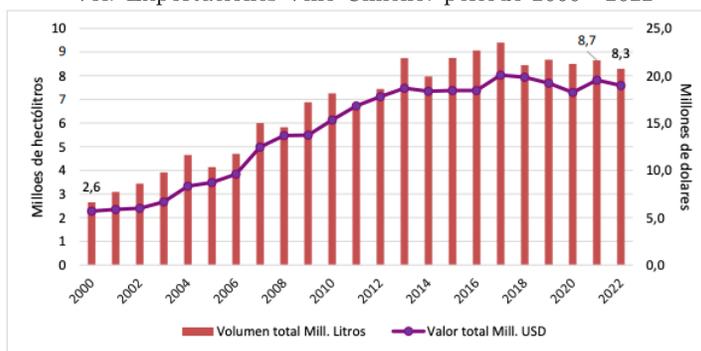
Superficie de Vides Viníferas: periodo 2000 - 2021



Fuente: Catastro vitivinícola SAG.

Este trabajo de investigación se enfoca en evaluar y cuantificar el impacto del cambio climático, medido a través de las variaciones en la temperatura promedio, en el volumen de las exportaciones de vino con denominación de origen en las regiones más relevantes de la actividad exportadora del vino chileno. Estas regiones incluyen Valparaíso, Metropolitana, O'Higgins y Maule. La relevancia de este estudio radica en la necesidad de entender cómo las fluctuaciones climáticas afectan la industria y su economía, y cómo se pueden tomar medidas para abordar estos desafíos.

Vol. Exportaciones Vino Chileno: periodo 2000 - 2022



Fuente: elaborado por ODEPA con datos de Servicio Nacional de Aduanas.

Para lograr este objetivo, se utiliza un enfoque novedoso en forma de un modelo de Corrección de Errores Vectorial (VECM), que busca establecer cointegración entre las series de tiempo de la temperatura promedio y el volumen de exportaciones. Este enfoque permite cuantificar el efecto del cambio climático, identificar la dirección e impacto de dicho efecto y analizar la velocidad de corrección en el corto plazo. Además, se exploran distintos escenarios y se aplican pruebas de diagnóstico para garantizar la robustez de los resultados.

Los escenarios explorados para cada una de las regiones ya mencionadas, es evaluar tres modelos por región, uno sin rezagos, es decir que se evalúa la cointegración de las series de tiempo en el mismo periodo de tiempo, otro modelo con 12 meses de rezagos, esto considerando tiempo de guarda de un año y evaluando la cointegración de las series de tiempo con la variable temperatura media rezagada en doce meses, y por último un modelo con 36 meses de rezago, esto considerando tiempo de guarda de 3 años y evaluando la cointegración de las series de tiempo con la variable temperatura media rezagada en treinta y seis meses.

Los resultados serán abordados con detalle en la sección 6, pero podemos confirmar que se encontró cointegración en los tres escenarios para cada una de las cuatro regiones estudiadas. Obteniendo una relación inversa entre las series de tiempo y destacando el modelo que considera 36 meses de rezago, es decir bajo el supuesto de 3 años de guarda, como el modelo que mejor ajuste tuvo para 3 de las 4 regiones.

La industria vitivinícola de Chile enfrenta un futuro desafiante debido al cambio climático, y este estudio busca proporcionar una visión clara de las implicaciones y las posibles medidas para garantizar su sostenibilidad y éxito continuo en un entorno en constante evolución. Adicionalmente este trabajo representa un aporte pionero y cuantitativo al estudio de los efectos del cambio climático en la economía, específicamente en la industria vitivinícola.

La estructura de la tesis se compone de las siguientes secciones: La sección 2 presenta revisión de la literatura. La sección 3 el desarrollo del modelo teórico y sus hipótesis. La sección 4 presenta los datos utilizados. La sección 5 la metodología implementada. La sección 6 los resultados y pruebas de diagnóstico. La sección 7 los alcances y limitaciones de la investigación, y, por último, la sección 8 las conclusiones e interpretaciones.

2. Revisión de Literatura

La revisión de la literatura para este estudio se basa en una serie de enfoques utilizados previamente en la investigación del cambio climático y su impacto en la industria del vino. Si bien la mayoría de los trabajos han abordado esta problemática desde una perspectiva a nivel de países o regiones comparables, nuestro enfoque difiere al centrarse en la medición cuantitativa y económica de los efectos del cambio climático en la industria vitivinícola en Chile.

En el análisis de la literatura pertinente, se identificaron diversas corrientes que abordan el cambio climático, la industria vitivinícola y la metodología del Modelo de Corrección de Errores (VECM).

Para el tema del cambio climático, la evidencia presentada en los estudios seleccionados, como los de Reszczynski (2023), Rojas (2023), Mackenzie (2023), y Fernández (2021), converge en señalar los impactos negativos del cambio climático en la actividad económica de Chile y otros factores de desarrollo como la productividad laboral o la misma pobreza. Además, se destaca el trabajo de Fernández (2021), que evalúa políticas públicas de adaptación con un enfoque de modelado, proporcionando así orientación valiosa para la regulación frente al cambio climático.

En el ámbito de la industria vitivinícola, dos corrientes principales emergen de la revisión. Por un lado, estudios como los de Aro (2020), Giraldo (2017), Mills-Novoa et al. (2016), y Resco (2015) adoptan enfoques basados en índices de aptitud productiva y escenarios de cambio climático para evaluar la vulnerabilidad y proyectar el futuro de la vitivinicultura. Por otro lado, investigaciones como las de Hannah L. et al. (2013), Armas (2012), y Marchant (2010) se centran en evaluar la idoneidad de las cepas frente a las condiciones climáticas cambiantes, proponiendo recomendaciones como la modificación de cepas o la reubicación de producciones.

En cuanto a la metodología del Modelo de Corrección de Errores (VECM), los estudios revisados, tales como Laypanov (2018), Quenta (2015), Campo y Sarmiento (2011), Aravena (2008), y Liquitaya y Gutierrez (2003), proporcionan enfoques que van desde la relación entre tipos de cambio y precios de *commodities* hasta modelos micro fundados para la oferta de viviendas. Estos modelos han sido seleccionados con el propósito de replicar metodologías, comprender interpretaciones y analizar los resultados derivados del VECM.

La revisión de estas corrientes permitió obtener una comprensión integral de los distintos aspectos relacionados con el cambio climático, la industria vitivinícola y el Modelo de Corrección de Errores, proporcionando así un marco conceptual sólido para el presente estudio de investigación.

Adicionalmente podemos encontrar otros estudios e investigaciones que sirven para entregar hechos estilizados que van en línea con el presente estudio que respaldan y resaltan la importancia de entender los efectos del cambio climático, debido a su constante evolución y relevancia.

El informe del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) destaca que los fenómenos climáticos extremos se han vuelto más frecuentes e intensos en las últimas décadas. Según el informe del IPCC, se observa un aumento en la frecuencia e intensidad de eventos como olas de calor, inundaciones y sequías, atribuidos en gran medida al cambio climático antropogénico (IPCC, Informe de Evaluación 6, 2021).

Además, el Ministerio de Medio Ambiente de Chile, a través del Sistema de Información Nacional de Cambio Climático (SINICC), ha elaborado mapas de riesgo y amenazas que resaltan las variaciones climáticas en el país. Según el informe ARMCLIM, se ha registrado un incremento significativo de las temperaturas en Chile en los últimos años, afectando diversas regiones y sectores. Este aumento térmico ha generado preocupaciones sobre su impacto en la agricultura, incluida la industria vitivinícola (ARMCLIM, 2023).

Estos hechos estilizados provenientes de fuentes confiables como el IPCC y ARMCLIM proporcionan un fundamento sólido para comprender el contexto del cambio climático en Chile y sus posibles efectos en sectores específicos, como la vitivinicultura. Pero no obstante podemos encontrar otros análisis como:

Cambio Climático y Gases de Efecto Invernadero (GEI): El cambio climático es una realidad científicamente respaldada. Las actividades humanas, en particular el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), han sido identificadas como la principal causa de este fenómeno. Estas emisiones han desencadenado un aumento gradual de las temperaturas promedio a nivel mundial. (Olmos, 2012; Magaña, 2004).

Impactos del Cambio Climático en la Agricultura: Se ha demostrado que el cambio climático tiene un impacto significativo en la agricultura a nivel global. Las variaciones en las temperaturas medias y los eventos climáticos extremos pueden afectar la disponibilidad de agua, el rendimiento de los cultivos y la producción agropecuaria en general. Estos efectos pueden traducirse en pérdidas económicas importantes. (Aliaga y Villegas, 2009; PricewaterhouseCoopers, 2009).

Modelos de Escenarios Futuros: Para proyectar los impactos del cambio climático, se utilizan escenarios que representan diferentes niveles de emisiones de GEI. Estos escenarios ayudan a comprender el posible alcance de los cambios climáticos. Para este estudio, el escenario RCP8,5 se tomará en cuenta. (Alianza Clima y Desarrollo, y Overseas, 2014).

Sin embargo, a pesar de los numerosos estudios y observaciones del cambio climático y sus efectos en la agricultura en general, se observa una brecha en la literatura en lo que respecta a la industria específica del vino, y en particular, en la economía cuantitativa detrás de esta relación. En este contexto, nuestro estudio busca llenar este vacío al adoptar un enfoque económico y cuantitativo en la medición del impacto del cambio climático en la industria vitivinícola de Chile.

La contribución principal radica en la aplicación de un Modelo de Corrección de Errores Vectorial (VECM) a las series de tiempo del volumen de exportaciones de vino con denominación de origen y la temperatura

media en regiones específicas de Chile. Este enfoque nos permite no solo analizar la relación a largo plazo entre estas variables, sino también cuantificar los impactos y desviaciones a corto plazo. Dada la falta de datos precisos y la naturaleza fenológica de la producción de vino, esta aproximación novedosa se presenta como una contribución importante a la literatura existente sobre cambio climático y la industria vitivinícola.

3. Modelo Teórico

El modelo teórico propuesto para este estudio se basa en la relación entre la temperatura media y el volumen de exportaciones de vino con denominación de origen (DO) en distintas regiones vitivinícolas. La hipótesis central es que existe cointegración entre estas dos variables, lo que sugiere que la temperatura media influye de manera significativa en el volumen de exportaciones de vino con DO. Esta relación se fundamenta en la comprensión del ciclo de vida del vino y los conceptos de *terroir* y denominación de origen (DO).

El concepto de *terroir* abarca una serie de variables, entre las cuales el clima desempeña un papel crucial en la producción de vino. El clima de una región vitivinícola afecta directamente las características de las uvas y, por lo tanto, la calidad y cantidad de producción vinícola. La variabilidad climática, derivada del cambio climático y el deterioro de la capa de ozono a nivel mundial, ha planteado amenazas significativas para la industria del vino. El cambio en la temperatura promedio puede influir en el ciclo de vida de la vid y, por lo tanto, en la producción vinícola.

El concepto de denominación de origen (DO) es esencial en este modelo. La DO atribuye la producción de un vino a las características específicas de una región determinada. Esto permite rastrear el impacto del cambio climático en la producción y exportaciones de vino a nivel regional. Al considerar las DO de distintas regiones vitivinícolas, se puede evaluar cómo varía el volumen de exportaciones de vino con DO en respuesta a cambios en la temperatura media.

El modelo teórico se centra en la relación entre la temperatura media, el *terroir* y la denominación de origen, con el volumen de exportaciones de vino con DO como variable objetivo. Este enfoque integral permite abordar la complejidad de la industria vitivinícola y explorar cómo el cambio climático, a través de las variaciones de la temperatura promedio, afecta la producción y exportación de vino con DO en regiones específicas. La cointegración entre estas variables se convierte en un punto clave para entender y cuantificar el impacto del cambio climático en esta industria.

4. Datos

4.1 Volumen de Exportaciones de Vino con Denominación de Origen

Los datos del volumen de exportaciones de vino con denominación de origen se obtuvieron de la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), específicamente de las estadísticas del sector comercio exterior, la cual cuenta con una base de datos con el detalle regional del volumen y valor de exportaciones e importaciones, para distintos periodos y productos.

Para construir la serie de tiempo se utilizaron los datos mensuales del volumen de exportaciones de vino con denominación de origen para las distintas regiones estudiadas, (Valparaíso, Metropolitana, O'Higgins y El Maule), se consideró el periodo comprendido entre enero de 1995 a diciembre 2019 y la unidad de medida esta expresada en litros.

4.2 Temperatura Media

Los datos de temperatura media se obtuvieron de la Dirección Meteorológica de Chile, perteneciente a la Dirección General de Aeronáutica Civil. Para esto se utilizaron los anuarios climatológicos, que a través de sus publicaciones permitió reconstruir los datos mensuales a utilizar en la investigación, esto para el periodo comprendido entre enero de 1995 a diciembre 2019. Para los modelos con rezagos, fue necesario agregar tres años más de historia, agregando desde enero 1992 a diciembre 1994. La unidad de medida para la temperatura media son grados Celsius.

Dentro del anuario climatológico, se encuentran las distintas estaciones meteorológicas del país, aperturado por región y adicionalmente por latitud y longitud. Estas últimas fueron esenciales para la elección de las estaciones a utilizar, ya que para construir la serie de tiempo para las regiones estudiadas, (Valparaíso, Metropolitana, O'Higgins y El Maule), se usaron las estaciones que estuvieran más cercanas en cuanto a sus coordenadas a las principales rutas del vino de las respectivas regiones.

Estaciones utilizadas, para la investigación:

- Estación Santiago Pudahuel. (Lat: 33° 23' y Long: 70° 47')
- Estación Santo Domingo. (Lat: 33° 39' y Long: 71° 36')
- Estación Curicó General Freire. (Lat: y Long:)
- Estación Chillán B. O'Higgins. (Lat: y Long:)

5. Metodología

5.1 Manipulación de Datos y Escenarios

La metodología empleada en este estudio se basó en un Modelo de Corrección de Errores Vectorial (VECM), una técnica econométrica que se utiliza para analizar la relación a largo plazo entre series de tiempo no estacionarias. En el presente trabajo, se aplicó el VECM para evaluar la relación entre las dos variables ya mencionadas en la sección anterior, el volumen de exportaciones de vino con denominación de origen y la temperatura media en las cuatro regiones de interés en Chile, dado que ambas series de tiempo se comportan como series no estacionarias, en el caso de la primera serie mencionada podemos observar un crecimiento y tendencia al alza pronunciado, mientras que en la segunda serie utilizada podemos observar estacionalidad, dada las estaciones del año y adicionalmente una leve tendencia hacia el alza. Criterios que conforman la definición de una serie no estacionaria.

Destacar que el modelo VECM es una extensión de los modelos ARIMA y se utiliza cuando alguna variable en estudio no es estacionaria y, por lo tanto, requieren una transformación para realizar análisis económicos válidos. En este contexto, el VECM permite modelar la dinámica a largo y corto plazo entre las variables en estudio.

Para realizar el modelo econométrico, se utilizó la herramienta de programación Rstudio, realizando en un script el modelo de corrección de errores vectorial. Para esto se cargaron las librerías necesarias para realizar la programación del modelo y se cargaron los datos en formato csv, estos se transformaron a series de tiempo, dándoles el inicio y final de los años establecidos para el análisis, y se evaluaron inicialmente los datos. Frente a esto se optó por trabajar en el logaritmo de cada una de las series de tiempo, dadas las bondades que esto entrega y por último se establecieron tres escenarios para cada una de las regiones para así lograr una investigación más robusta:

El primer escenario (ecuación 1), fue evaluar un modelo VECM sin rezagos, esto quiere decir que ambas series de tiempo estaban en el mismo periodo de tiempo, iniciando ambas en enero de 1995 y terminando en diciembre de 2019. El segundo escenario (ecuación 2), consideraba evaluar un modelo VECM pero esta vez con rezagos, específicamente 12 meses de rezago en la serie de tiempo de temperatura media. Lo que significó que la serie de tiempo de volumen de exportaciones de vino con denominación de origen que iniciaba en enero 1995 estaba evaluada contra la temperatura media que iniciaba en enero 1994. Considerando un efecto de 12 meses (un año), que se asume bajo el escenario de guarda del vino, desde la producción hasta la exportación, pensando en que podría capturar de mejor manera el efecto del cambio climático. El tercer escenario (ecuación 3) es similar al anterior, también consideraba evaluar un modelo VECM con rezagos, pero esta vez serían 36 meses de rezago en la serie de tiempo de temperatura media. Lo que significó que la serie de tiempo de volumen de exportaciones de vino con denominación de origen que iniciaba en enero 1995 estaba evaluada contra la temperatura media que iniciaba en enero 1992. Considerando un efecto de 36 meses (tres años), que se asume bajo el escenario de guarda del vino, desde la producción hasta la exportación, pensando que podría capturar de mejor manera aún el efecto del cambio climático.

$$\Delta \ln(V_t) = \alpha_0 + \beta_0 t + \rho \ln(T_t) + \Gamma_1 \Delta \ln(V_{t-n}) + \Theta_1 \Delta \ln(T_{t-n}) + \varepsilon_t \quad (1)$$

$$\Delta \ln(V_t) = \alpha_0 + \beta_0 t + \rho \ln(T_{t-12}) + \Gamma_1 \Delta \ln(V_{t-n}) + \Theta_1 \Delta \ln(T_{t-n}) + \varepsilon_t \quad (2)$$

$$\Delta \ln(V_t) = \alpha_0 + \beta_0 t + \rho \ln(T_{t-36}) + \Gamma_1 \Delta \ln(V_{t-n}) + \Theta_1 \Delta \ln(T_{t-n}) + \varepsilon_t \quad (3)$$

En las ecuaciones de los modelos VECM presentados, los parámetros se definen de la siguiente manera:

$\Delta \ln(V_t)$: tasa de cambio en el log. del vol. de exportaciones de vino con D.O. en el período t.

α_0 : es el intercepto de la ecuación.

$\beta_0 t$: es el término de tendencia temporal, donde t es el tiempo.

$\rho \ln(T_t)$: es el vector de cointegración en el período t.

Γ_1 : es el coeficiente que mide el efecto de la tasa de cambio en el volumen de exportaciones de los lags.

Θ_1 : es el coeficiente que mide el efecto de la tasa de cambio en la temperatura media de los lags.

ε_t : es el término de error en el período t.

5.2 Preparación del Modelo

Para poder obtener el modelo en cada uno de los escenarios para las regiones estudiadas, fue necesario inicialmente realizar ciertos test que entregaran la dirección y validación del modelo. Es por eso que lo primero fue realizar una prueba de Dickey-Fuller a cada una de las series de tiempo para ver la existencia de estacionariedad o no, entregando un resultado para todos los escenarios en las distintas regiones consistente, la temperatura media se comportaba de forma no estacionaria, mientras que el volumen de las exportaciones de vino con denominación de origen también se comportaba de forma no estacionaria. Lo que nos permitía utilizar un modelo VECM, ya que nuestras series de tiempo corresponden a series no estacionarias. Luego lo que se realizó fue verificar la existencia de cointegración, que fue medido a través de la prueba de Johansen, evidenciando que para todos los casos existía cointegración entre las series de tiempo, por lo tanto hay un equilibrio a largo plazo entre las variables y por último para ya poder estimar las ecuaciones mencionadas en la subsección anterior, se realizó un test de selección óptima de lags, entregando distintos valores para cada escenario y región, lo que permitió estimar las ecuaciones.

6. Resultados y pruebas de Diagnostico

A continuación se presentan los resultados de los mejores modelos VECM para cada una de las regiones. La selección del modelo se basó en el criterio del AIC más bajo, un indicador ampliamente aceptado en la teoría de la información. Para tres de las cuatro regiones analizadas, el modelo con rezago de 36 meses obtuvo el AIC más bajo, lo que sugiere que el efecto de la temperatura en el volumen de las exportaciones no es inmediato. En lugar de ello, requiere un periodo de rezago para que la cointegración sea más efectiva y se ajuste mejor a los datos observados.

Es importante destacar que incluso en la región donde el modelo con 36 meses de rezago no tenía el AIC más bajo, la diferencia con el modelo de 12 meses de rezago era marginal. Por lo tanto se optó por mantener de igual forma el modelo de 36 meses de rezago en la región del Maule, ya que la diferencia era marginal con respecto al criterio AIC, y adicionalmente el modelo con más rezagos tenía un SSR más bajo y cumplía mejor los criterios de diagnóstico. Esto subraya la importancia de considerar que el impacto del cambio climático no se manifiesta de manera instantánea, sino que requiere periodos de tiempo significativos para manifestarse y evidenciarse adecuadamente con un ajuste óptimo a los datos.

Además, los modelos seleccionados para cada región muestran una significancia estadística en sus resultados. Un hallazgo relevante es la presencia de un coeficiente de corrección a corto plazo negativo en todos los casos, lo que indica una relación inversa entre la temperatura media y el volumen de las exportaciones. Este resultado respalda la hipótesis de que el cambio climático tiene un impacto significativo en las exportaciones, donde un aumento de la temperatura media está asociado con una disminución en el volumen de exportaciones en las regiones estudiadas. Estos hallazgos contribuyen a una comprensión más profunda de la relación entre el cambio climático y la economía regional.

Table 1: Modelo VECM - Valparaíso con 36 Rezagos

Modelo VECM	
Tamaño de la muestra completa:	300
Tamaño de la muestra final:	289
Número de variables:	2
Número de parámetros de pendiente estimados:	44
AIC:	-1998.052
BIC:	-1833.063
SSR:	36.7157
Vector de cointegración (estimado por 2OLS):	r_1
1	<i>ts_lnt_valp_3g</i>
-0.1812609	<i>ts_lnvalp_3g</i>

Tabla 1: Región Valparaíso

El modelo VECM para la región de Valparaíso con 36 rezagos, sugiere la existencia de una relación de cointegración entre las variables *ts-lnt-valp-3g* y *ts-lnvalp-3g*. El vector de cointegración r_1 tiene un valor de 1 para *ts-lnt-valp-3g* y -0.181 para *ts-lnvalp-3g*. Además el vector de corrección de corto plazo (ECT) indica la velocidad de ajuste hacia el equilibrio a largo plazo. En la ecuación de *ts-lnt-valp-3g*, el ECT es -0.0229, y en la ecuación de *ts-lnvalp-3g*, es 0.1995. Esto significa que en el corto plazo, si las variables se desvían del equilibrio a largo plazo, se ajustarán a una velocidad aproximada de -0.0229 y 0.1995, respectivamente. Existe una relación negativa entre las variables. Por último el modelo VECM es estadísticamente significativo, con un AIC de -1998.052 y un BIC de -1833.063. El SSR es 36.7157.

Table 2: Modelo VECM - Metropolitana con 36 Rezagos

Modelo VECM	
Tamaño de la muestra completa:	300
Tamaño de la muestra final:	287
Número de variables:	2
Número de parámetros de pendiente estimados:	52
AIC:	-2464.596
BIC:	-2270.644
SSR:	7.420888
Vector de cointegración (estimado por 2OLS):	r_1
1	<i>ts_lnt_metr_3g</i>
-0.1593075	<i>ts_lnmetr_3g</i>

Tabla 2: Región Metropolitana

El modelo VECM para la región Metropolitana también muestra una relación de cointegración entre las variables *ts-lnt-metr-3g* y *ts-lnmetr-3g*. El vector de cointegración r_1 tiene un valor de 1 para *ts-lnt-metr-3g* y -0.159 para *ts-lnmetr-3g*. Además el vector de corrección de corto plazo es -0.1342 para *ts-lnt-metr-3g* y

0.2759 para *ts-lnmetr-3g*, lo que indica la velocidad de ajuste hacia el equilibrio a largo plazo en el corto plazo y una relación negativa entre las variables. El modelo para esta región es estadísticamente significativo, con un AIC de -2464.596 y un BIC de -2270.644. El SSR es 7.420888.

Table 3: Modelo VECM - O'Higgins con 36 Rezagos

Modelo VECM	
Tamaño de la muestra completa:	300
Tamaño de la muestra final:	287
Número de variables:	2
Número de parámetros de pendiente estimados:	52
AIC:	-2151.872
BIC:	-1957.919
SSR:	13.60506
Vector de cointegración (estimado por 2OLS):	r_1
1	<i>ts_lnt_ohig_3g</i>
-0.1717477	<i>ts_lnohig_3g</i>

Tabla 3: Región de O'Higgins

El modelo VECM para la región de O'Higgins, nuevamente revela una relación de cointegración entre las variables *ts-lnt-ohig-3g* y *ts-lnohig-3g*. El vector de cointegración r_1 tiene un valor de 1 para *ts-lnt-ohig-3g* y -0.1717 para *ts-lnohig-3g*. El vector de corrección de corto plazo es -0.0163 para *ts-lnt-ohig-3g* y 0.2785 para *ts-lnohig-3g*, lo que indica la velocidad de ajuste hacia el equilibrio a largo plazo en el corto plazo y una relación negativa entre las variables. El modelo para esta región es estadísticamente significativo, con un AIC de -2151.872 y un BIC de -1957.919. El SSR es 13.60506.

Table 4: Modelo VECM - El Maule con 36 Rezagos

Modelo VECM	
Tamaño de la muestra completa:	300
Tamaño de la muestra final:	287
Número de variables:	2
Número de parámetros de pendiente estimados:	52
AIC:	-2077.047
BIC:	-1883.094
SSR:	17.25826
Vector de cointegración (estimado por 2OLS):	r_1
1	<i>ts_lnt_maul_3g</i>
-0.16916	<i>ts_lnmaul_3g</i>

Tabla 4: Región del Maule

El modelo VECM para la región del Maule, muestra también una relación de cointegración entre las variables *ts-lnt-maul-3g* y *ts-lnmaul-3g*. El vector de cointegración r_1 tiene un valor de 1 para *ts-lnt-maul-3g*

y -0.16916 para $ts\text{-}ln\text{maul}\text{-}3g$. El vector de corrección de corto plazo es -0.0126 para $ts\text{-}ln\text{t}\text{-}maul\text{-}3g$ y 0.1667 para $ts\text{-}ln\text{maul}\text{-}3g$, indicando la velocidad de ajuste hacia el equilibrio a largo plazo en el corto plazo y una relación negativa entre las variables. El modelo para esta región es estadísticamente significativo, con un AIC de -2077.047 y un BIC de -1883.094. El SSR es 17.25826.

En todos los modelos, los valores del vector de cointegración $r1$ sugieren que las variables en cada región están relacionadas a largo plazo. Los vectores de corrección de corto plazo (ECT) indican la velocidad de ajuste hacia el equilibrio en el corto plazo y la dirección específica del efecto de temperatura media es inversa con el volumen de exportaciones de vino con denominación de origen. Los modelos son estadísticamente significativos, lo que respalda la presencia de relaciones cointegradas.

6.1 Estacionariedad de los Residuos

En el análisis de series de tiempo, la estacionariedad de los residuos es un aspecto crítico para evaluar la validez de un modelo, como el Modelo de Corrección de Errores. Los residuos estacionarios son esenciales para garantizar que las predicciones y las relaciones de largo plazo sean confiables. En este contexto, se realizaron pruebas de estacionariedad de los residuos para cada una de las regiones en estudio: Valparaíso, Metropolitana, O'Higgins y El Maule.

Las pruebas de estacionariedad se llevaron a cabo de forma univariada para cada variable de la matriz de residuos de los modelos VECM de cada región. Se utilizó la prueba de Dickey-Fuller aumentada para evaluar si las variables residuales eran estacionarias. El resultado de estas pruebas se presenta en las siguientes tablas, donde se muestra el valor de la estadística Dickey-Fuller, el orden de rezagos seleccionado, el valor p-valor asociado, la hipótesis nula y el resultado de la prueba.

El rechazo de la hipótesis nula de no estacionariedad indica que los residuos son estacionarios, lo que es fundamental para la validación de los modelos VECM en cada región.

A continuación, se presentan los resultados de las pruebas de estacionariedad de los residuos para cada región de interés.

Table 5: Prueba de Estacionariedad de los Residuos - Modelo VECM - Valparaíso con 36 Rezagos

Variable	Dickey-Fuller	Lag order	P-valor	Hipótesis nula	Resultado
Variable 1	-5.858	6	0.01	No estacionario	Rechazada
Variable 2	-6.4043	6	0.01	No estacionario	Rechazada

Table 6: Prueba de Estacionariedad de los Residuos - Modelo VECM - Metropolitana con 36 Rezagos

Variable	Dickey-Fuller	Lag order	P-valor	Hipótesis nula	Resultado
Variable 1	-5.4536	6	0.01	No estacionario	Rechazada
Variable 2	-6.4944	6	0.01	No estacionario	Rechazada

Table 7: Prueba de Estacionariedad de los Residuos - Modelo VECM - O'Higgins con 36 Rezagos

Variable	Dickey-Fuller	Lag order	P-valor	Hipótesis nula	Resultado
Variable 1	-5.8971	6	0.01	No estacionario	Rechazada
Variable 2	-6.5904	6	0.01	No estacionario	Rechazada

Table 8: Prueba de Estacionariedad de los Residuos - Modelo VECM - El Maule con 36 Rezagos

Variable	Dickey-Fuller	Lag order	P-valor	Hipótesis nula	Resultado
Variable 1	-5.7081	6	0.01	No estacionario	Rechazada
Variable 2	-6.2093	6	0.01	No estacionario	Rechazada

6.2 Autocorrelación los Residuos

La autocorrelación de los residuos también es un aspecto crítico para evaluar la validez de un modelo VECM. La presencia de autocorrelación en los residuos puede indicar que el modelo no captura completamente la estructura de dependencia temporal en los datos. Por lo tanto, se realizaron pruebas de autocorrelación de los residuos para cada una de las regiones en estudio señaladas.

Para evaluar la autocorrelación de los residuos, se utilizó la prueba Ljung-Box, que es una prueba estadística ampliamente utilizada para verificar la independencia de los residuos en series de tiempo. El resultado de estas pruebas se presenta en las siguientes tablas, donde se muestra el estadístico de la prueba, los grados de libertad (df), el valor p-valor asociado y el conjunto de residuos evaluado.

En todos los casos, no se encontró evidencia de autocorrelación significativa en los residuos, ya que los valores p-valor son mayores que el nivel de significancia comúnmente utilizado (P-valor = 0.05). Esto indica que los residuos son aproximadamente independientes en todos los rezagos evaluados.

Además de las pruebas de autocorrelación, se realizó un análisis de la función de autocorrelación (ACF) de los residuos para proporcionar una visión más detallada de la dependencia temporal. Se encontró que los valores de autocorrelación de los residuos se mantienen dentro de los intervalos de confianza en todos los rezagos, aunque en algunos lags, se acercan al límite de significancia. Estos resultados respaldan la validez de los modelos VECM utilizados en cada región.

A continuación, se presentan los resultados de las pruebas de autocorrelación de los residuos y los gráficos de la función de autocorrelación (ACF) para cada región de interés.

Table 9: Pruebas de Autocorrelación de Residuos - Modelo VECM - Valparaíso con 36 Rezagos

Conjunto de Residuos	Estadístico de la Prueba	Grados de Libertad (df)	P-valor
Residuos 1	0.030402	1	0.8616
Residuos 2	0.092989	1	0.7604

Figure 1: Pruebas de Autocorrelación de Residuos - Modelo VECM - Valparaíso con 36 Rezagos

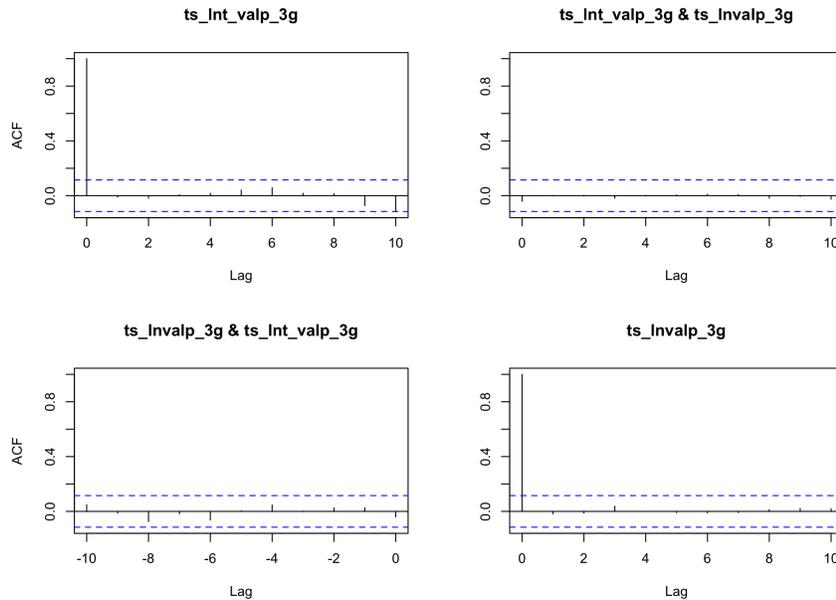


Table 10: Pruebas de Autocorrelación de Residuos - Modelo VECM - Metropolitana con 36 Rezagos

Conjunto de Residuos	Estadístico de la Prueba	Grados de Libertad (df)	P-valor
Residuos 1	0.11911	1	0.73
Residuos 2	0.051319	1	0.8208

Figure 2: Pruebas de Autocorrelación de Residuos - Modelo VECM - Metropolitana con 36 Rezagos

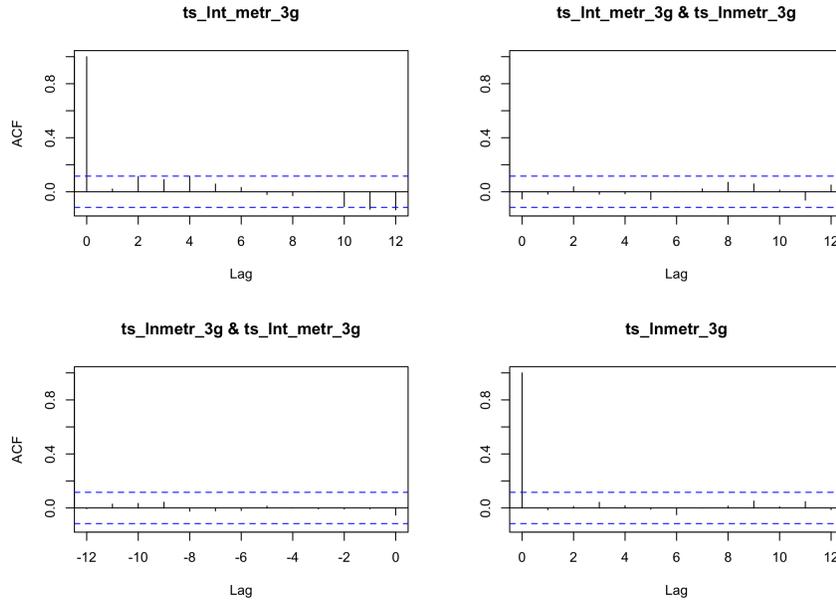


Table 11: Pruebas de Autocorrelación de Residuos - Modelo VECM - O'Higgins con 36 Rezagos

Conjunto de Residuos	Estadístico de la Prueba	Grados de Libertad (df)	P-valor
Residuos 1	0.11423	1	0.7354
Residuos 2	0.03398	1	0.8537

Figure 3: Pruebas de Autocorrelación de Residuos - Modelo VECM - O'Higgins con 36 Rezagos

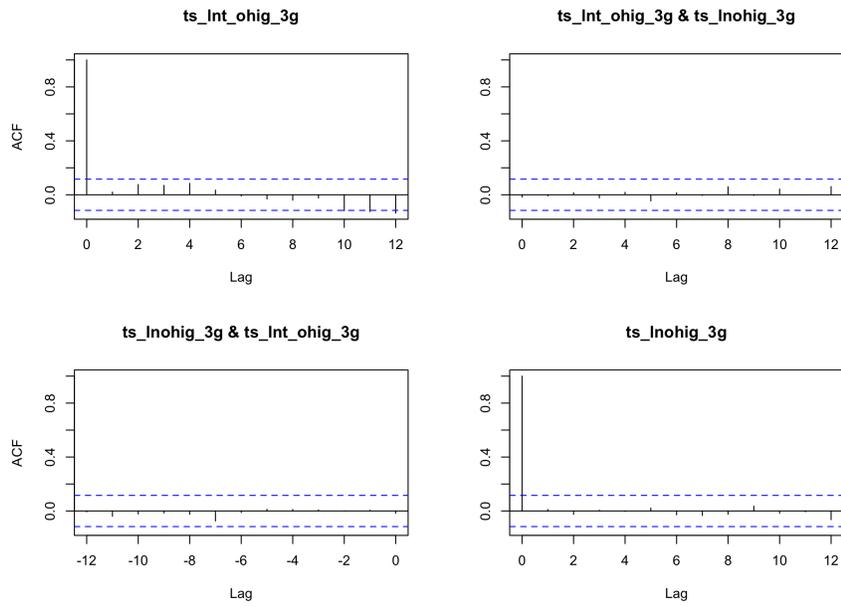
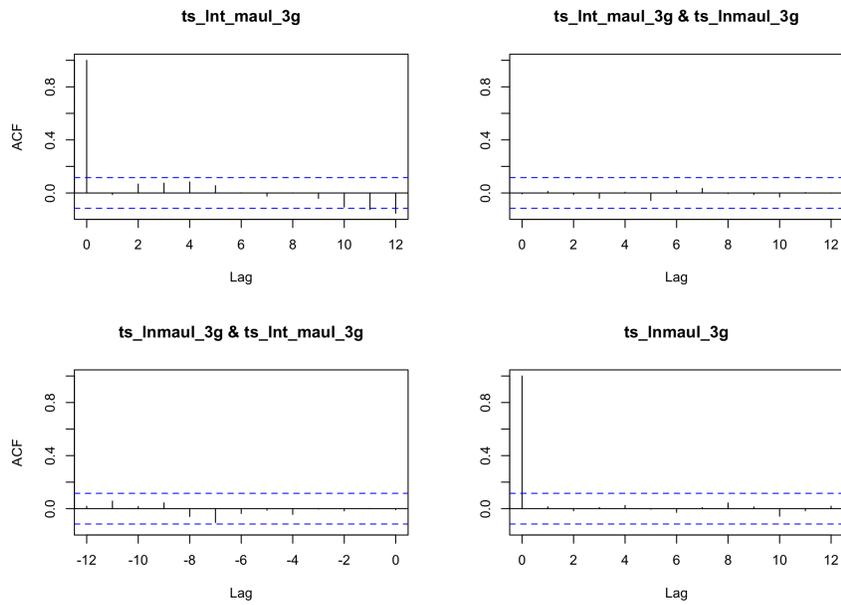


Table 12: Pruebas de Autocorrelación de Residuos - Modelo VECM - El Maule con 36 Rezagos

Conjunto de Residuos	Estadístico de la Prueba	Grados de Libertad (df)	P-valor
Residuos 1	0.041912	1	0.8378
Residuos 2	0.060766	1	0.8053

Figure 4: Prueba de Autocorrelación de Residuos - Modelo VECM - El Maule con 36 Rezagos



6.3 Normalidad de los Residuos

En el contexto de los modelos econométricos empíricos, la normalidad de los residuos es un supuesto altamente deseado. Sin embargo, en la práctica, este supuesto no siempre se cumple. Cuando los residuos siguen una distribución normal, se facilita la interpretación de los coeficientes y las pruebas de hipótesis, lo que simplifica la toma de decisiones basadas en el modelo.

Para evaluar la normalidad de los residuos, se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk, una herramienta estadística ampliamente empleada para verificar si una muestra sigue una distribución normal. En las siguientes tablas, se presentan los resultados de estas pruebas, incluyendo el valor de W y el valor p-valor asociado para cada variable.

Es importante destacar que, si bien el supuesto de normalidad es altamente deseado en la teoría, en la práctica, los residuos pueden no seguir una distribución normal. Esto puede deberse a la complejidad de los datos económicos y a la presencia de factores no considerados en el modelo. Por lo tanto, es fundamental declarar la no normalidad de los residuos, para considerar sus implicaciones en la interpretación de los modelos VECM utilizados. Los resultados de las pruebas de normalidad muestran que, en general, los residuos no siguen una distribución normal en todas las regiones. En la mayoría de los casos, los valores p-valor son significativamente bajos, lo que indica que los residuos no son normales.

A continuación, se presentan los resultados de las pruebas de normalidad de los residuos para cada región de interés.

Table 13: Pruebas de Normalidad de los Residuos - Modelo VECM - Valparaíso con 36 Rezagos

Variable	Valor de W	P-valor
Variable 1	0.95445	0.00000007716
Variable 2	0.97135	0.00001582

Table 14: Pruebas de Normalidad de los Residuos - Modelo VECM - Metropolitana con 36 Rezagos

Variable	Valor de W	P-valor
Variable 1	0.95435	0.00000008179
Variable 2	0.99545	0.5659

Table 15: Pruebas de Normalidad de los Residuos - Modelo VECM - O'Higgins con 36 Rezagos

Variable	Valor de W	P-valor
Variable 1	0.94394	0.000000005406
Variable 2	0.99282	0.183

Table 16: Prueba de Normalidad de los Residuos - Modelo VECM - El Maule con 36 Rezagos

Variable	Valor de W	P-valor
Variable 1	0.95705	0.0000001758
Variable 2	0.98723	0.01217

6.4 Causalidad y Estabilidad en los Parámetros

En esta sección, se abordan dos aspectos fundamentales para terminar con la validación de los modelos VECM utilizados en este estudio: la causalidad de Granger y la estabilidad en los parámetros. La causalidad de Granger es una prueba que busca determinar si una variable tiene la capacidad de predecir otra variable en un modelo de series temporales. Por otro lado, la estabilidad en los parámetros es crucial para garantizar que los resultados de los modelos sean consistentes a lo largo del tiempo.

Para evaluar la causalidad de Granger, se realizaron pruebas en cada una de las regiones estudiadas. Los resultados revelaron que en las cuatro regiones analizadas, no se encontró evidencia de causalidad en los datos.

Además de la causalidad de Granger, se realizó una prueba de estabilidad de los parámetros, el test CUSUM. Esta prueba busca detectar quiebres estructurales en los parámetros del modelo. En todos los casos, los resultados del test CUSUM no mostraron quiebres estructurales, lo que indica que los modelos VECM utilizados mantienen la estabilidad en sus parámetros.

A continuación, se presentan los detalles de las pruebas de causalidad de Granger y las pruebas de estabilidad de parámetros para cada región.

Table 17: Prueba causalidad de Granger - Modelo VECM - Valparaíso con 36 Rezagos

Modelo	Res.Df	Df	Estadística F	Valor p
Modelo 1	191			
Modelo 2	227	-36	1.1258	0.3

Table 18: Prueba causalidad de Granger - Modelo VECM - Metropolitana con 36 Rezagos

Modelo	Res.Df	Df	Estadística F	Valor p
Modelo 1	191			
Modelo 2	227	-36	1.1852	0.2325

Table 19: Prueba causalidad de Granger - Modelo VECM - O'Higgins con 36 Rezagos

Modelo	Res.Df	Df	Estadística F	Valor p
Modelo 1	191			
Modelo 2	227	-36	1.2465	0.1749

Table 20: Prueba causalidad de Granger - Modelo VECM - El Maule con 36 Rezagos

Modelo	Res.Df	Df	Estadística F	Valor p
Modelo 1	191			
Modelo 2	227	-36	1.4762	0.05086

Table 21: Prueba CUSUM Estabilidad de Parámetros - Modelo VECM - Valparaíso con 36 Rezagos

Test	Estadística (S)	Valor p
CUSUM	0.59065	0.4315

Table 22: Prueba CUSUM Estabilidad de Parámetros - Modelo VECM - Metropolitana con 36 Rezagos

Test	Estadística (S)	Valor p
CUSUM	0.56706	0.4792

Table 23: Prueba CUSUM Estabilidad de Parámetros - Modelo VECM - O'Higgins con 36 Rezagos

Test	Estadística (S)	Valor p
CUSUM	0.47333	0.6873

Table 24: Prueba CUSUM Estabilidad de Parámetros - Modelo VECM - El Maule con 36 Rezagos

Test	Estadística (S)	Valor p
CUSUM	0.63111	0.3563

6.5 Función de Respuesta a Impulsos

En esta sección, se analizan las funciones de respuesta a impulsos (IRF) de los modelos VECM utilizados en cada una de las regiones estudiadas. La IRF es una herramienta esencial en el análisis de series temporales, ya que permite comprender cómo un shock o impulso en una variable afecta a otras variables en el sistema.

Se examinarán las IRF para cada región individualmente, Valparaíso, Metropolitana, O'Higgins y El Maule. Estas gráficas revelarán cómo las variables responden a perturbaciones en el equilibrio a largo plazo y proporcionarán información valiosa sobre el comportamiento de los modelos VECM en presencia de shocks.

Es fundamental entender cómo los modelos responden a cambios inesperados en las variables, ya que esto puede tener implicaciones significativas en el análisis y las proyecciones económicas. A través de las IRF, se podrá evaluar si los modelos son capaces de capturar y predecir adecuadamente las dinámicas del sistema.

A continuación, se presentarán las gráficas de las IRF para cada región, lo que nos permitirá comprender mejor cómo se propagan los efectos de los impulsos a lo largo del tiempo y cómo impactan en las variables de interés.

Figure 5: Función de Respuesta a Impulsos - Modelo VECM - Valparaíso con 36 Rezagos

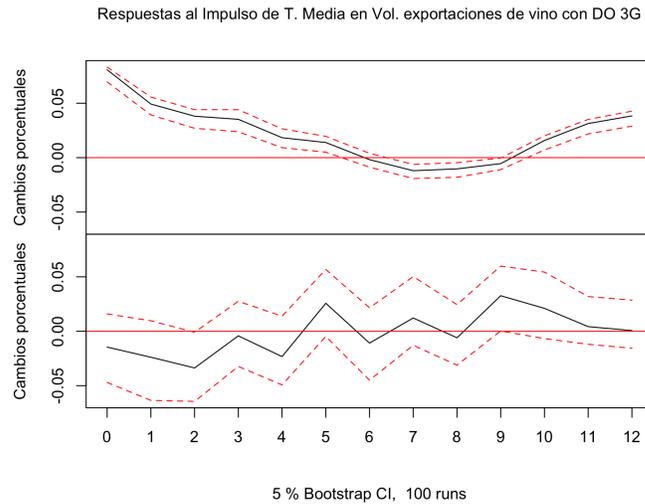


Figure 6: Función de Respuesta a Impulsos - Modelo VECM - Metropolitana con 36 Rezagos

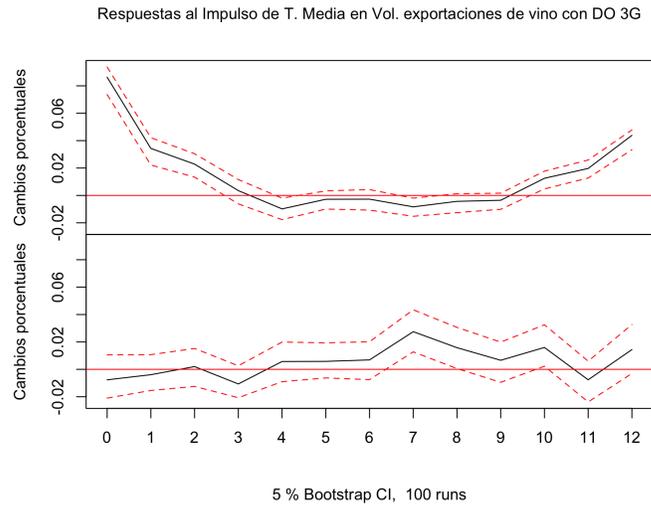


Figure 7: Función de Respuesta a Impulsos - Modelo VECM - O'Higgins con 36 Rezagos

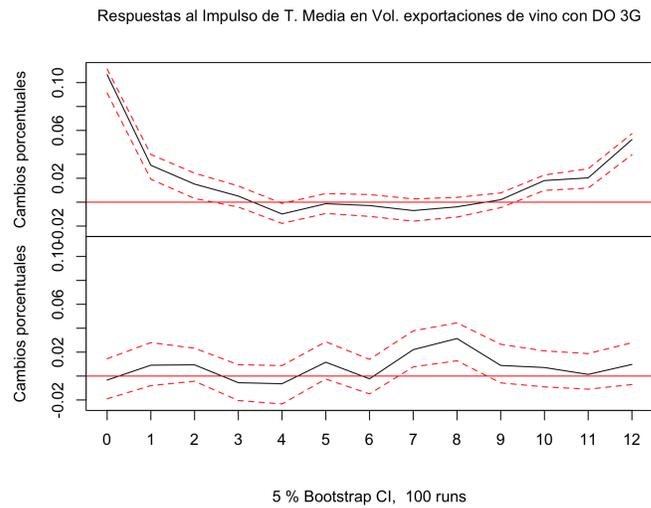
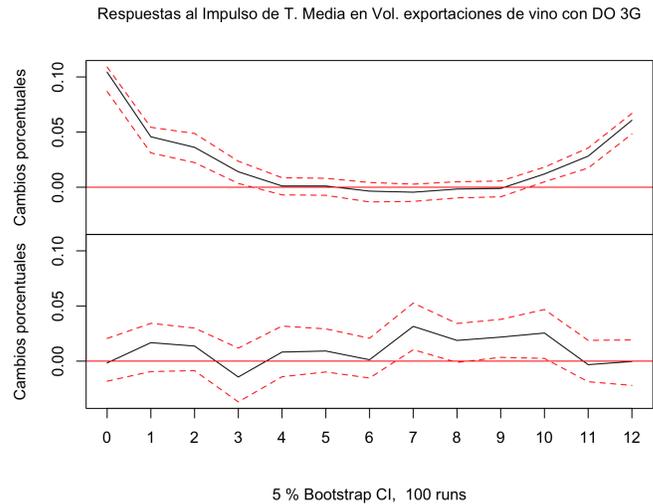


Figure 8: Función de Respuesta a Impulsos - Modelo VECM - El Maule con 36 Rezagos



7. Proposiciones de Investigación a Futuro

En cualquier investigación, es fundamental reconocer que ningún estudio puede agotar por completo un área de estudio, dada la naturaleza dinámica y la constante evolución de la ciencia y la tecnología. En este trabajo, hemos identificado algunas limitaciones y áreas de mejora en la presente investigación, que abren el camino para diversas proposiciones de investigación futura.

Una de las limitaciones fundamentales de esta investigación es que la serie de tiempo de temperatura media se comporta como una serie de tiempo no estacionaria, dada su estacionalidad por las estaciones del año y su leve tendencia hacia el alza, pero se podrían probar modificaciones de esta variable para encontrar una tendencia más pronunciada si se realizan modificaciones como probar con la temperatura máxima por mes, o evaluar la temperatura media con respecto al promedio histórico, como también puede ser una oportunidad de extender el análisis econométrico el agregar otras medidas climáticas, para la modelización en un contexto de cambio climático.

Además, aunque se realizaron test de diagnóstico de los modelos para validar su idoneidad, es importante destacar que siempre existe margen para mejoras en la calidad de los modelos utilizados. Investigaciones futuras pueden enfocarse en refinar y perfeccionar los modelos econométricos utilizados en este estudio, lo que podría conducir a una mejor comprensión y predicción de los impactos del cambio climático en la industria vitivinícola. Resolver esta limitación y mejorar la calidad de los modelos fortalecería aún más la investigación en esta área.

Una de las limitaciones encontradas se refiere a la no normalidad de los residuos en los modelos analizados. La normalidad de los residuos es un supuesto altamente deseado en los modelos econométricos empíricos, pero, en la práctica, esto no siempre se cumple. Por lo tanto, un área de investigación importante podría centrarse en métodos y técnicas para abordar la no normalidad de los residuos en modelos VECM y evaluar su impacto en las conclusiones del estudio.

Por otra parte hemos identificado limitaciones relacionadas con la falta de datos mensuales de producción de vino, lo que ha restringido la construcción de un modelo más robusto y una mayor granularidad en el análisis, que al utilizar el volumen de exportaciones. Sin embargo, esta limitación abre el camino para varias posibles direcciones de investigación futura. Una de las proposiciones de investigación a futuro podría centrarse en cómo cambiaría el análisis si se contara con datos mensuales de producción de vino en lugar de los datos anuales que actualmente existen. Esta mejora en la resolución temporal podría permitir una

comprensión más acertada aún de cómo las fluctuaciones en la temperatura media afectan la industria del vino en diferentes momentos del año. Investigar estas variaciones estacionales en la producción podría proporcionar información aún más valiosa para la toma de decisiones en la industria vitivinícola y políticas en esta materia.

Además, otra área de investigación interesante podría ser el estudio de las cointegraciones entre diferentes variables climáticas y la producción de vino o las mismas exportaciones. La inclusión de datos adicionales, como la cantidad de precipitación, la humedad del suelo u otros factores ambientales, podría revelar relaciones más complejas y ayudar a predecir con mayor precisión los impactos del cambio climático en la industria vinícola.

Por último en un escenario hipotético de disponibilidad de los datos anuales de producción vinícola, se abriría la posibilidad de llevar a cabo análisis y modelizaciones adicionales de notable interés. Entre las áreas de investigación promisorias se incluye el estudio de la migración de viñedos hacia regiones geográficamente más meridionales dentro del ámbito nacional, a fin de evaluar cómo el cambio climático podría estar influyendo en la reubicación de estas explotaciones. Asimismo, se podría explorar la comparación de la homogeneidad climática de las zonas vitícolas actuales con otras regiones que, en décadas previas, compartían condiciones climáticas similares, con el objetivo de identificar posibles similitudes y evaluar la idoneidad de ciertas variedades de cepas en un contexto de variabilidad climática.

Existen numerosas oportunidades para la investigación futura en este campo, incluida la mejora de la resolución de los datos, la exploración de cointegraciones con otras variables climáticas y la adaptación de modelos analíticos para abordar cuestiones más específicas dentro del contexto del cambio climático y la viticultura. Estas áreas de investigación no solo enriquecerían la comprensión de los desafíos actuales, sino que también contribuirían al desarrollo de estrategias más efectivas para la industria del vino en un mundo en constante cambio.

8. Conclusiones

Considerando los resultados que ha proporcionado la investigación, que se centra en evaluar el impacto del cambio climático en el volumen de las exportaciones de vino con denominación de origen en las regiones especificadas, es evidente señalar que el cambio climático es una realidad tanto a nivel mundial como para el contexto de Chile. Esta realidad se caracteriza por aumentos en las temperaturas, entre otros factores que no son profundizados en este trabajo, pero que no son menos importantes, como la disminución en las precipitaciones, olas de calor o erosión de costas, lo que tiene implicaciones significativas para la actividad económica y, en particular, para la industria vitivinícola.

Los resultados de este estudio confirman que el cambio climático tiene efectos adversos sobre las exportaciones de vino con denominación de origen en las regiones analizadas y asumimos que implícitamente también lo tienen en la producción de vino, más no podemos confirmarlo aún. Específicamente, se ha observado que el aumento de la temperatura tiene un impacto negativo y significativo en el volumen de exportaciones de estas regiones. Podemos observar que los modelos con mejor ajuste son los que consideran más tiempo de rezagos en la temperatura media. El impacto de cointegración es mayor en la Región Valparaíso, luego en O'Higgins, posteriormente en el Maule y por último en la Región Metropolitana. En todas se encuentra una relación inversa entre las variables estudiadas, un valor negativo, igual que los vectores de corrección de corto plazo, que se asocia a una rápida corrección, destacando la región Metropolitana como la más rápida en corregir.

Es importante mencionar que este estudio se suma a la literatura existente que ya ha identificado efectos negativos del cambio climático en la actividad económica y en la industria vitivinícola. Estos hallazgos subrayan la necesidad de abordar políticas y estrategias que ayuden a mitigar los impactos del cambio climático en la industria vitivinícola y en la economía en su conjunto o regional. Dado que no todas las industrias se ven igualmente afectadas, es esencial comprender cuáles son las más vulnerables y/o importantes, para poder concentrar esfuerzos en su adaptación.

9. Bibliografía

Adams, D.O. (2006). Phenolics and ripening in grape berries. *American Journal of Enology and Viticulture*, nº 57, 249-256.

Aleixandre, J.L.; Aleixandre, J.L. (2011). *Conocimiento del vino: cata y degustación*. Ed. UPV. Valencia.

Aliaga, J., and Villegas, H. (2009). *Cambio Climático, Desarrollo Económico y Energías Renovables: Estudio exploratorio de América Latina*. Fundación Friedrich Ebert, FES.

Alianza Clima y Desarrollo, y Overseas. (2014). *El Quinto Reporte de Evaluación del IPCC: ¿Qué implica para Latinoamérica?* Creative Commons 3.0.

Aravena R. (2008). *Oferta de viviendas en Chile: Hacia un modelo micro fundado*. Univ. de Chile.

Armas, I. (2014). *Viticultura y Cambio Climático*. Trabajo Fin de Grado en Enología. Univ. de La Rioja.

Aro E.M. (2020). *Determinación de la Vulnerabilidad del Sector Frutícola al Cambio Climático en las Comunas de la Región de Coquimbo*. Univ. de Chile.

Cambio Climático: una visión desde México. (págs. 17-27). México D.F: Julia Martínez y Adrián Fernández (comps); Periférico sur 500.

Campo y Sarmiento. (2011). *Un modelo de corrección de errores para la relación entre el consumo de energía y el PIB en Colombia*. Univ. Católica de Colombia.

Cohen, S.D.; Tarara, J.M. (2008). *Assessing the impact of temperature on grape phenolic metabolism*. *Anal Chim Acta*, nº 621: 57-67.

Dirección General de Aeronáutica Civil, 2023. *Anuarios Climatológicos: Estaciones meteorológicas del país, aperturado por región y adicionalmente por latitud y longitud, regiones: Valparaíso, Metropolitana, O'Higgins y El Maule*. (Ref. Period: 1995-2019).

Downey, M.O.; Dokoozlian, N.K.; Krstic, M.P. (2006). *Cultural practice and environmental impacts on the flavonoid composition of grapes and wine: A review of recent research*. *American Journal of Enology and Viticulture*, nº 57, 257-268.

Duchene, E.; Schneider, C. (2005). *Grapevine and climatic changes: A glance at the situation in Alsace*. *Agronomy for Sustainable Development*, nº 25, 93-99.

Egunez, A. (2015). *Efecto del cambio climático sobre la producción y calidad de las bayas de dos variedades de vid (Vitis vinifera L.) Tempranillo blanco y tinto*. Trabajo Fin de Grado. Univ. de Navarra.

Fernández, K.D. (2023). *Evaluación de las políticas públicas de adaptación al cambio climático en Chile*. Univ. de Chile.

Giraldo C.V. (2017). *Escenarios de la Vitivinicultura Chilena generados por los cambios en la Aptitud Productiva, como consecuencia del Cambio Climático para mediados del siglo XXI*. Univ. de Chile.

Hannah L. et al. (2013). *Climate change, wine, and conservation*. International.

Liquitaya y Gutierrez. (2003). *Un modelo de corrección de errores para la dinámica monetaria en Mexico*.

Univ. Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco.

Mackenzie, A. (2023). Cambio climático, sequía y pobreza en Chile. Univ. de Chile.

Magaña V.O. (2004). ¿Que esperamos y cómo podemos reducir el riesgo frente al Cambio Climático?. Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM.

Magaña V.O. (2004). El cambio climático global: comprender el problema. En I. N.-S. Naturales, Cambio Climático: una visión desde México. (págs. 17-27). México D.F: Julia Martínez y Adrián Fernández (comps); Periférico sur 500.

Marchant R.A. (2010). Análisis de Escenarios de Cambio Climático en las Regiones Productoras de Vino en Chile. Univ. de Chile.

Martínez A. (2016). El cambio climático y sus efectos sobre la calidad del vino. Univ. de Chile.

Mills-Novoa et al. (2016). The impact of climate change on the viticultural suitability of maipo valley, Chile. Centro UC, Cambio Global.

Ministerio de Medio Ambiente de Chile (ARMCLIM). (2023). Informe sobre Riesgos y Amenazas Climáticas en Chile.

Olmos, X. (2012). Huella de Carbono, Exportaciones y Estrategias Empresariales frente al Cambio Climático. CEPAL.

Olmos, X. (2012). La Huella de Carbono en el Comercio Internacional: el caso de las viñas chilenas. (S. (. Herreros, Ed.) Santiago: Universidad de Chile-Instituto de Estudios Internacionales.

Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), 2023. Base de Datos/Matriz Detallada: Volumen y valor de exportaciones e importaciones por productos. Volumen de exportaciones de vino con denominación de origen, regiones: Valparaíso, Metropolitana, O'Higgins y El Maule. (Ref. Period: 1995-2019).

Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC). (2021). Informe de Evaluación 6.

PricewaterhouseCoopers. (2009). Efectos del cambio climático sobre la industria vitivinícola de Argentina y Chile: Estudio sobre los impactos y las medidas de adaptación en un escenario de calentamiento global hacia el año 2050. Buenos Aires-Santiago: PricewaterhouseCoopers.

Quenta L.M. (2015). Incidencia de los precios de commodities sobre el tipo de cambio real y su efecto en los diferentes sectores de la economía Boliviana. Univ. Mayor de San Andrés.

Resco P. (2015). Viticultura y cambio climático en España: Vulnerabilidad en las distintas regiones y estrategias de adaptación frente al desarrollo de nuevas políticas. Univ. Politécnica de Madrid.

Reszczyński, M.T. (2023). Altas Temperaturas y Escasez de Lluvia: El Impacto del Cambio Climático en la Actividad Económica de Chile. Univ. de Chile.

Rojas, C. (2023). Impacto del cambio climático en la productividad laboral, estudio de caso para Chile. Univ. de Chile.

10. Apendice

En el proceso de análisis, se empleó el criterio de Información de Akaike (AIC) para identificar el modelo más adecuado en cada región evaluada. Los resultados completos de los diferentes modelos considerados se

encuentran detallados en el apéndice adjunto. El uso del AIC como guía de selección permite resaltar los modelos que mejor se ajustan a los datos en cada contexto regional específico.

Table 25: Modelo VECM - Valparaíso Sin Rezagos

Modelo VECM	
Tamaño de la muestra completa:	300
Tamaño de la muestra final:	289
Número de variables:	2
Número de parámetros de pendiente estimados:	44
AIC:	-2002.043
BIC:	-1837.054
SSR:	36.84422
Vector de cointegración (estimado por 2OLS):	r_1
1	$ts_lnt_valp_sg$
-0.1807922	ts_lnvalp_sg

Table 26: Modelo VECM - Valparaíso con 12 Rezagos

Modelo VECM	
Tamaño de la muestra completa:	300
Tamaño de la muestra final:	289
Número de variables:	2
Número de parámetros de pendiente estimados:	44
AIC:	-1998.568
BIC:	-1833.578
SSR:	36.58799
Vector de cointegración (estimado por 2OLS):	r_1
1	$ts_lnt_valp_1g$
-0.1809946	ts_lnvalp_1g

Table 27: Modelo VECM - Metropolitana Sin Rezagos

Modelo VECM	
Tamaño de la muestra completa:	300
Tamaño de la muestra final:	287
Número de variables:	2
Número de parámetros de pendiente estimados:	52
AIC:	-2486.465
BIC:	-2292.513
SSR:	7.213478
Vector de cointegración (estimado por 2OLS):	r_1
1	<i>ts_lnt_metr_sg</i>
-0.1600872	<i>ts_lnmetr_sg</i>

Table 28: Modelo VECM - Metropolitana con 12 Rezagos

Modelo VECM	
Tamaño de la muestra completa:	300
Tamaño de la muestra final:	287
Número de variables:	2
Número de parámetros de pendiente estimados:	52
AIC:	-2490.862
BIC:	-2296.91
SSR:	7.197588
Vector de cointegración (estimado por 2OLS):	r_1
1	<i>ts_lnt_metr_1g</i>
-0.1598466	<i>ts_lnmetr_1g</i>

Table 29: Modelo VECM - O'Higgins Sin Rezagos

Modelo VECM	
Tamaño de la muestra completa:	300
Tamaño de la muestra final:	287
Número de variables:	2
Número de parámetros de pendiente estimados:	52
AIC:	-2177.763
BIC:	-1983.81
SSR:	13.23377
Vector de cointegración (estimado por 2OLS):	r_1
1	<i>ts_lnt_ohig_sg</i>
-0.1721697	<i>ts_lnohig_sg</i>

Table 30: Modelo VECM - O'Higgins con 12 Rezagos

Modelo VECM	
Tamaño de la muestra completa:	300
Tamaño de la muestra final:	287
Número de variables:	2
Número de parámetros de pendiente estimados:	52
AIC:	-2166.987
BIC:	-1973.035
SSR:	13.27567
Vector de cointegración (estimado por 2OLS):	r_1
1	<i>ts_lnt_ohig_1g</i>
-0.1720337	<i>ts_lnohig_1g</i>

Table 31: Modelo VECM - El Maule Sin Rezagos

Modelo VECM	
Tamaño de la muestra completa:	300
Tamaño de la muestra final:	287
Número de variables:	2
Número de parámetros de pendiente estimados:	52
AIC:	-2079.608
BIC:	-1885.655
SSR:	17.11271
Vector de cointegración (estimado por 2OLS):	r_1
1	<i>ts_lnt_maul_sg</i>
-0.1690242	<i>ts_lnmaul_sg</i>

Table 32: Modelo VECM - El Maule con 12 Rezagos

Modelo VECM	
Tamaño de la muestra completa:	300
Tamaño de la muestra final:	287
Número de variables:	2
Número de parámetros de pendiente estimados:	52
AIC:	-2070.543
BIC:	-1876.59
SSR:	17.43403
Vector de cointegración (estimado por 2OLS):	r_1
1	<i>ts_lnt_maul_1g</i>
-0.169121	<i>ts_lnmaul_1g</i>

Table 33: Prueba de Estacionariedad de los Residuos - Modelo VECM - Valparaíso Sin Rezagos

Variable	Dickey-Fuller	Lag order	P-valor	Hipótesis nula	Resultado
Variable 1	-5.5181	6	0.01	No estacionario	Rechazada
Variable 2	-6.3943	6	0.01	No estacionario	Rechazada

Table 34: Prueba de Estacionariedad de los Residuos - Modelo VECM - Valparaíso con 12 Rezagos

Variable	Dickey-Fuller	Lag order	P-valor	Hipótesis nula	Resultado
Variable 1	-5.5283	6	0.01	No estacionario	Rechazada
Variable 2	-6.4462	6	0.01	No estacionario	Rechazada

Table 35: Prueba de Estacionariedad de los Residuos - Modelo VECM - Metropolitana Sin Rezagos

Variable	Dickey-Fuller	Lag order	P-valor	Hipótesis nula	Resultado
Variable 1	-5.2951	6	0.01	No estacionario	Rechazada
Variable 2	-6.4771	6	0.01	No estacionario	Rechazada

Table 36: Prueba de Estacionariedad de los Residuos - Modelo VECM - Metropolitana con 12 Rezagos

Variable	Dickey-Fuller	Lag order	P-valor	Hipótesis nula	Resultado
Variable 1	-5.4139	6	0.01	No estacionario	Rechazada
Variable 2	-6.363	6	0.01	No estacionario	Rechazada

Table 37: Prueba de Estacionariedad de los Residuos - Modelo VECM - O'Higgins Sin Rezagos

Variable	Dickey-Fuller	Lag order	P-valor	Hipótesis nula	Resultado
Variable 1	-5.5831	6	0.01	No estacionario	Rechazada
Variable 2	-6.6966	6	0.01	No estacionario	Rechazada

Table 38: Prueba de Estacionariedad de los Residuos - Modelo VECM - O'Higgins con 12 Rezagos

Variable	Dickey-Fuller	Lag order	P-valor	Hipótesis nula	Resultado
Variable 1	-5.7205	6	0.01	No estacionario	Rechazada
Variable 2	-6.7328	6	0.01	No estacionario	Rechazada

Table 39: Prueba de Estacionariedad de los Residuos - Modelo VECM - El Maule Sin Rezagos

Variable	Dickey-Fuller	Lag order	P-valor	Hipótesis nula	Resultado
Variable 1	-5.566	6	0.01	No estacionario	Rechazada
Variable 2	-6.3342	6	0.01	No estacionario	Rechazada

Table 40: Prueba de Estacionariedad de los Residuos - Modelo VECM - El Maule con 12 Rezagos

Variable	Dickey-Fuller	Lag order	P-valor	Hipótesis nula	Resultado
Variable 1	-5.9341	6	0.01	No estacionario	Rechazada
Variable 2	-6.2709	6	0.01	No estacionario	Rechazada

Table 41: Prueba de Autocorrelación de Residuos - Modelo VECM - Valparaíso Sin Rezagos

Conjunto de Residuos	Estadístico de la Prueba	Grados de Libertad (df)	P-valor
Residuos 1	0.04554	1	0.831
Residuos 2	0.069856	1	0.7915

Table 42: Prueba de Autocorrelación de Residuos - Modelo VECM - Valparaíso con 12 Rezagos

Conjunto de Residuos	Estadístico de la Prueba	Grados de Libertad (df)	P-valor
Residuos 1	0.0033647	1	0.9537
Residuos 2	0.075684	1	0.7832

Table 43: Prueba de Autocorrelación de Residuos - Modelo VECM - Metropolitana Sin Rezagos

Conjunto de Residuos	Estadístico de la Prueba	Grados de Libertad (df)	P-valor
Residuos 1	0.0347	1	0.8522
Residuos 2	0.073017	1	0.787

Table 44: Prueba de Autocorrelación de Residuos - Modelo VECM - Metropolitana con 12 Rezagos

Conjunto de Residuos	Estadístico de la Prueba	Grados de Libertad (df)	P-valor
Residuos 1	0.013129	1	0.9088
Residuos 2	0.0028524	1	0.9574

Table 45: Prueba de Autocorrelación de Residuos - Modelo VECM - O'Higgins Sin Rezagos

Conjunto de Residuos	Estadístico de la Prueba	Grados de Libertad (df)	P-valor
Residuos 1	0.13572	1	0.7126
Residuos 2	0.017303	1	0.8953

Table 46: Prueba de Autocorrelación de Residuos - Modelo VECM - O'Higgins con 12 Rezagos

Conjunto de Residuos	Estadístico de la Prueba	Grados de Libertad (df)	P-valor
Residuos 1	0.084623	1	0.7711
Residuos 2	0.000044038	1	0.9947

Table 47: Prueba de Autocorrelación de Residuos - Modelo VECM - El Maule Sin Rezagos

Conjunto de Residuos	Estadístico de la Prueba	Grados de Libertad (df)	P-valor
Residuos 1	0.0078113	1	0.9296
Residuos 2	0.2279	1	0.6331

Table 48: Prueba de Autocorrelación de Residuos - Modelo VECM - El Maule con 12 Rezagos

Conjunto de Residuos	Estadístico de la Prueba	Grados de Libertad (df)	P-valor
Residuos 1	0.0054633	1	0.9411
Residuos 2	0.18381	1	0.6681

Figure 9: Prueba de Autocorrelación de Residuos - Modelo VECM - Valparaíso Sin Rezagos

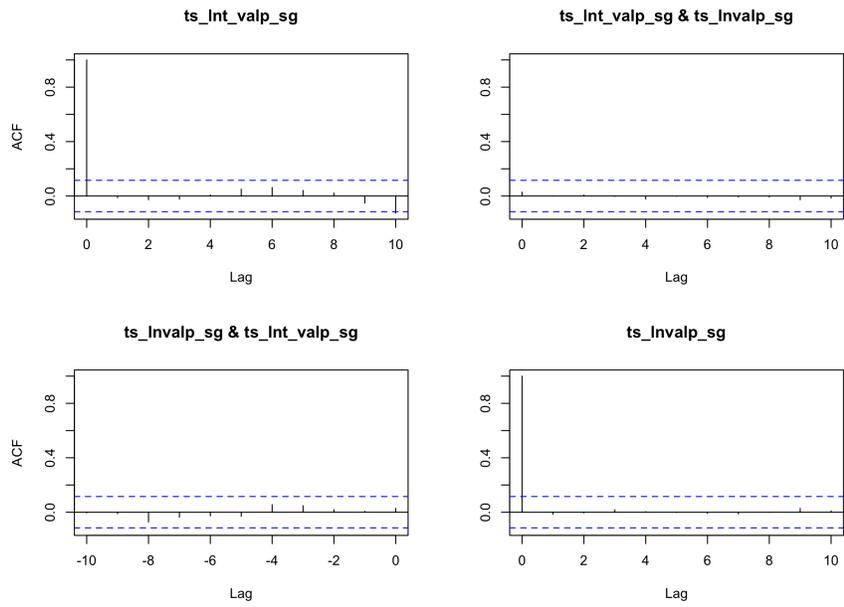


Figure 10: Prueba de Autocorrelación de Residuos - Modelo VECM - Valparaíso con 12 Rezagos

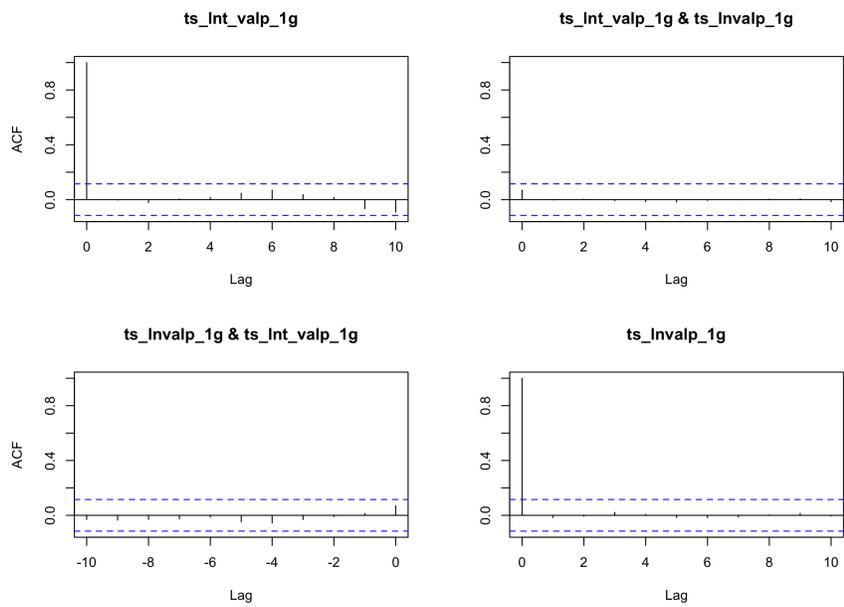


Figure 11: Prueba de Autocorrelación de Residuos - Modelo VECM - Metropolitana Sin Rezagos

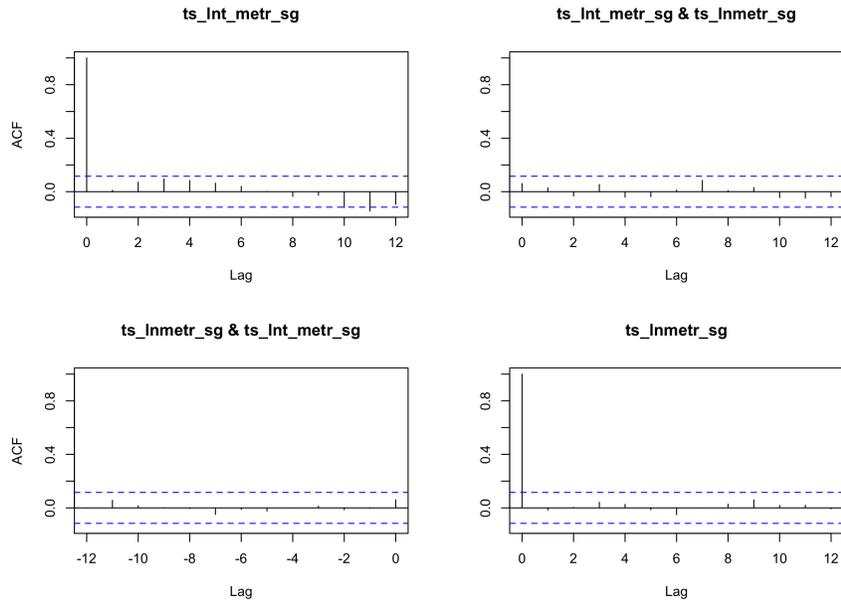


Figure 12: Prueba de Autocorrelación de Residuos - Modelo VECM - Metropolitana con 12 Rezagos

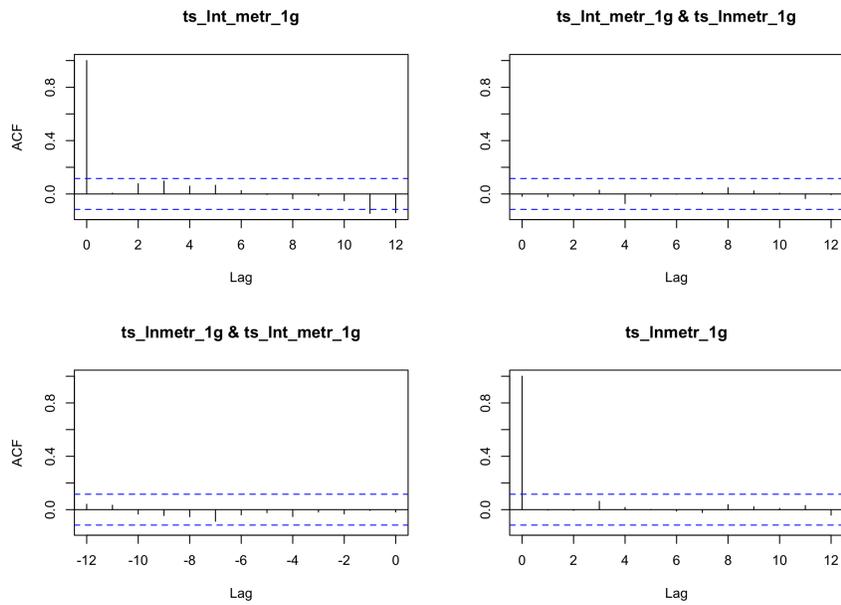


Figure 13: Prueba de Autocorrelación de Residuos - Modelo VECM - O'Higgins Sin Rezagos

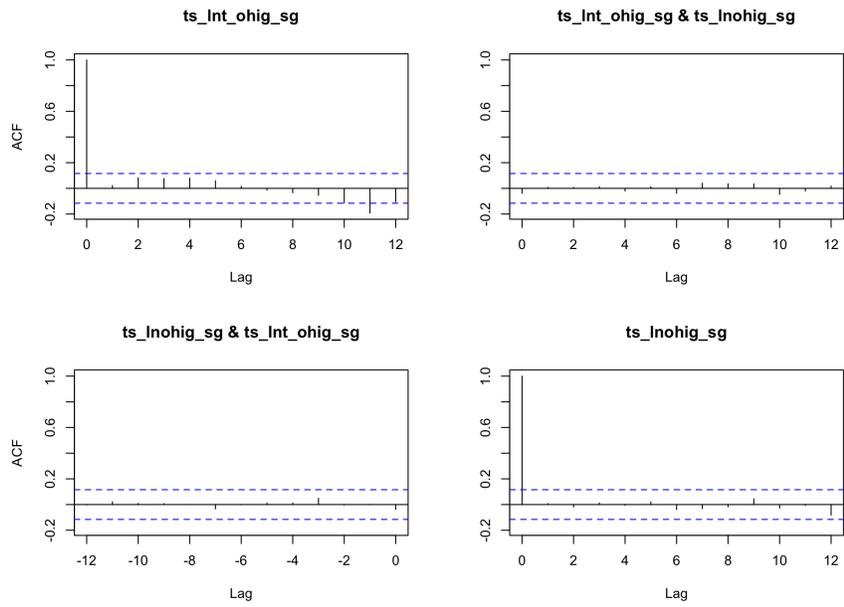


Figure 14: Prueba de Autocorrelación de Residuos - Modelo VECM - O'Higgins con 12 Rezagos

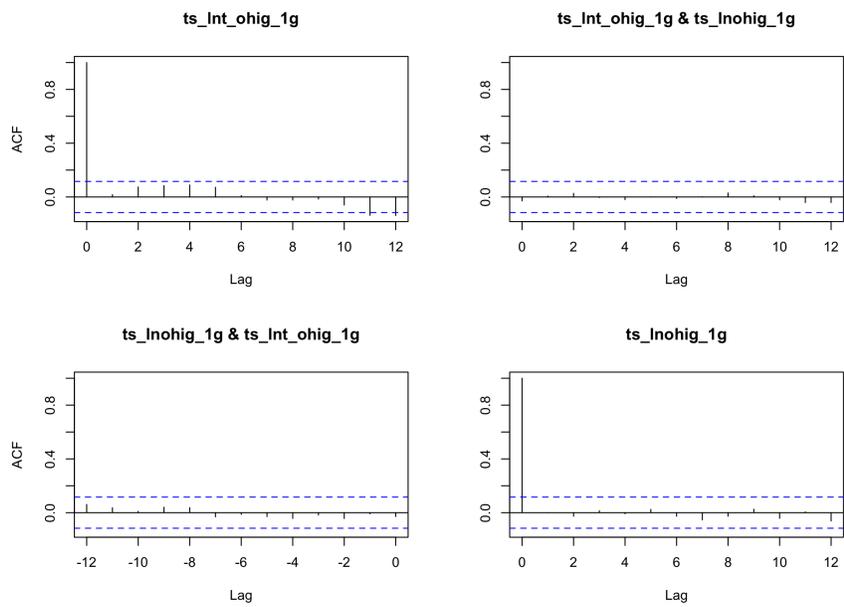


Figure 15: Prueba de Autocorrelación de Residuos - Modelo VECM - El Maule Sin Rezagos

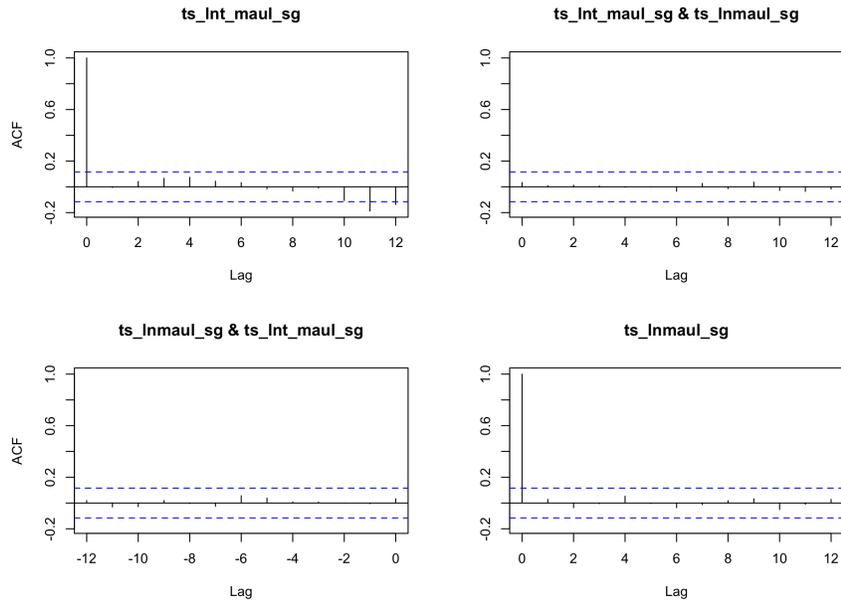


Figure 16: Pruebas de Autocorrelación de Residuos - Modelo VECM - El Maule con 12 Rezagos

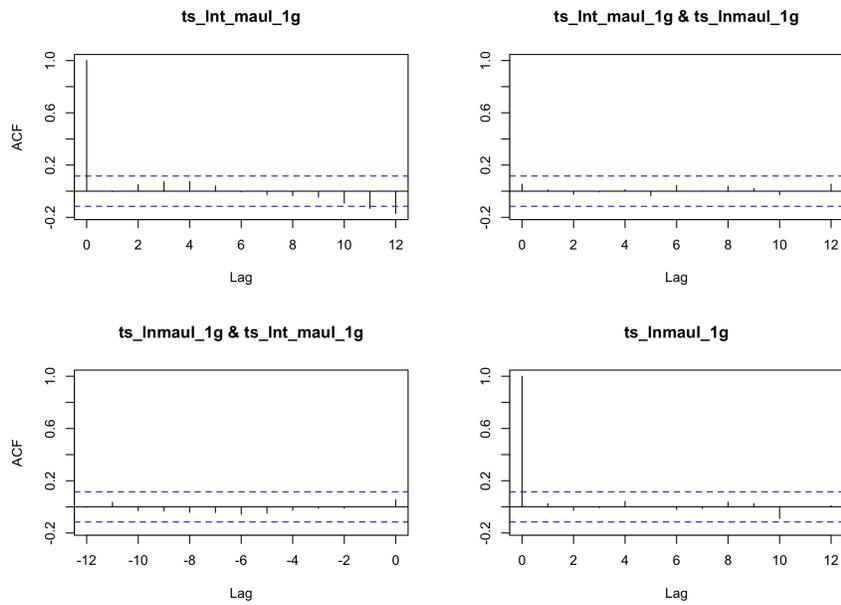


Table 49: Prueba de Normalidad de los Residuos - Modelo VECM - Valparaíso Sin Rezagos

Variable	Valor de W	P-valor
Variable 1	0.95786	0.0000002042
Variable 2	0.97066	0.0000124

Table 50: Prueba de Normalidad de los Residuos - Modelo VECM - Valparaíso con 12 Rezagos

Variable	Valor de W	P-valor
Variable 1	0.95618	0.0000001255
Variable 2	0.97637	0.0001036

Table 51: Prueba de Normalidad de los Residuos - Modelo VECM - Metropolitana Sin Rezagos

Variable	Valor de W	P-valor
Variable 1	0.95731	0.0000001895
Variable 2	0.99522	0.5188

Table 52: Prueba de Normalidad de los Residuos - Modelo VECM - Metropolitana con 12 Rezagos

Variable	Valor de W	P-valor
Variable 1	0.95489	0.00000009512
Variable 2	0.99409	0.327

Table 53: Prueba de Normalidad de los Residuos - Modelo VECM - O'Higgins Sin Rezagos

Variable	Valor de W	P-valor
Variable 1	0.93835	0.000000001422
Variable 2	0.9912	0.08381

Table 54: Prueba de Normalidad de los Residuos - Modelo VECM - O'Higgins con 12 Rezagos

Variable	Valor de W	P-valor
Variable 1	0.94546	0.00000000788
Variable 2	0.99362	0.2655

Table 55: Prueba de Normalidad de los Residuos - Modelo VECM - El Maule Sin Rezagos

Variable	Valor de W	P-valor
Variable 1	0.95212	0.00000004448
Variable 2	0.98397	0.002674

Table 56: Pruebas de Normalidad de los Residuos - Modelo VECM - El Maule con 12 Rezagos

Variable	Valor de W	P-valor
Variable 1	0.95737	0.0000001927
Variable 2	0.984	0.002716

Table 57: Prueba causalidad de Granger - Modelo VECM - Valparaíso Sin Rezagos

Modelo	Res.Df	Df	Estadística F	Valor p
Modelo 1	296			
Modelo 2	297	-1	3.1987	0.07472

Table 58: Prueba causalidad de Granger - Modelo VECM - Valparaíso con 12 Rezagos

Modelo	Res.Df	Df	Estadística F	Valor p
Modelo 1	263			
Modelo 2	275	-12	1.5268	0.1143

Table 59: Prueba causalidad de Granger - Modelo VECM - Metropolitana Sin Rezagos

Modelo	Res.Df	Df	Estadística F	Valor p
Modelo 1	296			
Modelo 2	297	-1	4.3264	0.03839

Table 60: Prueba causalidad de Granger - Modelo VECM - Metropolitana con 12 Rezagos

Modelo	Res.Df	Df	Estadística F	Valor p
Modelo 1	263			
Modelo 2	275	-12	5.4093	0.00000003301

Table 61: Prueba causalidad de Granger - Modelo VECM - O'Higgins Sin Rezagos

Modelo	Res.Df	Df	Estadística F	Valor p
Modelo 1	296			
Modelo 2	297	-1	2.0782	0.1505

Table 62: Prueba causalidad de Granger - Modelo VECM - O'Higgins con 12 Rezagos

Modelo	Res.Df	Df	Estadística F	Valor p
Modelo 1	263			
Modelo 2	275	-12	3.3623	0.0001403

Table 63: Prueba causalidad de Granger - Modelo VECM - El Maule Sin Rezagos

Modelo	Res.Df	Df	Estadística F	Valor p
Modelo 1	296			
Modelo 2	297	-1	1.6693	0.1974

Table 64: Prueba causalidad de Granger - Modelo VECM - El Maule con 12 Rezagos

Modelo	Res.Df	Df	Estadística F	Valor p
Modelo 1	263			
Modelo 2	275	-12	3.4004	0.0001205

Table 65: Prueba CUSUM Estabilidad de Parámetros - Modelo VECM - Valparaíso Sin Rezagos

Test	Estadística (S)	Valor p
CUSUM	0.63757	0.3451

Table 66: Prueba CUSUM Estabilidad de Parámetros - Modelo VECM - Valparaíso con 12 Rezagos

Test	Estadística (S)	Valor p
CUSUM	0.58637	0.44

Table 67: Prueba CUSUM Estabilidad de Parámetros - Modelo VECM - Metropolitana Sin Rezagos

Test	Estadística (S)	Valor p
CUSUM	0.46526	0.7057

Table 68: Prueba CUSUM Estabilidad de Parámetros - Modelo VECM - Metropolitana con 12 Rezagos

Test	Estadística (S)	Valor p
CUSUM	0.41131	0.8221

Table 69: Prueba CUSUM Estabilidad de Parámetros - Modelo VECM - O'Higgins Sin Rezagos

Test	Estadística (S)	Valor p
CUSUM	0.4549	0.729

Table 70: Prueba CUSUM Estabilidad de Parámetros - Modelo VECM - O'Higgins con 12 Rezagos

Test	Estadística (S)	Valor p
CUSUM	0.48529	0.6601

Table 71: Prueba CUSUM Estabilidad de Parámetros - Modelo VECM - El Maule Sin Rezagos

Test	Estadística (S)	Valor p
CUSUM	0.3895	0.8633

Table 72: Prueba CUSUM Estabilidad de Parámetros - Modelo VECM - El Maule con 12 Rezagos

Test	Estadística (S)	Valor p
CUSUM	0.23124	0.9661

Figure 17: Función de Respuesta a Impulsos - Modelo VECM - Valparaíso Sin Rezagos

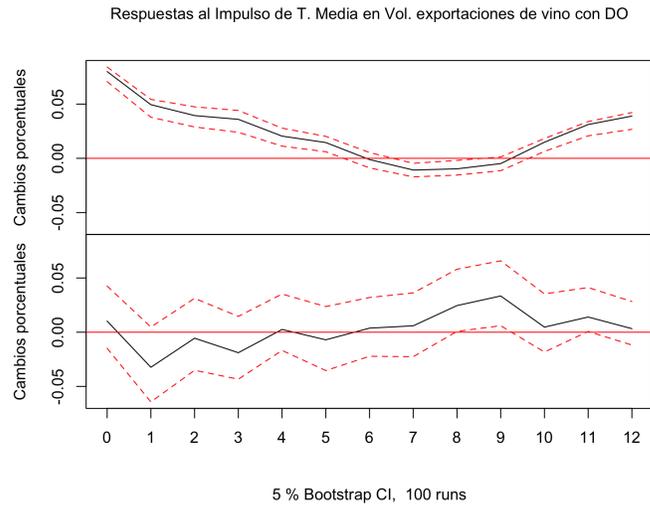


Figure 18: Función de Respuesta a Impulsos - Modelo VECM - Valparaíso con 12 Rezagos

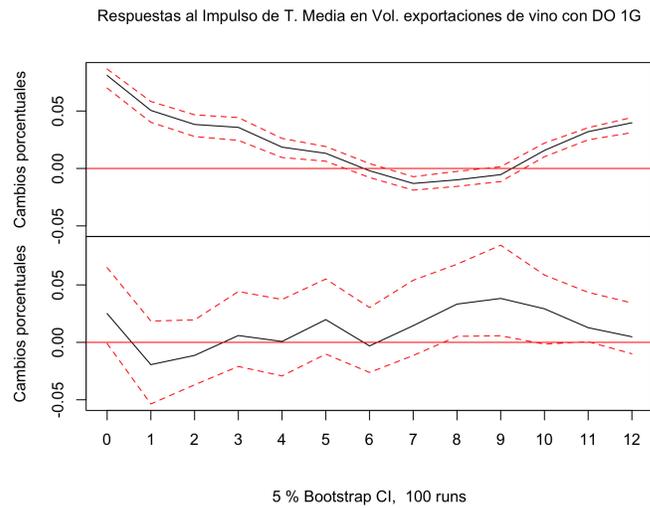


Figure 19: Función de Respuesta a Impulsos - Modelo VECM - Metropolitana Sin Rezagos

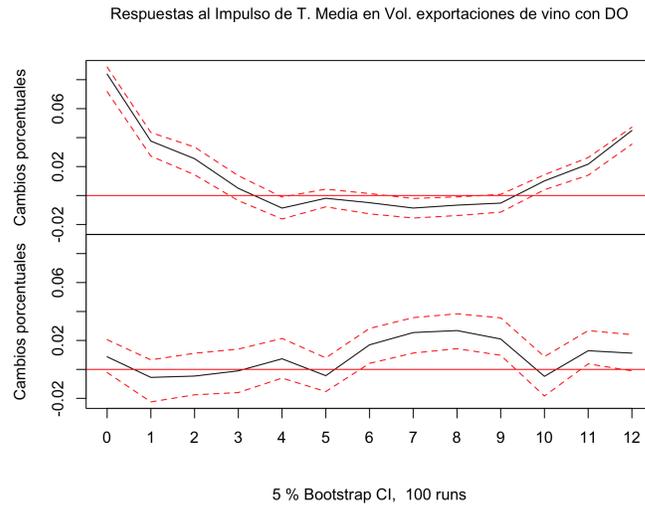


Figure 20: Función de Respuesta a Impulsos - Modelo VECM - Metropolitana con 12 Rezagos

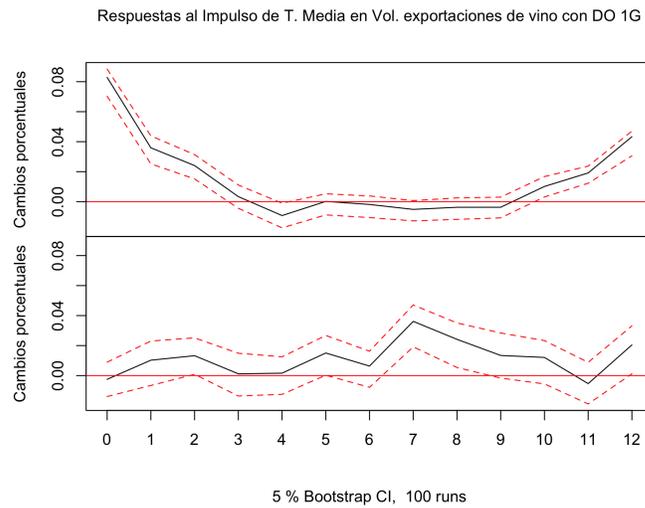


Figure 21: Función de Respuesta a Impulsos - Modelo VECM - O'Higgins Sin Rezagos

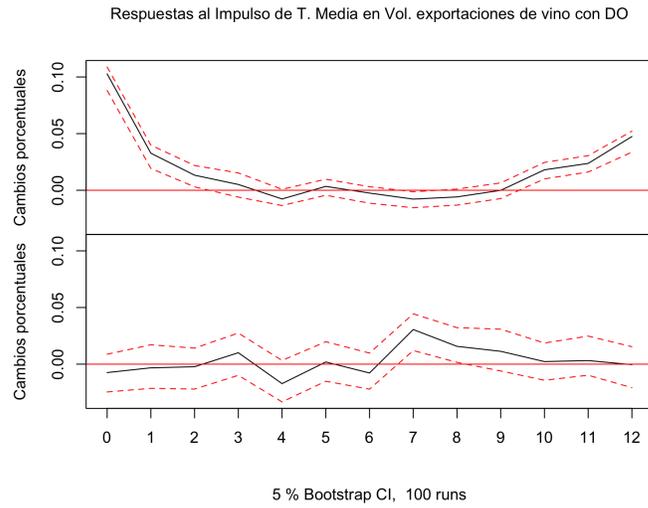


Figure 22: Función de Respuesta a Impulsos - Modelo VECM - O'Higgins con 12 Rezagos

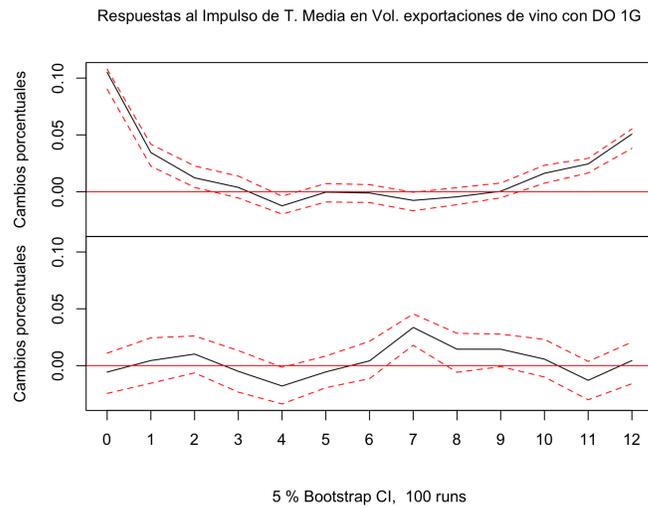


Figure 23: Función de Respuesta a Impulsos - Modelo VECM - El Maule Sin Rezagos

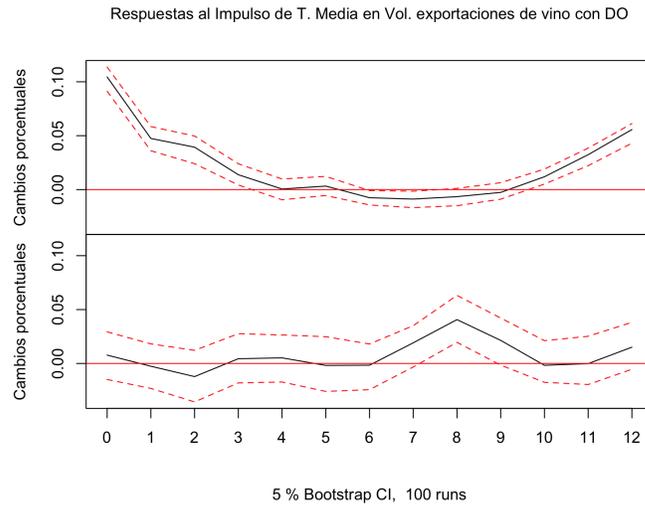


Figure 24: Función de Respuesta a Impulsos - Modelo VECM - El Maule con 12 Rezagos

