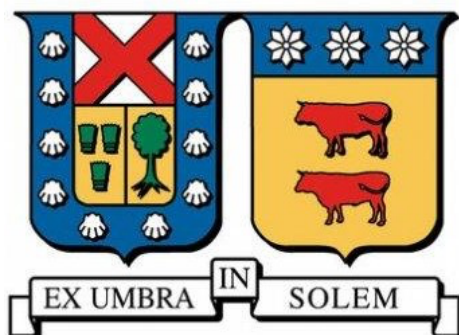


UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE INDUSTRIAS
SANTIAGO-CHILE



**ADAPTACIÓN DE LA CURVA DE PHILLIPS AL SECTOR
SILVOAGROPECUARIO Y DE PESCA CHILENO: UN ENFOQUE
ECONOMÉTRICO APLICADO A LA DINÁMICA DE PRECIOS DE
EXPORTACIÓN**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

AUTOR

LUCIANO MARTÍN SEPÚLVEDA NÚÑEZ

PROFESOR GUÍA : PEDRO FERNÁNDEZ DE LA REGUERA B.
PROFESOR CORREFERENTE : JAVIER SCAVIA DAL POZZO

JULIO 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: Adaptación de la Curva de Phillips al sector silvoagropecuario y de pesca Chileno: un enfoque econométrico aplicado a la dinámica de precios de exportación

Nombre del candidato(a): Luciano Martín Sepúlveda Núñez

Carrera / Grado: Ingeniero Civil Industrial

Campus: Santiago Vitacura ; Departamento: Industrias

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Pedro Fernández de la Reguera B., 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

☐ 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:

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

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):
Se buscará publicar los resultados

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesi s:

Fecha: 31-07-2025

; Firma:

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 31-07-2025; Firma:

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. Problema de Investigación	4
2. Objetivos	6
2.1 Objetivo General	6
2.2 Objetivos Específicos.....	6
3. Marco Teórico	7
3.1 La Curva de Phillips: Antecedentes y Variaciones	7
3.2. Contexto Agrícola en Chile	7
3.3. Efectos de la Pandemia en las Dinámicas Económicas	11
3.4. Uso de Modelos Econométricos en la Agricultura	11
4. Descripción de la Muestra.....	12
4.1 Exportaciones Silvoagropecuarias y de Pesca	12
4.1.1 <i>Análisis Gráfico Exportaciones Silvoagropecuarias y de Pesca</i>	16
4.1.2 <i>Construcción de Índice de Exportaciones Silvoagropecuarias y de pesca</i>	17
4.2 Ocupación en el Sector Silvoagropecuario y de Pesca	18
5. Construcción del Modelo.....	21
5.3 Variables del Modelo.....	21
5.2 Variables Adicionales del Modelo.....	22
5.2.1 <i>Variable Dicotómica de Pandemia (P)</i>	22
5.2.2 <i>Variable Dicotómica de Estacionalidad (T)</i>	22
5.2.3 <i>Variable de Demanda Externa</i>	22
5.3 Modelo Econométrico Propuesto.....	26
5.4 Procedimiento	27
5.4.1 <i>Análisis de Visualización Gráfica: Exportaciones vs. Ocupación</i>	28
6. Estimación del Modelo	32
6.1 Ajuste Logarítmico y Cuadrático al Modelo Propuesto	32
6.1.1 <i>Resultados del Modelo Propuesto</i>	33
6.2 Modificación del Modelo Propuesto.....	35
6.2.1 <i>Resultados del Modelo Modificado</i>	35
6.2.2 <i>Normalidad del Modelo Modificado</i>	37
6.2.3 <i>Análisis de los Test Aplicados al Modelo</i>	38
7. Análisis de los Resultados.....	41
7.1 Interpretación Coeficiente de la Ocupación Silvoagropecuaria y de Pesca.....	41
7.2 Interpretación de los Coeficientes del PIB y su Término Cuadrático.....	42
7.3 Interpretación Coeficiente de Temporalidad Semestral.....	44
7.4 Comparación Conceptual Entre la Curva de Phillips Neo-Keynesiana y el Modelo Estimado Para el Sector Silvoagropecuario Chileno	45
7.4.1 <i>Flexibilidad de Precios y Condición Precio-Tomador</i>	45
7.4.2 <i>El Empleo Como Indicador de Oferta, No de Demanda</i>	46
7.4.3 <i>Expectativas Externas y Efecto Prebisch–Singer</i>	47

8. Evolución Futura del Índice de Exportación	47
8.1 Resultados Valores Proyectados	48
8.2 Comparación con Valores Reales	50
9. Conclusiones	51
9.1 Reversión del mecanismo de transmisión de la Curva de Phillips.	51
9.2 Presencia de una curvatura en la relación con el PIB externo.	51
9.3 Evidencia robusta de estacionalidad en los precios.	52
9.4 Solidez estadística del modelo estimado.....	52
9.5 Capacidad predictiva validada.	52
10. Bibliografía	53
A. Resultados Principales.....	56

Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Exportaciones Silvoagropecuarias y de Pesca</i>	13
Tabla 2 <i>Exportaciones Silvoagropecuarias y de Pesca (Volúmenes)</i>	15
Tabla 3 <i>Ocupación Sector Silvoagropecuario y de Pesca</i>	19
Tabla 4 <i>PIB Porcentual Anual Principales Socios Comerciales</i>	23
Tabla 5 <i>Peso Anual de Principales Socios Comerciales</i>	25
Tabla 6 <i>PIB Ponderado de los Socios Comerciales (PIBponderado, t)</i>	25
Tabla 7 <i>Resultados Estadísticos Coeficientes Variables Modelo Propuesto.....</i>	33
Tabla 8 <i>Resultados Ajuste del Modelo Propuesto</i>	33
Tabla 9 <i>Resultados Estadísticos Coeficientes Variables modelo Modificado</i>	35
Tabla 10 <i>Resultado Ajuste del Modelo Modificado</i>	35
Tabla 11 <i>Resultado Test de Normalidad Shapiro-Wilk</i>	37
Tabla 12 <i>Resultados Test Heterocedasticidad Breusch-Pagan</i>	39
Tabla 13 <i>Resultados Test de Multicolinealidad (VIF)</i>	39
Tabla 14 <i>Resultados Test Autocorrelación Durbin-Watson</i>	39
Tabla 15 <i>Resultados Valores Índice Exportaciones Proyectados</i>	48
Tabla 16 <i>Comparación Resultados Año 2024</i>	50

Índice de Figuras

Figura 1 <i>Comparación PIB Silvoagropecuario y PIB Nacional</i>	8
Figura 2 <i>Evolución de la Ocupación Promedio en la Agricultura</i>	10
Figura 3 <i>Gráfico relación Exportaciones Silvoagropecuarias y de Pesca Dólares-Volumen</i>	17
Figura 4 <i>Gráfico Ocupación Sector Silvoagropecuario y de Pesca.....</i>	20
Figura 5 <i>Gráfico Comportamiento PIB Anual Principales Socios Comerciales.....</i>	24
Figura 6 <i>Relación entre Exportaciones y Ocupación en el Sector Silvoagropecuario y de Pesca</i>	28

Figura 7 <i>Relación Exportaciones Silvoagropecuarias y de Pesca y PIB Socios Comerciales....</i>	30
Figura 8 <i>Histograma de los Residuos del Modelo Modificado</i>	37
Figura 9 <i>Gráfico Proyecciones Resultados ARIMAX.....</i>	49
Figura 10 <i>Resultados Coeficientes Modelo Propuesto</i>	56
Figura 11 <i>Resultados Coeficientes Modelo Modificado</i>	57
Figura 12 <i>Resultados de Normalidad Test Shapiro-Wilk Modelo Modificado.....</i>	57
Figura 13 <i>Resultados Test Breusch-Pagan de Heterocedasticidad.....</i>	58
Figura 14 <i>Resultados Test de Multicolinealidad VIF</i>	58
Figura 15 <i>Resultados Test de Autocorrelación Durbin-Watson</i>	58
Figura 16 <i>Resultados Estimador Robusto Newey-West.....</i>	59
Figura 17 <i>Resultados Modelo ARIMAX.....</i>	59

1. Problema de Investigación

El sector silvoagropecuario chileno representa una parte crucial de la economía nacional debido a su contribución en exportaciones y generación de empleo. Durante los últimos años, particularmente con la irrupción de la pandemia del COVID-19, este sector ha experimentado fluctuaciones significativas tanto en términos de exportaciones como de ocupación. Estas variaciones reflejan una combinación de factores externos, como la disrupción en las cadenas de suministro globales, y factores internos, como la disponibilidad de mano de obra y los cambios en los costos de producción (Schnepf & Yacobucci, 2012).

La curva de Phillips, tradicionalmente utilizada para analizar la relación entre inflación y desempleo, se adapta en este estudio para explorar cómo las dinámicas entre ocupación agrícola y exportaciones pueden estar influenciadas por eventos disruptivos como una pandemia. Estudios previos sugieren que, en situaciones de choque económico, la relación entre empleo y producción puede divergir de los patrones tradicionales (Fischer, 1977; Phelps & Taylor, 1977). En el caso del sector agrícola chileno, esto plantea interrogantes sobre cómo las fluctuaciones en la ocupación afectan las exportaciones y si dichas dinámicas se mantuvieron constantes en los períodos pre y postpandemia.

Además, diversos estudios que adaptan la curva de Phillips a contextos específicos sostienen que la incorporación de variables como la ocupación sectorial o el empleo en industrias particulares permite capturar con mayor precisión las dinámicas económicas locales o sectoriales. Por ejemplo, McAdam y Willman (2004) plantean que adaptar los modelos macroeconómicos tradicionales a sectores o regiones concretas mejora la comprensión de los vínculos entre el mercado laboral y los precios relativos, especialmente en sectores con estructuras laborales distintas al promedio nacional. Esta visión también enfatiza la importancia de considerar cambios estructurales, como los efectos de políticas públicas o fenómenos externos, para comprender plenamente las relaciones económicas.

Por tanto, este problema de investigación se centra en identificar y modelar cómo la ocupación agrícola, medida como el número de trabajadores empleados en este sector, influye en las exportaciones silvoagropecuarias en Chile. Asimismo, busca evaluar si existe una diferencia significativa en esta relación entre los períodos pre y postpandemia del COVID-19. Este enfoque no solo aporta a la comprensión de la economía agrícola chilena, sino que también contribuye al debate más amplio sobre cómo adaptar herramientas económicas clásicas como la curva de Phillips a contextos específicos.

2. Objetivos

2.1 Objetivo General

Desarrollar y validar un modelo econométrico adaptando la Curva de Phillips Neo-Keynesiana al sector silvoagropecuario y de pesca chileno, incorporando determinantes internos y externos que expliquen la dinámica del precio de exportación, para luego proyectar su comportamiento a corto plazo mediante un modelo ARIMAX.

2.2 Objetivos Específicos

- Compilar una base de datos semestral 2013-2023 que incluya el precio de exportación (USD / kg), la ocupación agrícola y el PIB ponderado de los principales socios comerciales, asegurando la coherencia temporal de las series.
- Estimar y diagnosticar un modelo MCO que incorpore determinantes que permitan adaptar la Curva de Phillips a la industria silvoagropecuaria y de pesca chilena, verificando normalidad, homocedasticidad y autocorrelación de los residuos.
- Comparar conceptualmente los resultados del modelo con la Curva de Phillips neo-keynesiana, identificando similitudes y diferencias teóricas.
- Desarrollar un modelo ARIMAX que integre la dinámica temporal del precio y las variables exógenas validadas, y proyectar el índice de exportaciones a seis semestres
- Evaluar la precisión predictiva del modelo utilizando los valores reales de 2024 y ajustar las recomendaciones estratégicas para productores y autoridades sectoriales.

3. Marco Teórico

3.1 La Curva de Phillips: Antecedentes y Variaciones

La Curva de Phillips, formulada originalmente por A. W. Phillips (1958), describe una relación inversa entre la tasa de inflación y el nivel de desempleo, lo que implicaría una disyuntiva entre estabilidad de precios y pleno empleo. No obstante, investigaciones más recientes han puesto en duda la estabilidad de esta relación, señalando que puede debilitarse o incluso revertirse bajo ciertas condiciones económicas, como las crisis financieras o eventos extraordinarios como la pandemia del COVID-19. Por ejemplo, Blanchard (2022) argumenta que la pendiente de la curva de Phillips se ha vuelto más plana en las últimas décadas, lo que reduce su utilidad como guía de política económica en contextos modernos.

En particular, la adaptación de los ejes de la curva para evaluar variables específicas de industrias, como la agricultura, permite entender dinámicas sectoriales no capturadas en análisis macroeconómicos tradicionales. Esto incluye la evaluación de factores como empleo agrícola y exportaciones en contextos de alta volatilidad.

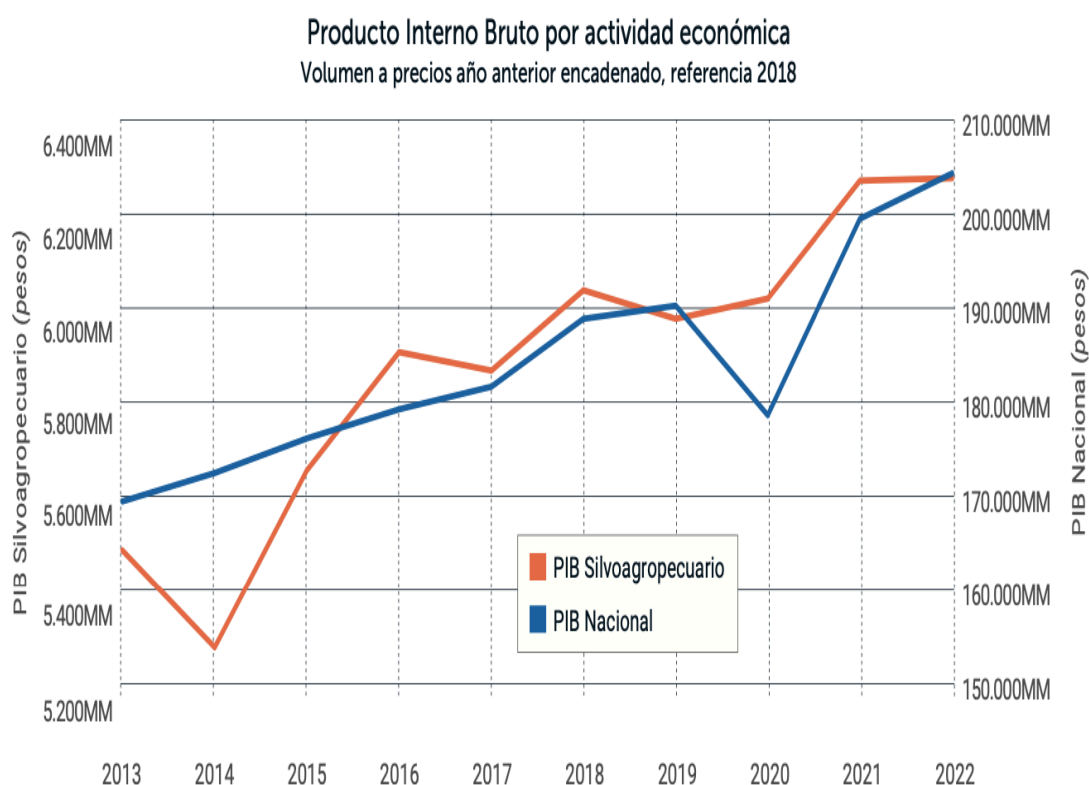
3.2. Contexto Agrícola en Chile

El sector silvoagropecuario desempeña un papel clave en la economía chilena, representando un 2,8% del Producto Interno Bruto (PIB) nacional en el año 2022, con un aporte de \$6.290 mil millones de pesos chilenos tal como se observa en la Figura 1. Aunque su contribución económica puede parecer limitada a nivel nacional, este sector tiene una relevancia fundamental en varias regiones, donde constituye una parte significativa de la actividad productiva y económica. Dentro de este sector, el 37% del PIB silvoagropecuario corresponde a actividades frutícolas, seguido por un 17% de la agricultura, un 15% de la silvicultura, otro 15% de la ganadería

y un 16% de actividades de apoyo, lo que refleja la diversificación productiva de Chile y su capacidad de adaptación frente a las variaciones climáticas y económicas (ODEPA, 2022).

Figura 1

Comparación PIB Silvoagropecuario y PIB Nacional

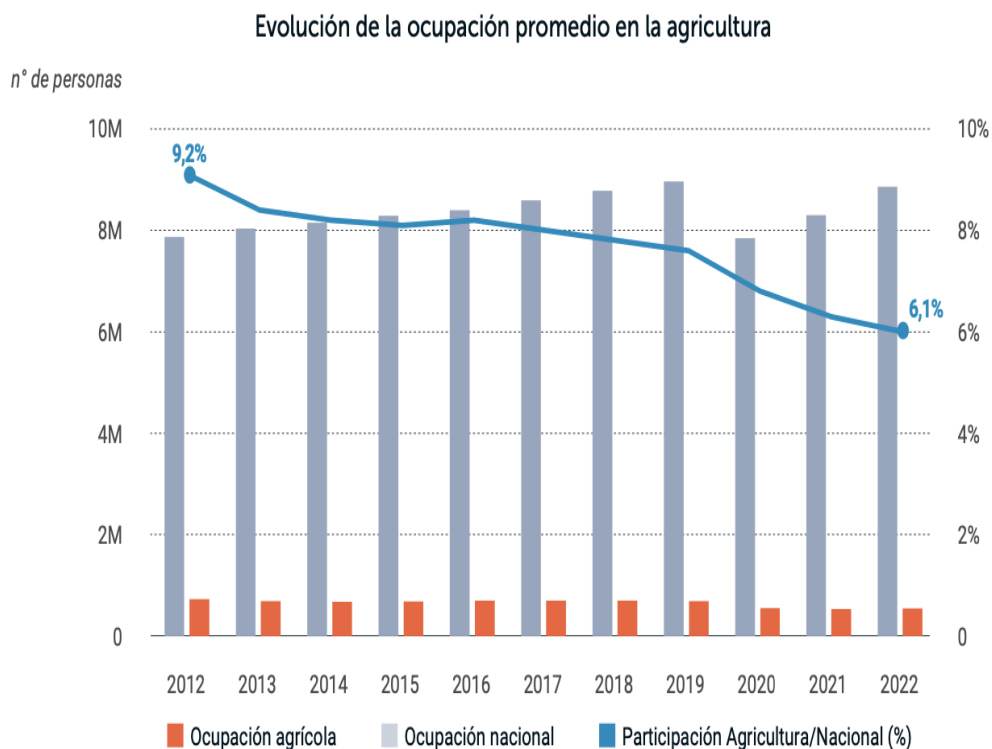


Nota. Tomado del Informe de Estadísticas Silvoagropecuarias de la ODEPA.

Sin embargo, el sector agrícola ha enfrentado importantes desafíos en los últimos años, como lo evidencia la reducción de la superficie sembrada de cultivos anuales, que ha registrado una disminución del 33% entre las temporadas 2012/2013 y 2022/2023. En términos absolutos, la superficie sembrada pasó de aproximadamente 750.000 hectáreas a solo 505.000 hectáreas en este periodo. Este cambio está influenciado por diversos factores, como la urbanización creciente, la competencia por el uso de suelo agrícola y la disminución de la rentabilidad de ciertos cultivos

debido a la variabilidad climática y la competencia en los mercados internacionales (ODEPA, 2022).

Desde la perspectiva laboral, se puede observar a partir de la Figura 2, que el sector silvoagropecuario y la pesca han mostrado una disminución en su participación en el empleo nacional. Mientras que en 2012 estas actividades representaban más del 9% de la ocupación nacional, en 2022 la cifra se redujo al 6%. Este fenómeno puede atribuirse, en parte, a la mecanización y modernización de las labores agrícolas, las cuales, aunque mejoran la productividad, han reducido la necesidad de mano de obra no calificada. Según Bravo et al. (2011) , estos procesos de modernización son comunes en economías agrícolas en vías de desarrollo y suelen requerir una transición hacia formas de empleo más especializadas.

Figura 2*Evolución de la Ocupación Promedio en la Agricultura*

Nota. Tomado del Informe de Estadísticas Silvoagropecuarias de la ODEPA

La disminución en la superficie sembrada también impacta en la capacidad del sector para responder a la creciente demanda internacional. Chile, reconocido por su liderazgo en la exportación de frutas frescas como uvas, manzanas y cerezas, enfrenta retos significativos para mantener su competitividad en los mercados globales. Factores como el cambio climático, las restricciones de recursos hídricos y la necesidad de implementar tecnologías más eficientes son obstáculos que el país debe superar para sostener su posición como un exportador clave. Según la FAO (2021), estos desafíos requieren políticas públicas que fomenten la sostenibilidad y la resiliencia de los sistemas productivos.

Por último, es importante señalar que el sector silvoagropecuario no solo desempeña un rol económico, sino también social y ambiental. La reducción de la superficie sembrada y la disminución del empleo rural pueden tener consecuencias sobre las comunidades locales, aumentando la presión migratoria hacia los centros urbanos y generando un abandono paulatino de las áreas rurales. Esto subraya la necesidad de políticas integrales que fortalezcan tanto la productividad agrícola como el bienestar de las comunidades que dependen de este sector (OCDE, 2020).

3.3. Efectos de la Pandemia en las Dinámicas Económicas

La pandemia del COVID-19 marcó un antes y un después en la economía global, afectando tanto los niveles de empleo como las exportaciones en múltiples sectores. En el ámbito agrícola, las restricciones logísticas y la reducción de la fuerza laboral tuvieron impactos severos, mientras que los cambios en la demanda internacional reconfiguraron las dinámicas de exportación (Banco Mundial, 2021).

Para estudiar estos efectos, es crucial integrar una variable que diferencie los períodos pre y postpandemia, ya que esto permitirá captar las variaciones estructurales en las relaciones entre empleo y exportaciones en el sector agrícola. Este enfoque también es consistente con estudios previos que han analizado el impacto de eventos disruptivos en la curva de Phillips (Blanchard, 2022).

3.4. Uso de Modelos Econométricos en la Agricultura

Los modelos econométricos ofrecen una herramienta poderosa para entender las relaciones entre variables económicas. En el caso del sector agrícola chileno, variables como precios internacionales de alimentos, costos de insumos y empleo agrícola son fundamentales para

entender las dinámicas de exportación (Schnepf & Yacobucci, 2012). Integrar estas variables en un marco teórico basado en la Curva de Phillips proporciona una perspectiva única para evaluar cómo los cambios en los factores productivos afectan la competitividad del sector.

4. Descripción de la Muestra

La muestra adoptada para esta investigación comprende datos semestrales sobre las exportaciones silvoagropecuarias y de pesca chilenas, expresadas en millones de dólares, y la ocupación en el sector silvoagropecuario y de pesca, medida en miles de personas, cubriendo el período entre 2013 y 2023. En total, se cuenta con 22 observaciones por variable, las cuales fueron recopiladas de fuentes oficiales, como el Banco Central de Chile y Servicio Nacional de Aduanas para los datos de exportaciones y el Instituto Nacional de Estadísticas (INE) para los datos de ocupación. Los datos recopilados corresponden a todo el territorio nacional, es decir, todas las regiones del país.

Estos datos son fundamentales para el análisis, ya que permiten estudiar la relación entre el nivel de empleo y las exportaciones dentro del sector, bajo el marco del modelo modificado de la curva de Phillips. Este enfoque busca evaluar cómo las dinámicas del empleo en este sector específico influyen en el comportamiento de las exportaciones, considerando además los efectos de eventos externos como la pandemia de COVID-19.

A continuación, se describen las variables utilizadas:

4.1 Exportaciones Silvoagropecuarias y de Pesca

Esta variable representa el total de exportaciones realizadas por el sector silvoagropecuario y de pesca, expresadas en millones de dólares y medidas de manera semestral. Los datos provienen

del Servicio Nacional de Aduanas y reflejan el desempeño del sector en los mercados internacionales. Cabe destacar que los valores están en términos nominales de cada año, lo que significa que no se han ajustado por inflación ni se ha aplicado un índice de precios.

La decisión de mantener los valores en términos nominales se justifica por la gran diversidad de productos que componen las exportaciones del sector. Cada producto tiene sus propias fluctuaciones de precio, dependiendo de factores específicos como la oferta y demanda global, los costos de producción y las políticas comerciales internacionales.

Estas exportaciones son un indicador clave de la competitividad y productividad del sector, además de su capacidad para generar divisas y contribuir al desarrollo económico del país. Su comportamiento permite observar tendencias a lo largo del tiempo y establecer vínculos con otras variables económicas, como la ocupación, en el marco del modelo modificado de la curva de Phillips.

Tabla 1

Exportaciones Silvoagropecuarias y de Pesca

Semestre	Exportaciones (Millones US\$)	Semestre	Exportaciones (Millones US\$)
Semestre I-2013	6563,0	Semestre II-2018	5712,6
Semestre II-2013	4266,5	Semestre I-2019	8426,8
Semestre I-2014	7256,7	Semestre II-2019	5932,5
Semestre II-2014	4772,7	Semestre I-2020	7554,2
Semestre I-2015	6229,6	Semestre II-2020	5601,3
Semestre II-2015	4340,5	Semestre I-2021	7890,6
Semestre I-2016	6551,1	Semestre II-2021	6559,8

Semestre	Exportaciones (Millones US\$)	Semestre	Exportaciones (Millones US\$)
Semestre II-2016	5042,6	Semestre I-2022	9036,8
Semestre I-2017	6819,9	Semestre II-2022	7396,6
Semestre II-2017	5244,7	Semestre I-2023	9368,7
Semestre I-2018	7956,2	Semestre II-2023	6969,0

Nota. Total de exportaciones silvoagropecuarias y de pesca en millones de dólares americanos. Datos de *Documentos Únicos de Salida (DUS)*. *Exportaciones a título definitivo ajustadas con sus documentos modificatorios*. Servicio Nacional de Aduanas.

Como se observa en la Tabla 1. Se encuentran los datos de las exportaciones del sector silvoagropecuario y de pesca medido en millones de dólares (fob) para cada semestre. La construcción de esta tabla es a partir de datos obtenidos por el Servicio Nacional de Aduanas, en donde se entrega los montos totales por mes. Para obtener los datos en forma semestral se procede a realizar la suma de los montos exportados de cada mes, de la siguiente forma:

$$EXP(USD)_{j,t} = \sum EXP(USD)_{mes}$$

Siendo t el semestre correspondiente a cada periodo de la muestra estudiada. Por ende los semestres quedarían compuestos por la suma de los meses de enero a junio para los primeros semestres de cada año y los meses de julio a diciembre para los segundos semestres de cada año.

Además, se ha tomado la decisión de recopilar los datos de exportaciones silvoagropecuarias y de pesca en términos de volumen, con el motivo de hacer la comparación precio-volumen para evidenciar fluctuaciones de precios que puedan afectar en el análisis del estudio en cuestión. Estos datos son recopilados del mismo Servicio Nacional de Aduanas, reflejando el nivel de producción de los principales productos del sector silvoagropecuario y de pesca de Chile.

Tabla 2*Exportaciones Silvoagropecuarias y de Pesca (Volúmenes)*

Semestre	Exportaciones (Millones Kilos)	Semestre	Exportaciones (Millones Kilos)
Semestre I-2013	3101,6	Semestre II-2018	1926,4
Semestre II-2013	1533,5	Semestre I-2019	3119,6
Semestre I-2014	2779,3	Semestre II-2019	1915,6
Semestre II-2014	1546,4	Semestre I-2020	3044,3
Semestre I-2015	2805,3	Semestre II-2020	1983,1
Semestre II-2015	1569,7	Semestre I-2021	3034,1
Semestre I-2016	2845,5	Semestre II-2021	2019,5
Semestre II-2016	1723,9	Semestre I-2022	3220,2
Semestre I-2017	2824,7	Semestre II-2022	2041,8
Semestre II-2017	1689,5	Semestre I-2023	3046,1
Semestre I-2018	3167,7	Semestre II-2023	1965,9

Nota. Total de exportaciones silvoagropecuarias y de pesca en millones de toneladas. Datos de *Documentos Únicos de Salida (DUS)*. Exportaciones a título definitivo ajustadas con sus documentos modificatorios. Servicio Nacional de Aduanas.

Como se observa en la Tabla 2. Se encuentran los datos de las exportaciones silvoagropecuarias y de pesca en término de volumen, medido en millones de kilogramos brutos para cada semestre. Al igual que las exportaciones medida en millones de dólares, estas se encuentran mensualmente en la base de datos del Servicio Nacional de Aduanas, por lo que se procede a construir la data semestral de la siguiente manera:

$$EXP(kg)_{j,t} = \sum EXP(kg)_{mes}$$

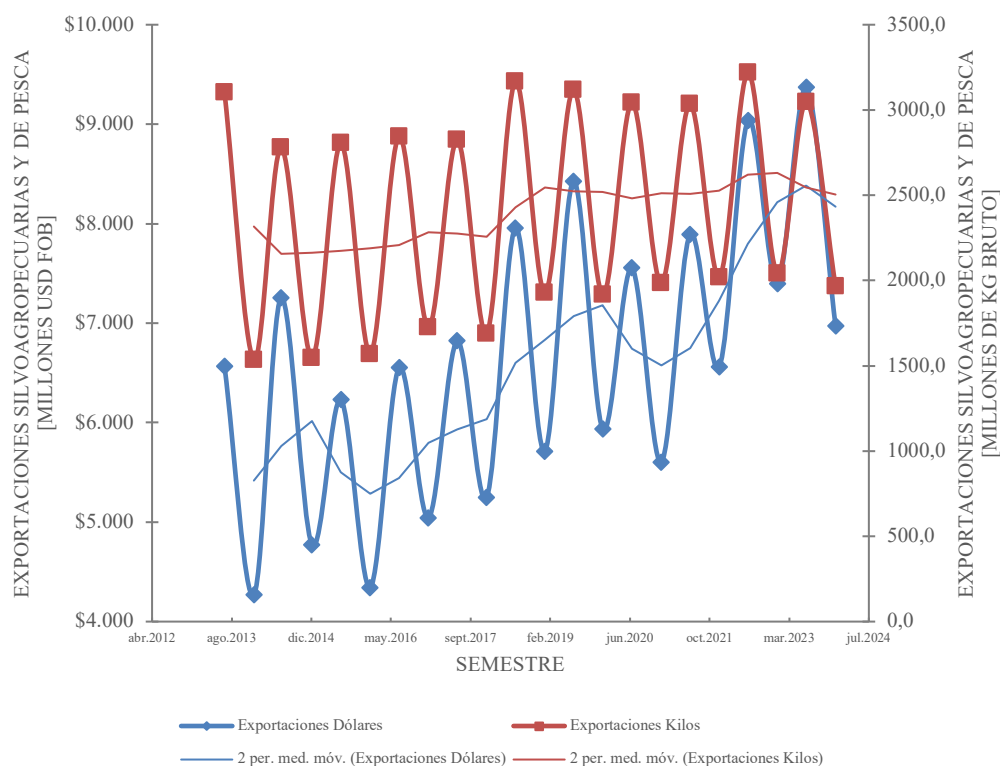
Al igual que la variable de exportaciones en términos monetarios, t corresponde al semestre del periodo de la muestra estudiada. Por ende los semestres quedaría compuestos bajo la suma de los meses de enero a junio para los primeros semestres de cada año y bajo los meses de julio a diciembre para los segundos semestres de cada año.

4.1.1 Análisis Gráfico Exportaciones Silvoagropecuarias y de Pesca.

Con el objetivo de complementar el análisis econométrico, se realiza un análisis gráfico comparativo entre las exportaciones silvoagropecuarias y de pesca expresadas en millones de dólares y en términos de volumen (millones de kilogramos brutos). Esta comparación permite evidenciar las diferencias entre el valor monetario y la cantidad física exportada, lo cual es fundamental para entender si los cambios observados en las exportaciones responden a variaciones en los precios internacionales o en la producción efectiva del sector. Asimismo, este análisis gráfico busca identificar tendencias y comportamientos en ambas dimensiones a lo largo del periodo definido, especialmente frente a eventos disruptivos como la pandemia, permitiendo detectar posibles distorsiones o cambios estructurales en la relación entre cantidad exportada y valor exportado.

Figura 3

Gráfico relación Exportaciones Silvoagropecuarias y de Pesca Dólares-Volumen



Nota. Gráfico construido a partir de las tablas 1 y 2 expuestas anteriormente en el documento. El gráfico presenta un doble eje, en donde se mide por un lado las exportaciones en millones de toneladas y en el eje secundario las exportaciones en millones de dólares fob.

Como se puede evidenciar en la Figura 3. Existe una fluctuación en las cantidades exportadas en millones de dólares en comparación a los volúmenes exportados. Bajo esta evidencia gráfica se puede inferir que existe una fluctuación en los precios de los productos exportados, especialmente a partir de fines del año 2019, que coincidentemente coincide con el inicio de la pandemia del COVID-19, lo cual podría indicar un efecto externo importante en el modelo.

4.1.2 Construcción de Índice de Exportaciones Silvoagropecuarias y de pesca.

Tal como se menciona anteriormente, se evidencia una fluctuación no menor en los precios de los productos silvoagropecuarios y de pesca chilenos, por lo que se decide crear un índice que

capture esta fluctuación de precios con el objetivo de ajustar el modelo y evitar sesgos por inflación. Para capturar de manera representativa la variabilidad en los precios de los productos exportados por el sector silvoagropecuario y de pesca, se construye un índice de exportaciones definido como el cociente entre las exportaciones totales en millones de dólares y las exportaciones totales en millones de toneladas. Esta formulación, al relacionar valor monetario con volumen físico, permite aproximar un precio promedio por tonelada exportada. La utilidad de este índice radica en su capacidad para reflejar, de forma agregada, los cambios en los precios internacionales de los productos del sector, diferenciando aumentos en el valor de las exportaciones debido a mayores precios y no necesariamente a mayores cantidades exportadas. En el contexto del presente estudio, este índice cumple una función análoga a la de una variable de inflación, permitiendo adaptar la lógica de la curva de Phillips a un enfoque sectorial. Así, se incorpora una dimensión de precios relativa que facilita analizar las relaciones entre ocupación y comportamiento exportador frente a shocks económicos, como lo fue la pandemia del COVID-19.

Aclarado esto, el índice se construye de la siguiente manera:

$$EXPIND_{j,t} = \frac{EXP(USD)_{j,t}}{EXP(ton)_{j,t}}$$

En definitiva, la inclusión de este índice en el modelo econométrico contribuirá a mejorar su robustez y fiabilidad, permitiendo obtener conclusiones más certeras sobre la relación entre la ocupación en el sector, el desempeño de los mercados internacionales y la evolución de las exportaciones chilenas.

4.2 Ocupación en el Sector Silvoagropecuario y de Pesca

Esta variable mide el número de personas empleadas en el sector silvoagropecuario y de pesca, expresada en miles, y también es registrada de forma semestral. Los datos fueron obtenidos del Instituto Nacional de Estadísticas (INE). La ocupación en este sector es un indicador crucial,

no solo por su aporte al empleo nacional, sino también por su sensibilidad a cambios en la producción, exportaciones y condiciones económicas generales.

Ambas variables son complementarias en el análisis, ya que permiten explorar la relación entre empleo y comercio exterior en un sector estratégico de la economía chilena. Su periodicidad semestral asegura una representación adecuada de las dinámicas económicas a lo largo del tiempo, proporcionando una base sólida para el modelo econométrico desarrollado en esta investigación.

Tabla 3

Ocupación Sector Silvoagropecuario y de Pesca

Semestre	Ocupación (miles de personas)	Semestre	Ocupación (miles de personas)
Semestre I-2013	719,95	Semestre II-2018	660,76
Semestre II-2013	633,96	Semestre I-2019	715,43
Semestre I-2014	706,10	Semestre II-2019	658,44
Semestre II-2014	641,42	Semestre I-2020	624,12
Semestre I-2015	714,62	Semestre II-2020	495,11
Semestre II-2015	645,63	Semestre I-2021	568,29
Semestre I-2016	726,88	Semestre II-2021	494,28
Semestre II-2016	658,35	Semestre I-2022	556,00
Semestre I-2017	726,94	Semestre II-2022	525,31
Semestre II-2017	665,97	Semestre I-2023	575,65
Semestre I-2018	736,33	Semestre II-2023	515,93

Nota. Promedio ocupación por semestre del sector silvoagropecuario y de pesca en miles de personas. Datos de *Encuesta Nacional de Empleo Base Censo 2017 INE*.

Como se observa en la Tabla 3 se encuentran los datos de la ocupación en miles de personas. Tal como se mencionaba anteriormente los datos fueron obtenidos del INE, sin embargo, estos datos se encontraban trimestralmente registrados en base a promedios móviles, por lo que se decide por simplicidad calcular un promedio simple de los trimestres correspondientes a cada semestre de cada año de la siguiente manera:

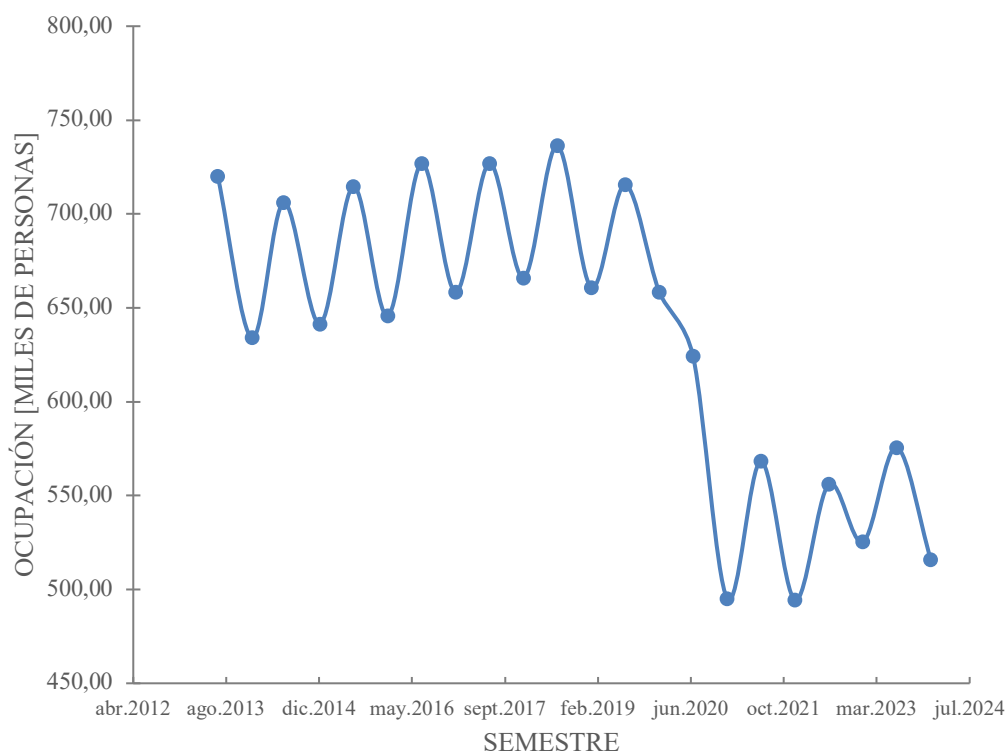
$$OCC_{j,t} = \frac{\sum OC_{trimestre}}{2}$$

En donde $OCC_{j,t}$ es la ocupación en miles de personas de cada semestre j del año t y $OCC_{trimestre}$ al promedio móvil correspondiente a los meses de cada trimestre de cada año de la muestra.

4.2.1 Análisis Gráfico Ocupación Sector Silvoagropecuario y de Pesca.

Figura 4

Gráfico Ocupación Sector Silvoagropecuario y de Pesca



Nota. Gráfico construido a partir de la Tabla 3. En donde se observa el comportamiento de la ocupación en miles de personas a través de cada semestre en el horizonte de tiempo 2013-2023.

Como se puede observar en la Figura 4. Se puede evidenciar un claro punto de inflexión a partir del primer semestre del año 2020, lo cual coincide nuevamente con el efecto pandemia COVID 2019. Este análisis gráfico permite corroborar que el efecto externo de la pandemia sería una variable clave en la construcción del modelo econométrico

5. Construcción del Modelo

En este apartado, se detalla la construcción del modelo econométrico modificado de la curva de Phillips, aplicado al sector silvoagropecuario de Chile. Se describen las variables utilizadas, las abreviaturas que se emplearán en el análisis.

El objetivo es encontrar una relación entre las exportaciones silvoagropecuarias y de pesca y la ocupación de este mismo sector. Para ello nos basamos en la llamada Curva de Phillips Neo-Keynesiana. En su versión más simple, ella establece que la inflación (π) está determinada por el nivel de actividad (y) y las expectativas de inflación (π^e). Más formalmente se puede expresar, en términos utilizados por el Banco Central de Chile, en la siguiente ecuación:

$$\pi_t = \psi y_t + \gamma \pi_t^e$$

En este contexto, la relación entre inflación y actividad económica está gobernada por los parámetro ψ y γ . El primero, conocido como la pendiente de la Curva de Phillips, regula la intensidad de la relación entre la actividad y la inflación actuales. El segundo determina el impacto de la inflación esperada sobre la inflación actual y, a través de ella, la actividad futura sobre la inflación actual.

Teniendo este modelo como referencia se procede a construir el modelo econométrico haciendo las modificaciones respectivas de cada variable.

5.3 Variables del Modelo

Las variables a utilizar son las descritas anteriormente en el documento, en donde tenemos a las exportaciones silvoagropecuarias y de pesca medido bajo el índice construido ($EXPIND_{j,t}$) y la ocupación en miles de personas ($OCC_{j,t}$).

5.2 Variables Adicionales del Modelo

Además de las variables principales, se incluyen tres variables adicionales para capturar dinámicas relevantes:

5.2.1 Variable Dicotómica de Pandemia (P)

Es una variable dicotómica que toma el valor de 0 para los semestres previos a la pandemia de COVID-19 (2013-2019) y el valor de 1 para los semestres posteriores (2020-2023). Su propósito es captar los efectos estructurales que la pandemia pudo haber tenido en el sector, tales como restricciones comerciales, cambios en la demanda internacional y disrupciones en la fuerza laboral.

5.2.2 Variable Dicotómica de Estacionalidad (T)

Se decide agregar una variable dicotómica debido a la estacionalidad que se presenta a partir de los datos obtenidos de las tablas 1, 2 y 3 y de la evidencia gráfica observada en las figuras 3 y 4. En donde toma el valor de 1 para el primer semestre de cada año y 0 para los segundos semestres. El propósito es capturar esta estacionalidad para evitar desajustes en el modelo construido.

5.2.3 Variable de Demanda Externa

Dado que este estudio se basa en una adaptación de la Curva de Phillips Neo-Keynesiana, resulta fundamental incorporar una variable que represente, de forma indirecta, las expectativas de inflación. En este contexto, se propone utilizar el crecimiento porcentual del PIB de los principales socios comerciales de Chile como variable sustituta. Esta elección se fundamenta en la evidencia empírica que indica que el crecimiento económico de un país suele estar estrechamente asociado a un aumento en la demanda de importaciones, lo cual impacta directamente en las exportaciones del país proveedor. Varios estudios han documentado esta relación, destacando que un mayor

dinamismo económico internacional genera efectos positivos en los flujos comerciales, especialmente en sectores primarios como el agrícola y pesquero (Arora & Vamvakidis, 2005; Bussière, 2013; Devadoss, Holland, & Stodick, 2005; Krugman & Obstfeld, 2003).

La construcción de esta variable se logra a partir de la recolección de datos del Fondo Monetario Internacional (FMI), en donde se obtienen los PIB porcentuales anuales de los principales socios comerciales de Chile en el horizonte de tiempo definido entre los años 2013 y 2023. Para lograr una variable única del PIB se construye un PIB porcentual anual en base a un promedio ponderado de la siguiente manera:

$$PIB_{ponderado,t} = \sum_{i=1}^N w_{i,t} \cdot PIB_{i,t}$$

Donde:

$PIB_{ponderado,t}$ es el PIB ponderado en el año t

N es el número total de países considerados como principales socios comerciales de Chile

$w_{i,t}$ es el peso del país i en el comercio con Chile en el año t

$PIB_{i,t}$ es el PIB del país i en el año t .

Tabla 4

PIB Porcentual Anual Principales Socios Comerciales

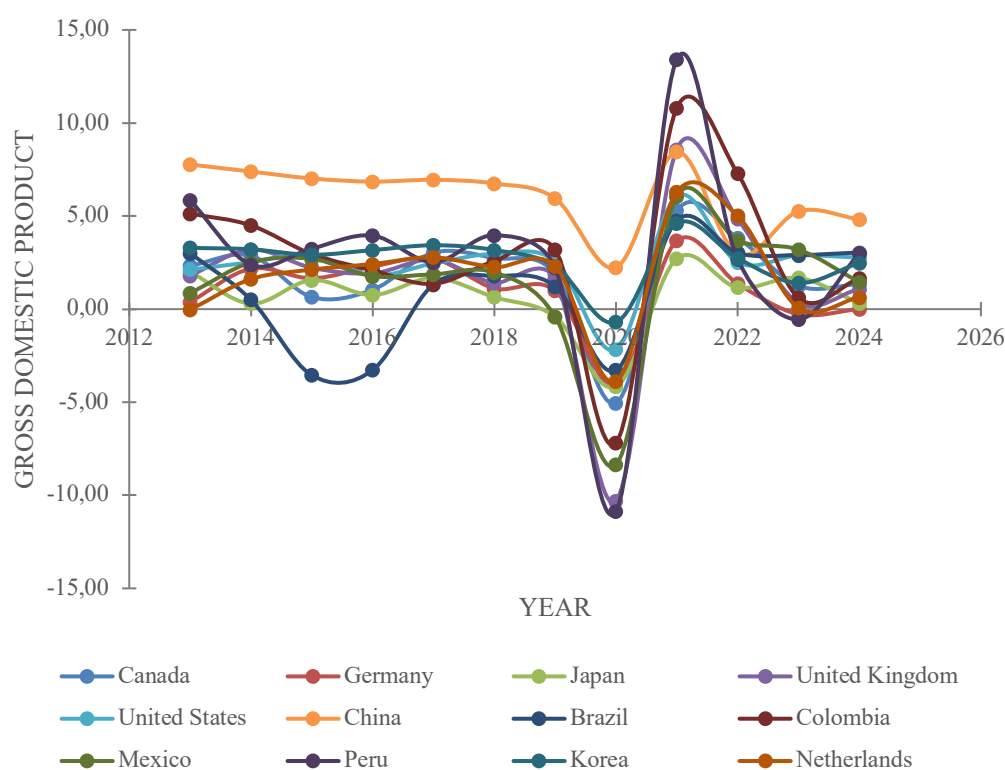
Country	2013 (%)	2014(%)	2015(%)	2016(%)	2017(%)	2018(%)	2019(%)	2020(%)	2021(%)	2022(%)	2023(%)	2024(%)
Canada	2,33	2,87	0,65	1,04	3,03	2,74	1,91	-5,04	5,29	3,82	1,25	1,34
Germany	0,39	2,17	1,66	2,29	2,71	1,12	0,99	-4,10	3,67	1,37	-0,26	0,01
Japan	2,01	0,30	1,56	0,75	1,68	0,64	-0,40	-4,17	2,71	1,16	1,68	0,32
United Kingdom	1,80	3,20	2,22	1,92	2,66	1,41	1,62	-10,30	8,58	4,84	0,34	1,08
United States	2,12	2,52	2,95	1,82	2,46	2,97	2,58	-2,16	6,06	2,51	2,89	2,77
China	7,77	7,39	7,02	6,85	6,95	6,75	5,95	2,24	8,45	2,95	5,25	4,82
Brazil	3,01	0,50	-3,55	-3,28	1,32	1,78	1,22	-3,28	4,76	3,02	2,91	3,04

Country	2013 (%)	2014(%)	2015(%)	2016(%)	2017(%)	2018(%)	2019(%)	2020(%)	2021(%)	2022(%)	2023(%)	2024(%)
Colombia	5,13	4,50	2,96	2,09	1,36	2,56	3,19	-7,19	10,80	7,29	0,61	1,64
Mexico	0,85	2,50	2,70	1,77	1,87	1,97	-0,39	-8,35	6,05	3,69	3,20	1,45
Peru	5,85	2,38	3,25	3,95	2,52	3,97	2,24	-10,87	13,42	2,68	-0,55	2,99
Korea	3,29	3,22	2,92	3,17	3,43	3,18	2,31	-0,70	4,61	2,73	1,40	2,49
Netherlands	-0,03	1,61	2,12	2,43	2,78	2,26	2,30	-3,88	6,28	5,01	0,07	0,63

Nota. Tabla de principales socios comerciales de Chile según el *flujo de comercio internacional (FCI)*. El FCI se obtiene de la suma de exportaciones FOB menos cobre y derivados (códigos 2603, 7402 y 7403, de acuerdo al *Arancel Aduanero Chileno*); más las importaciones CIF, que descuentan petróleo, combustibles y derivados (códigos 2709, 2710, 2711, 2712, 2713, 2714 y 2715, de acuerdo al *Arancel Aduanero Chileno*). Y los PIB porcentuales respectivos de cada año según el *Fondo Monetario Internacional (FMI)*.

Figura 5

Gráfico Comportamiento PIB Anual Principales Socios Comerciales



Nota. Gráfico construido a partir de la Tabla 4. De los principales Socios Comerciales según el *flujo de comercio internacional (FCI)*. El FCI se obtiene de la suma de exportaciones FOB menos cobre y derivados (códigos 2603, 7402 y 7403, de acuerdo al *Arancel Aduanero Chileno*); más las importaciones CIF, que descuentan petróleo, combustibles y derivados (códigos 2709, 2710, 2711, 2712, 2713, 2714 y 2715, de acuerdo al *Arancel Aduanero Chileno*). Y los PIB porcentuales respectivos de cada año según el *Fondo Monetario Internacional (FMI)*.

Tabla 5

Peso Anual de Principales Socios Comerciales

País	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Canadá	2,43%	2,28%	2,15%	2,17%	2,02%	1,84%	1,62%	1,56%	1,63%	1,41%	1,37%	1,65%
Alemania	3,94%	4,29%	3,85%	3,79%	3,68%	3,98%	4,07%	4,04%	3,56%	3,32%	2,73%	3,17%
Japón	6,51%	5,86%	5,92%	5,53%	5,62%	5,84%	6,16%	5,89%	4,89%	4,53%	4,55%	4,77%
Reino Unido	1,64%	1,58%	1,75%	1,62%	1,51%	1,41%	1,48%	1,50%	1,44%	0,00%	0,00%	0,00%
Estados Unidos	21,19%	19,54%	19,00%	19,74%	19,11%	18,86%	18,85%	19,00%	18,77%	17,43%	17,17%	18,57%
China	21,95%	23,14%	23,73%	25,03%	25,79%	25,91%	27,31%	28,24%	31,20%	34,82%	34,26%	31,52%
Brasil	7,02%	6,78%	6,27%	6,33%	6,91%	7,32%	7,47%	7,48%	6,69%	7,71%	8,10%	7,51%
Colombia	2,35%	2,37%	2,38%	2,22%	2,08%	2,40%	2,40%	2,28%	2,08%	2,04%	2,32%	1,83%
México	4,53%	4,31%	4,40%	4,54%	4,29%	4,15%	4,08%	3,91%	3,43%	3,63%	3,38%	3,14%
Perú	4,10%	4,01%	3,90%	3,60%	3,38%	3,14%	3,10%	3,31%	3,02%	3,09%	3,15%	3,21%
Corea del Sur	4,33%	4,43%	4,56%	4,71%	4,37%	4,15%	4,10%	3,61%	3,01%	3,05%	3,99%	4,56%
Países Bajos	2,31%	2,19%	2,20%	2,06%	2,27%	2,13%	2,25%	2,20%	1,94%	1,83%	1,80%	1,82%

Nota. Peso anual de los principales socios comerciales de Chile según el *flujo de comercio internacional (FCI)*. El FCI se obtiene de la suma de exportaciones FOB menos cobre y derivados (*códigos 2603, 7402 y 7403, de acuerdo al Arancel Aduanero Chileno*); más las importaciones CIF, que descuentan petróleo, combustibles y derivados (*códigos 2709, 2710, 2711, 2712, 2713, 2714 y 2715, de acuerdo al Arancel Aduanero Chileno*).

Nuevamente se puede observar a partir del análisis gráfico de la Figura 5. Que el efecto pandemia marca un punto de inflexión considerable en el año 2020, provocando crecimientos económicos negativos en los principales socios comerciales de Chile.

Una vez aplicando la ecuación de promedio ponderado se obtiene la siguiente data para la variable de demanda externa medida a partir del PIB ponderado de los socios comerciales de Chile ($PIB_{ponderado,t}$).

Tabla 6

PIB Ponderado de los Socios Comerciales ($PIB_{ponderado,t}$)

Semestre	PIB ponderado (%)	Semestre	PIB ponderado (%)
Semestre I-2013	3,59	Semestre II-2018	3,53
Semestre II-2013	3,65	Semestre I-2019	3,21
Semestre I-2014	3,57	Semestre II-2019	2,89
Semestre II-2014	3,48	Semestre I-2020	0,22

Semestre	PIB ponderado (%)	Semestre	PIB ponderado (%)
Semestre I-2015	3,31	Semestre II-2020	-2,45
Semestre II-2015	3,15	Semestre I-2021	2,22
Semestre I-2016	3,02	Semestre II-2021	6,89
Semestre II-2016	2,90	Semestre I-2022	4,94
Semestre I-2017	3,24	Semestre II-2022	2,98
Semestre II-2017	3,57	Semestre I-2023	3,01
Semestre I-2018	3,55	Semestre II-2023	3,05

Nota. Tabla de datos resultantes a partir de la aplicación del promedio ponderado de los principales socios comerciales de Chile. Para ello se utilizaron los datos expuestos en las tablas 4 y 5.

Los datos del PIB ponderado de los principales socios comerciales se encontraban en frecuencia anual. Para obtener series semestrales se siguió la premisa de que el valor anual refleja la actividad del segundo semestre (diciembre). Así, el valor del primer semestre se calculó como el promedio aritmético entre el PIB anual del año anterior y el del año corriente (ecuación 1). Esta interpolación lineal es consistente con recomendaciones de series macroeconómicas de alta frecuencia (Hamilton, 2020).

$$PIB_{1,t} = \frac{PIB_{ponderado,t-1} + PIB_{ponderado,t}}{2}, PIB_{2,t} = PIB_{ponderado,t}$$

De esta forma se obtuvo una serie semestral continua 2013-2023, preservando la tendencia anual y evitando la imposición de supuestos de estacionalidad más fuertes.

5.3 Modelo Econométrico Propuesto

Para facilitar el análisis y la presentación del modelo econométrico, se utilizarán las abreviaturas de las variable mencionadas anteriormente:

- $EXPIND_{j,t}$: Índice de Exportaciones silvoagropecuarias y de pesca, medido en USD/kg bruto en el semestre j del año t .
- $OCC_{j,t}$: Ocupación silvoagropecuaria y pesquera, medido en miles de personas en el semestre j del año t .

- P : Variable dicotómica para diferenciar entre periodos pre y postpandemia, toma los valores 0 y 1 respectivamente
- T : Variable dicotómica para diferenciar semestres y capturar estacionalidad en la serie de datos, primer semestre 1 y segundo semestre 0
- $PIB_{j,t}$: PIB ponderado correspondiente a los principales socios comerciales de Chile, medido porcentualmente (%) para el semestre j del año t .
- Con $j \in \{1,2\}$

El modelo econométrico adoptado se describe mediante la siguiente ecuación:

$$EXPIND_{j,t} = \beta_0 + \beta_1 OCC_{j,t} + \beta_2 PIB_{j,t} + \beta_3 P + \beta_4 T + \epsilon_{j,t}$$

Donde:

Variable Endógena: $EXPIND_{j,t}$

Variables Exógenas: $OCC_{j,t}$, $PIB_{j,t}$, P , T

Intercepto: β_0

Coeficientes Variables Exógenas: $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$

Error: $\epsilon_{j,t}$

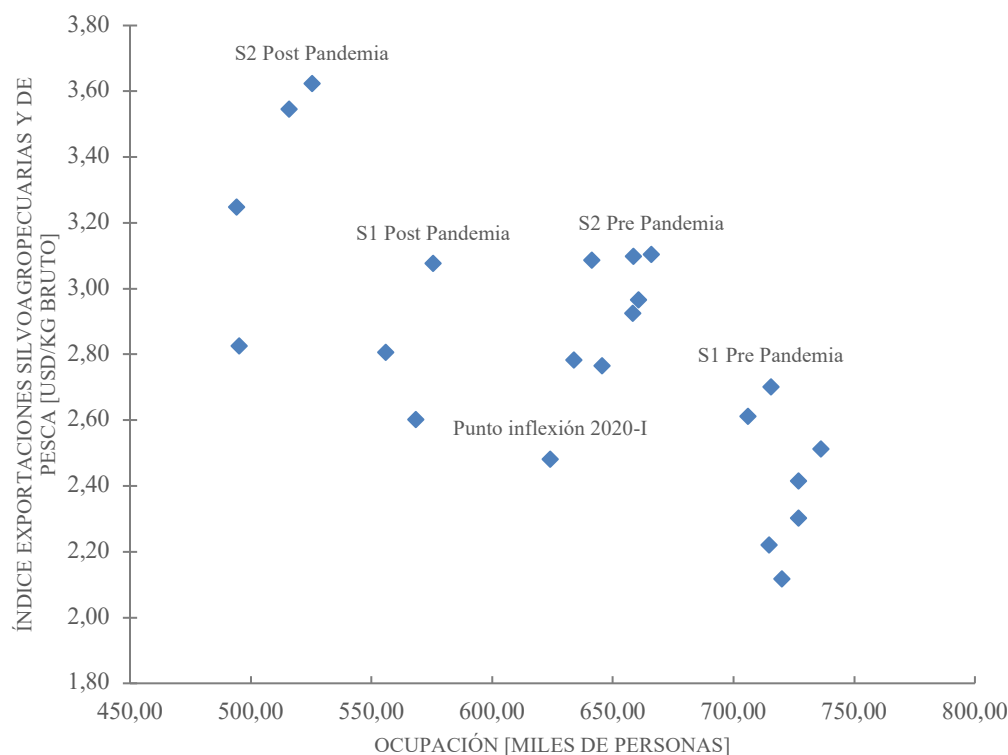
5.4 Procedimiento

Primero que todo se procedió a determinar si las variables elegidas representan una tendencia con respecto a la variable endógena.

5.4.1 Análisis de Visualización Gráfica: Exportaciones vs. Ocupación

Figura 6

Relación entre Exportaciones y Ocupación en el Sector Silvoagropecuario y de Pesca



Nota. Gráfico de dispersión construido a partir de la relación entre el índice de exportaciones $EXPIND_{j,t}$ (USD/kg bruto) y la ocupación $OCC_{j,t}$ (miles de personas).

La Figura 6. muestra la relación entre las exportaciones silvoagropecuarias (en USD/kg bruto) y la ocupación en el sector (en miles de personas). A partir de la inspección visual, se destacan las siguientes observaciones:

Cuatro grupos distintivos. A partir de la representación gráfica de la relación entre la ocupación en el sector silvoagropecuario y de pesca y el índice de exportaciones correspondiente, es posible identificar cuatro grupos distintivos de comportamiento.

El primer grupo se sitúa hacia la izquierda del gráfico, con niveles de ocupación que fluctúan entre las 400 mil y 520 mil personas. Este grupo agrupa los segundos semestres desde el

año 2020 en adelante, y se caracteriza por seguir una trayectoria cóncava, con una forma semejante a una tendencia logarítmica. Se aprecia una cierta dispersión hacia niveles inferiores de ocupación, lo que podría indicar mayor variabilidad en las exportaciones dentro de este rango.

El segundo grupo, también ubicado hacia la izquierda, pero más próximo al centro del gráfico —identificado en la Figura 6 como “S1 Postpandemia”—, incluye valores de ocupación entre 550 mil y 580 mil personas. Este grupo describe una relación convexa y decreciente, al incluir el denominado “Punto de inflexión 2020-I” destacado en la figura. Lo anterior sugiere que, en este tramo, mayores niveles de ocupación podrían estar asociados a una disminución en el índice de exportaciones.

El tercer grupo, etiquetado como “S2 Pre Pandemia” en la Figura 6 y ubicado en la zona central del gráfico, presenta ocupación entre las 630 mil y 670 mil personas. En este caso, no se aprecia una tendencia clara, ya que los puntos se encuentran relativamente dispersos, sin una dirección definida en la relación entre ambas variables.

Finalmente, hacia la parte inferior derecha del gráfico se encuentra el cuarto grupo, correspondiente a los “S1 Pre Pandemia”. Este grupo concentra los valores más altos de ocupación, entre 700 mil y 740 mil personas, pero al mismo tiempo exhibe los niveles más bajos en el índice de exportaciones silvoagropecuarias y de pesca.

Análisis gráfico en su conjunto. Al considerar de manera conjunta los cuatro grupos previamente identificados, se puede observar con claridad una tendencia lineal decreciente en la relación entre la ocupación en el sector silvoagropecuario y de pesca y el índice de exportaciones correspondiente.

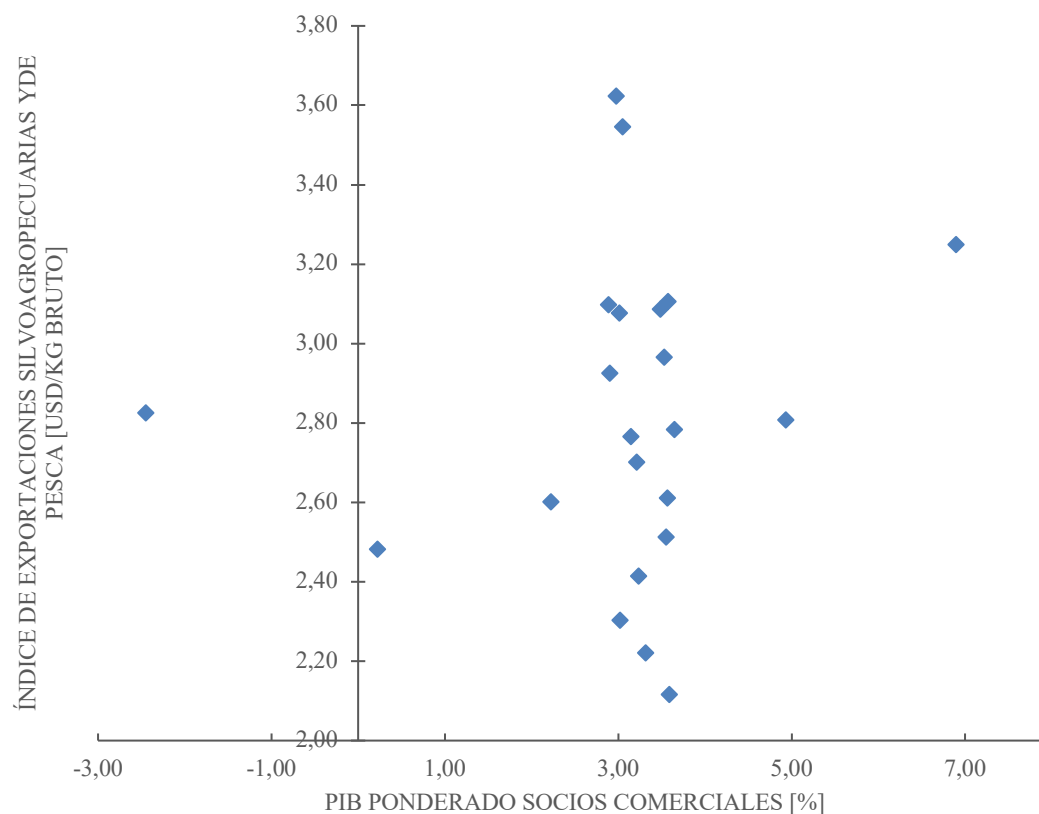
Si bien existen ciertos niveles de dispersión en algunos subconjuntos de datos, especialmente en los extremos del gráfico, en términos generales se evidencia una tendencia visual

consistente de carácter negativo, lo que sugiere que a mayores niveles de ocupación sectorial, tiende a registrarse un menor nivel del índice de exportaciones.

5.4.2 Análisis de Visualización Gráfica: Exportaciones vs. PIB Ponderado

Figura 7

Relación Exportaciones Silvoagropecuarias y de Pesca y PIB Socios Comerciales



Nota. Gráfico de dispersión construido a partir de la relación entre el índice de exportaciones $EXPIND_{j,t}$ (USD/kg bruto) y el PIB ponderado de los socios comerciales $PIB_{j,t}$ (%).

Distribución y Tendencia General: Se observa una dispersión de los puntos sin una tendencia lineal clara entre el PIB ponderado y el índice de exportaciones.

Sin embargo, hay una posible relación no lineal, sugiriendo que la elasticidad de las exportaciones con respecto al crecimiento de los socios comerciales podría depender de otros factores adicionales.

Posible Relación No Lineal: En niveles de PIB ponderado entre el -3% y el 2%, los valores del índice de exportaciones muestran una dispersión considerable, mientras que para valores entre el 3% al 5%, estos se concentran de manera más agrupada.

La presencia de datos en forma de "U" sugiere la posibilidad de una relación cuadrática entre ambas variables, lo que justificaría la incorporación de un término cuadrático en el modelo econométrico.

Posible Sesgo en el Análisis Gráfico: Es importante tener en cuenta que el PIB ponderado anual se está utilizando para el segundo semestre de cada año y el primer semestre como el promedio de los PIB ponderados del año anterior con el del año correspondiente, lo que podría introducir un sesgo en el análisis gráfico.

Dado que el crecimiento económico no necesariamente se distribuye de manera homogénea dentro de cada año, el uso de un valor anual promedio podría estar ocultando variaciones interanuales en la relación entre el PIB ponderado y las exportaciones.

6. Estimación del Modelo

6.1 Ajuste Logarítmico y Cuadrático al Modelo Propuesto

En este apartado se presenta la evaluación del modelo propuesto para analizar la relación entre exportaciones ($EXPIND_{j,t}$) y las variables independientes: ocupación ($OCC_{j,t}$), PIB ponderado de los socios comerciales ($PIB_{j,t}$), la variable indicadora de la pandemia (P , 1 si ocurre, 0 en caso contrario) y la variable dicotómica que captura la estacionalidad (T). Para mejorar las propiedades estadísticas del modelo y garantizar el cumplimiento de supuestos fundamentales de regresión lineal (como la homocedasticidad y normalidad de los residuos), se decidió aplicar una transformación logarítmica a la variable de ocupación ($OCC_{j,t}$). Así mismo, dada la inspección gráfica preliminar sugirió que la relación entre índice de exportaciones y PIB no era estrictamente lineal, por lo que dada la presencia de datos en forma cóncava y convexa, se añade un término cuadrático a la variable del PIB de los socios comerciales ($PIB_{j,t}$) manteniendo el término lineal, además permite quitar la negatividad de algunos datos. Este término permite atenuar los efectos de valores extremos y no linealidades, favoreciendo una relación más proporcional entre las variables y reduciendo potenciales problemas de heterocedasticidad.

Bajo estos nuevos ajuste el modelo propuesto queda de la siguiente manera:

$$EXPIND_{j,t} = \beta_0 + \beta_1 \log(OCC)_{j,t} + \beta_2 PIB_{j,t} + \beta_3 PIB_{j,t}^2 + \beta_4 P + \beta_5 T + \epsilon_{j,t}$$

En primera instancia se analizan los estadísticos correspondientes a los coeficientes de las variables propuestas, Sus resultados son los siguientes:

6.1.1 Resultados del Modelo Propuesto

Tabla 7

Resultados Estadísticos Coeficientes Variables Modelo Propuesto

Variable	Coeficiente	Error Estándar	Valor t	Valor p	Significancia
Intercepto	5,0341	12,251	0,411	0,687	No significativa
$\log(OCC)_{j,t}$	-0,355	1,889	-0,188	0,853	No significativa
$PIB_{j,t}$	0,149	0,044	3,378	0,004	Significativa
$PIB^2_{j,t}$	-0,020	0,009	-2,248	0,039	Significativa
T	-0,580	0,215	-2,698	0,016	Significativa
P	0,417	0,429	0,972	0,345	No significativa

Nota. Resultados obtenidos mediante el programa R-Studio del Modelo Propuesto **Tabla 8**

Resultados Ajuste del Modelo Propuesto

Métrica	Valor
R² (R cuadrado)	0,830
R² ajustado	0,776
Error estándar residual	0,187
Grados de libertad (DF)	16
Estadístico F	15,58
Valor p (modelo global)	1,18E-05
Mínimo Residual	-0,261
1er Cuartil Residual	-0,120
Mediana Residual	0,006
3er Cuartil Residual	0,115
Máximo Residual	0,319

Nota. Resultados obtenidos mediante el programa R-Studio del Modelo Propuesto

De la Tabla 7. El coeficiente negativo (-0,355) de la variable $\log(OCC)_{j,t}$ sugiere que un aumento en la ocupación silvoagropecuaria podría estar asociado con una disminución en el precio de exportación por tonelada, aunque no es estadísticamente significativo ($p = 0,687$).

La relación negativa de $PIB_{j,t}^2$ (-0,020, $p = 0,039$) sugiere que el efecto del crecimiento de los socios comerciales podría tener una relación no lineal con las exportaciones chilenas. Esta variable es marginalmente significativa, lo que indica que podría haber una relación cuadrática.

La variable dicotómica de estacionalidad T también muestra significancia ($p = 0,016$), con un coeficiente negativo (-0,580). Esto indica que durante el primer semestre, el índice de exportaciones es significativamente menor que en el segundo semestre. Este resultado refuerza la existencia de efectos estacionales en las exportaciones.

Por otro lado, la variable que captura el efecto pandemia P , entrega que su efecto no es significativo ($p = 0,345$), lo que sugiere que la pandemia no tuvo un impacto fuerte en los precios de exportación por kilogramo bruto dentro del período analizado.

Desde la Tabla 8 se puede analizar que el modelo tiene un sólido poder explicativo con un $R^2 = 0,830$, lo que indica que aproximadamente el 83% de la variabilidad en el índice de exportaciones (USD/kg bruto) es explicada por las variables independientes.

El R^2 ajustado = 0,776 muestra que el modelo sigue siendo robusto incluso después de ajustar por el número de predictores.

El estadístico F (15,58, $p < 0,001$) confirma que el modelo es estadísticamente significativo en su conjunto. Por otro lado el error estándar residual de 0,187 indica el nivel de dispersión de los residuos en torno a la línea de regresión. La distribución de los residuales muestra valores centrados en torno a cero, lo cual sugiere un buen ajuste del modelo.

6.2 Modificación del Modelo Propuesto

Dado que los resultados de la Tabla 7 evidencia que la variable dicotómica P , que diferencia los periodos de pre y post-pandemia tomando como punto de inflexión el primer semestre del año 2020, no es significativa, se decide removerla del modelo propuesto para lograr un mejor resultado en las significancia de las variables. Para este caso el modelo queda de la siguiente manera:

$$EXPIND_{j,t} = \beta_0 + \beta_1 \log(OCC)_{j,t} + \beta_2 PIB_{j,t} + \beta_3 PIB_{j,t}^2 + \beta_4 T + \epsilon_{j,t}$$

Dejando solo como variables exógenas la ocupación, el PIB de los socios comerciales, el PIB de este mismo en términos cuadráticos y la dicotómica que captura la estacionalidad de la serie.

6.2.1 Resultados del Modelo Modificado

Tabla 9

Resultados Estadísticos Coeficientes Variables modelo Modificado

Variable	Estimación	Error Estándar	Valor t	Valor p	Significancia
Intercepto	16,654	2,686	6,200	9,70E-06	Muy significativa
$\log(OC)_t$	-2,146	0,421	-5,094	9,01E-05	Muy significativa
$PIB_{S_{n,t}}$	0,157	0,043	3,638	2,03E-03	Significativa
$PIB_{S_{n,t}}^2$	-0,025	0,008	-2,984	8,33E-03	Significativa
T	0,389	0,089	-4,389	4,00E-04	Muy significativa

Nota. Resultados obtenidos mediante el programa R-Studio del Modelo Modificado **Tabla 10**

Resultado Ajuste del Modelo Modificado

Métrica	Valor
R² (R cuadrado)	0,820
R² ajustado	0,780
Error estándar residual	0,187
Grados de libertad (DF)	17

Métrica	Valor
Estadístico F	19,30
Valor p (modelo global)	3,81E-06
Mínimo Residual	-0,280
1er Cuartil Residual	-0,070
Mediana Residual	0,010
3er Cuartil Residual	0,146
Máximo Residual	0,292

Nota. Resultados obtenidos mediante el programa R-Studio del Modelo Modificado

El coeficiente de la variable $\log(OCC)_{j,t}$ indica que un aumento en la ocupación del sector silvoagropecuario está asociado con una disminución en el índice de exportaciones (-2,146), con un efecto muy significativo ($p = 0,000091$). Luego, el coeficiente de la variable $PIB_{j,t}$ muestra una relación positiva con la variable dependiente en cuestión (0,157), con un impacto significativo ($p = 0,00203$). Por otro lado el coeficiente de la variable $PIB_{j,t}^2$ (-0,025), aunque su impacto es levemente menos significativo ($p = 0,00833$), indica estadísticamente una relación no lineal con el índice de exportaciones. Finalmente la variable dicotómica T indica que el primer semestre los precios tienden a ser significativamente más bajos que el segundo ($p = 0,0004$), lo que sugiere un patrón estacional en los datos.

Después, en la Tabla 10, se puede observar los resultados del ajuste del modelo modificado en donde el R^2 de 0,820 indica que el 82,0% de la variabilidad en el índice de exportaciones (USD/kg bruto) es explicada por las variables independientes, lo que sugiere un buen poder predictivo del modelo. El R^2 ajustado de 0,780 confirma que el modelo sigue siendo robusto, incluso después de considerar el número de predictores.

El estadístico F (19,30, $p < 0,001$) muestra que el modelo es altamente significativo en su conjunto. El error estándar residual de 0,187 es bajo, lo cual respalda la precisión del modelo.

La eliminación de la variable "Pandemia" no afectó significativamente la capacidad explicativa del modelo, ya que los valores de R^2 y el error estándar residual se mantuvieron

similares. Los residuos están centrados en torno a cero, lo que sugiere que el modelo no presenta problemas graves de ajuste.

6.2.2 Normalidad del Modelo Modificado

Dado que los resultados del “Modelo Modificado” presentaron un buen ajuste, se procede aplicar el test de normalidad. El test de Shapiro-Wilk se utiliza para evaluar si una muestra de datos sigue una distribución normal. En este caso, se aplicó el test sobre los residuos del modelo de regresión, ya que la suposición de normalidad de los residuos es un requisito clave para la validez de los modelos lineales.

Tabla 11

Resultado Test de Normalidad Shapiro-Wilk

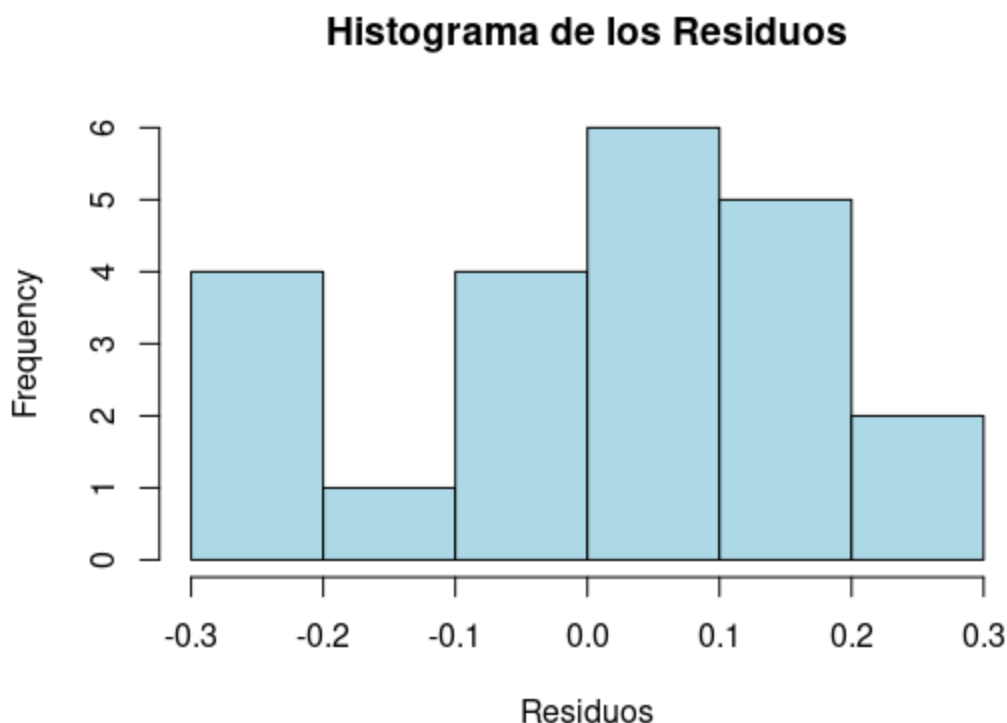
Test	W	p-valor
Shapiro-Wilk	0,939	0,185

Nota. Resultados obtenidos mediante el programa R-Studio del Modelo Modificado

El resultado obtenido en la Tabla 11 indica un estadístico $W = 0,935$ y un $p\text{-valor} = 0,185$. Dado que el $p\text{-valor}$ es considerablemente mayor que el umbral típico de 0,05, no se puede rechazar la hipótesis nula de normalidad de los residuos. Esto sugiere que los residuos del modelo siguen una distribución aproximadamente normal, lo que respalda la validez del modelo y sugiere que los supuestos de regresión lineal están siendo cumplidos en términos de normalidad.

Figura 8

Histograma de los Residuos del Modelo Modificado



Nota. Histograma construido mediante el programa R-Studio del Modelo Modificado.

6.2.3 Análisis de los Test Aplicados al Modelo

Test de Breusch-Pagan para Heterocedasticidad

El test de Breusch-Pagan se utiliza para evaluar la presencia de heterocedasticidad en los residuos del modelo, es decir, si la varianza de los errores es constante o no.

En este caso, tal como se observa en la tabla de resultados de la Tabla 12, el test arroja un estadístico BP = 3,537 con 4 grados de libertad y un p-valor = 0,472. Dado que el valor p es muy superior al nivel de significancia convencional ($\alpha = 0,05$), no se rechaza la hipótesis nula de varianza constante. Por tanto, no se observa evidencia estadísticamente significativa de heterocedasticidad en los errores del modelo. Esta conclusión respalda la validez de los coeficientes de regresión y de sus inferencias.

Tabla 12*Resultados Test Heterocedasticidad Breusch-Pagan*

Test	BP	p-valor
Breusch-Pagan	3,537	0,472

Nota. Resultados obtenidos mediante el programa R-Studio del Modelo Modificado

Factor de Inflación de la Varianza (VIF) para Multicolinealidad

El VIF (Variance Inflation Factor) evalúa la presencia de multicolinealidad entre las variables explicativas del modelo. Valores superiores a 10 suelen indicar una alta colinealidad.

Los resultados se observan en la Tabla 13.

Tabla 13*Resultados Test de Multicolinealidad (VIF)*

Variable	VIF
$\log(OC)_t$	1,845
$PIB_{Sn,t}$	3,168
$PIB_{Sn,t}^2$	3,410
T	1,248

Nota. Resultados obtenidos mediante el programa R-Studio del Modelo Modificado

Dado que todos los valores de VIF son inferiores a 10, no hay evidencia de una fuerte multicolinealidad en el modelo, por lo que las variables pueden ser consideradas independientes entre sí y aún más por debajo del umbral conservador de 5.

Test de Durbin-Watson para Autocorrelación de los Errores

El test de Durbin-Watson se utiliza para detectar la presencia de autocorrelación en los residuos del modelo. Un valor cercano a 2 indica ausencia de autocorrelación, mientras que valores alejados de este pueden indicar correlación positiva o negativa.

Tabla 14*Resultados Test Autocorrelación Durbin-Watson*

Test	DW	p-valor
Durbin-Watson	1,24	0,0210

Nota. Resultados obtenidos mediante el programa R-Studio del Modelo Modificado

Durante el análisis de las exportaciones silvoagropecuarias y de pesca se observó una clara oscilación semestral, con montos más altos en los primeros semestres y más bajos en los segundos. Este patrón sugiere la presencia de estacionalidad, lo que podría generar autocorrelación en los residuos del modelo. Para verificarlo, se aplicó el test de Durbin-Watson (DW), cuyo estadígrafo varía entre 0 y 4, donde un valor cercano a 2 indica ausencia de autocorrelación. En este caso, Como el valor p es menor que el nivel de significancia habitual ($\alpha = 0,05$), se rechaza la hipótesis nula de ausencia de autocorrelación, concluyéndose que los residuos presentan autocorrelación positiva de primer orden. El estadístico DW de 1,24, situado por debajo del valor crítico de 2, confirma este patrón.

La presencia de autocorrelación implica que los errores estándar convencionales podrían estar subestimados, afectando la validez de las pruebas de significancia.

Corrección de autocorrelación con errores robustos Newey–West

Dado que el test de Durbin–Watson indicó la presencia de autocorrelación positiva en los residuos del modelo cuadrático ($p = 0,021$), se aplicó una corrección mediante errores estándar robustos de Newey–West (Newey & West, 1987). Este método permite obtener inferencias válidas aun cuando los residuos presentan heterocedasticidad o autocorrelación de orden desconocido, utilizando una estimación consistente de la matriz de varianzas y covarianzas del estimador de mínimos cuadrados ordinarios (MCO).

Para este caso, se consideró un rezago de primer orden ($lag = 1$), lo cual es coherente con la estructura de datos semestrales y el resultado del test de autocorrelación. La implementación se

realizó utilizando la función *NeweyWest()* del paquete *sandwich* en R, ajustando posteriormente las pruebas *t* con la función *coefest()* del paquete *lmtest*.

Los resultados corregidos por errores robustos se muestran a continuación:

Tabla 15

Resultados Modelo Modificado con Corrección de Errores Robustos (Newey-West)

Variable	Estimación	Error Estándar	Valor t	Valor p	Significancia
Intercepto	16,654	2,686	5,910	1,73E-05	Muy significativa
$\log(OCC)_t$	-2,146	0,440	-4,860	1,46E-04	Muy significativa
$PIB_{Sn,t}$	0,157	0,025	6,250	8,82E-06	Muy Significativa
$PIB_{Sn,t}^2$	-0,025	0,006	-4,050	8,24E-04	Muy Significativa
<i>T</i>	0,389	0,073	-5,360	5,17E-05	Muy significativa

Nota. Resultados obtenidos mediante el programa R-Studio del Modelo Modificado aplicando la función *NeweyWest()* del paquete *sandwich*.

Todos los coeficientes resultaron altamente significativos incluso tras la corrección, confirmando la robustez de los hallazgos del modelo ante la presencia de autocorrelación. Esto fortalece la validez estadística de las conclusiones obtenidas, al evitar errores tipo I derivados de una subestimación de la variabilidad de los estimadores.

7. Análisis de los Resultados

7.1 Interpretación Coeficiente de la Ocupación Silvoagropecuaria y de Pesca

La variable ocupación agrícola fue incorporada al modelo en su forma logarítmica natural $\log(OCC)_{j,t}$, lo cual permite interpretar su coeficiente como una elasticidad semi-logarítmica: es decir, el cambio porcentual en la ocupación se asocia con un cambio absoluto en el precio de exportación (USD/kg bruto), manteniendo las demás variables constantes.

El coeficiente estimado para $\log(OCC)_{j,t}$ fue $-2,1458$ ($p < 0,001$), lo cual implica que un aumento del 1 % en la cantidad de personas ocupadas en el sector agrícola se asocia, en promedio,

con una disminución de aproximadamente 0,0215 USD por kilogramo bruto en el precio de exportación. Esta relación es negativa y estadísticamente significativa, lo que sugiere un efecto relevante de la fuerza laboral agrícola sobre el comportamiento de los precios.

Desde una perspectiva económica, este resultado puede interpretarse como una dinámica de oferta interna: a medida que aumenta la cantidad de personas trabajando en el sector agrícola, es razonable suponer un incremento en la producción total, lo que genera una mayor disponibilidad de bienes exportables. En mercados internacionales con demanda relativamente inelástica en el corto plazo, este aumento en la oferta puede traducirse en una presión a la baja sobre los precios (Koo & Karemera, 1991). Además, este efecto puede verse amplificado si no hay una expansión proporcional de la demanda externa o si existe competencia internacional en productos similares.

El uso de la transformación logarítmica también contribuye a mitigar posibles efectos no lineales o variabilidad asimétrica en los datos de ocupación, estabilizando la varianza y mejorando el ajuste general del modelo. La significancia del coeficiente incluso tras aplicar corrección robusta por autocorrelación (Newey–West) refuerza la validez estadística de este hallazgo.

En resumen, los resultados sugieren que la ocupación agrícola cumple un rol significativo en la determinación del precio de exportación, operando principalmente a través del canal de oferta, y debe ser considerada en cualquier análisis de política pública relacionado con producción agrícola y comercio exterior.

7.2 Interpretación de los Coeficientes del PIB y su Término Cuadrático

En el modelo final estimado, el Producto Interno Bruto (PIB) ponderado de los principales socios comerciales fue incorporado como una variable explicativa de segundo grado, incluyendo tanto su valor lineal ($PIB_{j,t}$) como cuadrático ($PIB_{j,t}^2$). Esta formulación permitió capturar una

posible relación no lineal entre el crecimiento económico externo y el precio de exportación agrícola, expresado en dólares por kilo bruto (USD/kg bruto).

El coeficiente del término lineal del PIB fue positivo ($\beta_2 = 0,157$; $p = 0,002$), lo cual indica que, en los niveles bajos y medios del PIB ponderado, un aumento en esta variable está asociado a un incremento en el precio de exportación. Específicamente, manteniendo constantes las demás variables del modelo, un aumento de una unidad porcentual en el crecimiento del PIB de los principales socios comerciales se asocia con un aumento promedio de 0,157 USD por kilogramo bruto exportado, cuando se ignora el efecto cuadrático.

Sin embargo, este efecto positivo del PIB no es constante. El coeficiente negativo del término cuadrático ($\beta_3 = -0,025$; $p = 0,008$) sugiere que existe una relación cóncava ($\cap$) entre el PIB y el precio. Es decir, a medida que el crecimiento externo continúa aumentando, su efecto sobre el precio se atenúa hasta alcanzar un punto de máximo, y luego comienza a revertirse, reduciendo el precio de exportación. Este comportamiento es consistente con una elasticidad decreciente de la demanda externa, donde crecimientos moderados impulsan la demanda por productos agrícolas chilenos, pero crecimientos muy altos podrían coincidir con un aumento global en la oferta, presionando los precios a la baja.

El punto de inflexión de esta curva puede obtenerse derivando la función cuadrática respecto al PIB y resolviendo cuando la derivada se iguala a cero:

$$\frac{\partial(EXPIND_{j,t})}{\partial(PIB_{j,t})} = \beta_2 + 2\beta_3 \cdot PIB = 0 \Rightarrow PIB^* = -\frac{0,157}{2 \cdot (-0,0248)} \approx 3,16\%$$

Esto implica que el precio de exportación alcanza su valor máximo cuando el PIB ponderado alcanza aproximadamente un 3,16 % de crecimiento. Más allá de ese punto, mayores tasas de crecimiento económico externo se relacionan con una disminución en el precio agrícola.

Esta especificación cuadrática mejora la capacidad explicativa del modelo y se alinea tanto con la evidencia empírica como con la teoría económica relacionada a la competencia internacional en mercados agrícolas y a la sensibilidad de precios frente a choques externos.

7.3 Interpretación Coeficiente de Temporalidad Semestral

a variable dicotómica T fue incluida en el modelo para capturar posibles efectos estacionales en los precios de exportación agrícola, específicamente diferenciando entre el primer semestre del año (junio) y el segundo semestre (diciembre). Esta variable toma el valor 1 para los semestres de junio y 0 para los de diciembre.

El coeficiente estimado para T fue $-0,3898$ ($p < 0,001$), lo cual indica que, manteniendo constantes el resto de las variables del modelo, los precios promedio de exportación en los semestres de junio son aproximadamente 0,39 USD por kilogramo bruto más bajos que en los semestres de diciembre. Esta diferencia es estadísticamente significativa y consistente incluso tras la corrección por autocorrelación mediante errores robustos de Newey–West.

Desde el punto de vista económico, este resultado sugiere un patrón estacional sistemático en los precios, el cual podría estar influido por factores como los ciclos de cosecha, las ventanas de exportación, la demanda internacional asociada a estaciones del hemisferio norte, o variaciones en los costos logísticos. Por ejemplo, es posible que una mayor oferta interna durante el primer semestre (asociada a la producción agrícola nacional) confluya con menor presión de demanda en mercados externos, provocando una caída relativa de precios. Alternativamente, diciembre podría coincidir con una menor oferta y una mayor demanda asociada a cierres de año y festividades internacionales, impulsando los precios al alza.

Este hallazgo resalta la importancia de considerar la estacionalidad en los modelos de precios agrícolas, ya que su omisión podría sesgar las estimaciones de los efectos principales de las variables económicas incluidas.

7.4 Comparación Conceptual Entre la Curva de Phillips Neo-Keynesiana y el Modelo Estimado Para el Sector Silvoagropecuario Chileno

La Curva de Phillips neo-keynesiana (NKPC) parte de tres premisas clave: (a) precios internos rígidos que se ajustan lentamente a la demanda, (b) una brecha de producto (o de desempleo) que presiona los costos marginales, y (c) la inflación esperada que “ancla” la dinámica futura de precios (Galí, 2015).

En contraste, el mercado internacional de bienes primarios —donde opera gran parte de la oferta silvoagropecuaria chilena— se caracteriza por (i) precios altamente flexibles fijados en bolsas o contratos spot, (ii) precio-tomadores pequeños (Chile $\approx 2\%$ del comercio mundial agrícola), y (iii) shocks de oferta interna que desplazan la curva de precios en lugar de la demanda. Estas diferencias producen tres quiebres conceptuales que explican el signo inverso y la curvatura observada en el modelo estimado.

7.4.1 Flexibilidad de Precios y Condición Precio-Tomador

El primer quiebre conceptual radica en la estructura de precios. Mientras que la NKPC se basa en la hipótesis de rigidez nominal, en la que los precios internos se ajustan de forma paulatina ante presiones de demanda, el sector exportador silvoagropecuario se enfrenta a precios internacionales sumamente flexibles. Estos precios se determinan en mercados globales altamente competitivos, como bolsas de futuros o contratos internacionales, donde rige la Ley de un Precio: un mismo bien, homogéneo y transable, debe venderse al mismo precio en todos los mercados una vez ajustado por tipo de cambio y costos de transacción (Krugman, Obstfeld, & Melitz, 2022).

En este contexto, los exportadores chilenos no poseen poder de mercado para fijar precios, sino que actúan como agentes precio-tomadores, es decir, aceptan el precio fijado internacionalmente. Esto contrasta fuertemente con la lógica de la NKPC, donde se espera que aumentos en la ocupación eleven los costos y presionen los precios al alza. En cambio, en el modelo estimado, los precios reaccionan en el sentido opuesto, ya que un incremento de la oferta (vía mayor empleo o producción) no sube los precios, sino que los reduce, al aumentar la disponibilidad del producto en un mercado con precio exógeno.

7.4.2 El Empleo Como Indicador de Oferta, No de Demanda

El segundo quiebre conceptual se refiere al rol económico del empleo en el sector analizado. En la NKPC, el desempleo funciona como indicador de presión sobre la demanda agregada interna. Sin embargo, en el presente estudio, la ocupación en el sector silvoagropecuario debe interpretarse como proxy de la oferta productiva. Es decir, mayores niveles de ocupación no implican un sobrecalentamiento de la economía, sino un aumento de la producción y de las exportaciones disponibles.

Este matiz es crucial. Si bien en la teoría clásica mayor empleo puede generar inflación al elevar la demanda, en este modelo la mayor ocupación implica una expansión de la oferta de productos primarios, cuya consecuencia —dado un precio externo fijo o relativamente inelástico— es una reducción en el precio percibido por los productores. Esta dinámica explica por qué el coeficiente estimado de $\log(OCC)_{j,t}$, es negativo: un aumento en el empleo implica un aumento en la producción, y por tanto, una presión a la baja sobre los precios de exportación, fenómeno totalmente consistente con la teoría del equilibrio en mercados de competencia perfecta.

7.4.3 Expectativas Externas y Efecto Prebisch–Singer

El tercer quiebre conceptual está relacionado con la formulación de expectativas. La NKPC incorpora la inflación esperada como un ancla que guía la dinámica futura de precios, normalmente influida por las metas de inflación definidas por el banco central. En el presente estudio, en cambio, se utilizó el PIB ponderado de los principales socios comerciales como proxy de la demanda externa anticipada, y esta variable mostró un comportamiento no lineal. Específicamente, al incorporar su cuadrado ($PIB_{j,t}^2$), se observó una relación con curvatura, donde aumentos iniciales del PIB externo elevan el precio de exportación, pero a partir de cierto umbral, mayores crecimientos generan una caída en el precio.

Este resultado se alinea con el Efecto Prebisch-Singer, que postula que los precios de los bienes primarios tienden a deteriorarse en el largo plazo en relación con los precios de bienes manufacturados, debido a su baja elasticidad-ingreso de la demanda (Prebisch, 1950; Singer, 1950; Harvey et al., 2010). Así, incluso cuando los socios comerciales experimentan un mayor crecimiento económico, su demanda adicional por productos agrícolas puede no incrementarse en la misma proporción, lo que reduce la presión alcista sobre los precios internacionales. En este sentido, el modelo captura de manera empírica una limitación estructural en el crecimiento de la demanda externa, coherente con la teoría estructuralista del comercio internacional.

8. Evolución Futura del Índice de Exportación

Con el objetivo de estimar la evolución futura del índice de exportaciones silvoagropecuarias y de pesca expresado en USD/kg bruto, se aplicó un modelo ARIMAX que incorpora la dinámica temporal de la serie junto con variables explicativas relevantes. Para ello, se utilizó la función *auto.arima()* del paquete *forecast* en R, considerando como variable dependiente la serie semestral del índice entre los años 2013 y 2023, y como regresores externos el logaritmo

de la ocupación sectorial ($\log(OCC)_{j,t}$), el PIB de los principales socios comerciales ($PIB_{j,t}$), el PIB cuadrático de los principales socios comerciales ($PIB_{j,t}^2$) y una variable dummy de estacionalidad (T).

8.1 Resultados Valores Proyectados

A partir del modelo ajustado, se realizó una proyección a tres años (equivalente a seis semestres), replicando los últimos valores observados de los regresores como una aproximación para los valores futuros. Los resultados mostraron una leve tendencia decreciente en el índice proyectado, con un valor estimado inicial de 2,91 (USD/kg bruto) y un valor final de 3,31 (USD/kg bruto) en el horizonte proyectado, acompañado de intervalos de confianza al 80% y 95%.

Tabla 16

Resultados Valores Índice Exportaciones Proyectados

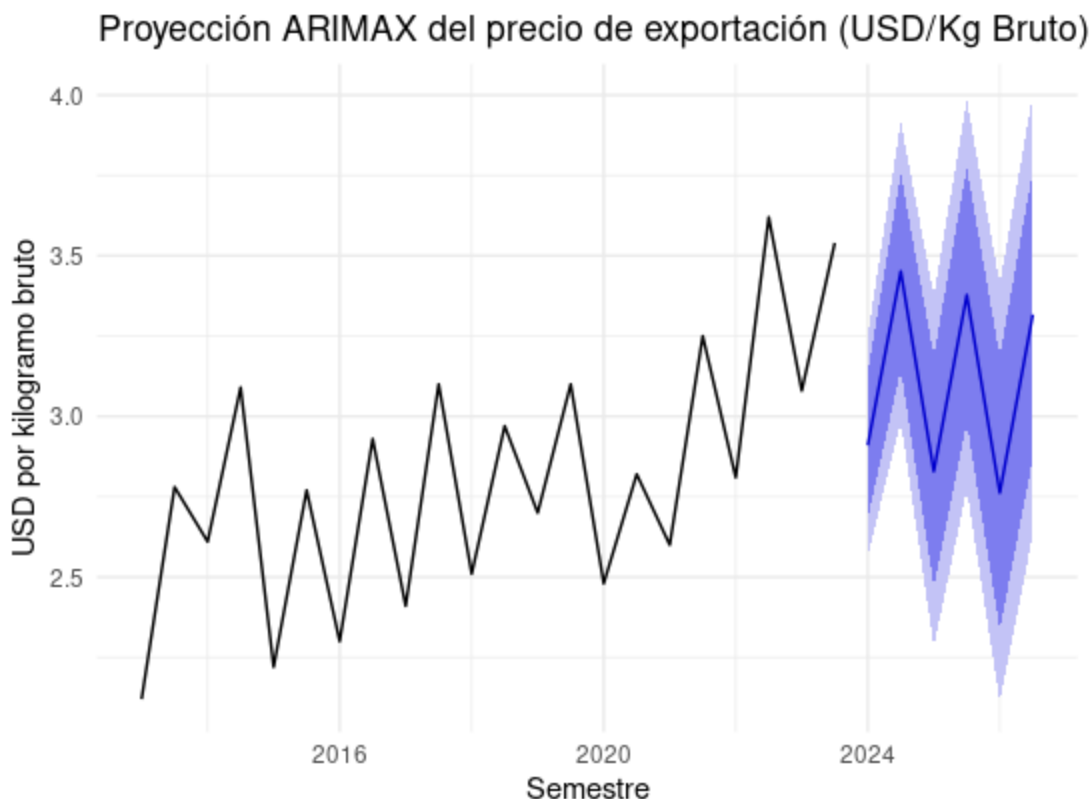
Periodo Proyectado	Predicción	Límite	Límite	Límite	Límite
		Inferior	Superior	Inferior	Superior
		(80%)	(80%)	(95%)	(95%)
Semestre I-2024	2,910	2,685	3,135	2,566	3,254
Semestre II-2024	3,451	3,147	3,756	2,986	3,917
Semestre I-2025	2,829	2,472	3,186	2,283	3,375
Semestre II-2025	3,378	2,982	3,773	2,773	3,983
Semestre I-2026	2,762	2,337	3,187	2,112	3,412
Semestre II-2026	3,317	2,869	3,765	2,632	4,002

Nota. Los valores presentados corresponden a proyecciones semestrales del índice de exportaciones silvoagropecuarias y de pesca (USD/kg bruto) para el periodo 2024–2026, obtenidas mediante un modelo ARIMAX con regresores externos. Se incluyen los límites inferior y superior del intervalo de confianza al 80 y 95%.

Tal como se puede observar en la Tabla 15, la tendencia de los resultados proyectados tienen una caída lentamente. No así el límite superior, que comienza con un alza en la estimación y termina con una leve estabilización en los resultados proyectados.

Figura 9

Gráfico Proyecciones Resultados ARIMAX



Nota. Gráfico construido a partir del programa R correspondientes a las proyecciones semestrales del índice de exportaciones silvoagropecuarias y de pesca (USD/kg bruto) para el periodo 2024 –2026, obtenidas mediante un modelo ARIMAX con regresores externos. Se incluyen los límites inferior y superior del intervalo de confianza al 80 y 95%.

Como se indicó previamente, la Figura 9 permite observar con mayor claridad la tendencia decreciente del índice proyectado para el período 2024–2026. Los intervalos de confianza al 95 % reflejan una trayectoria similar en su límite inferior, manteniéndose en descenso. Sin embargo, el límite superior muestra una leve tendencia al alza durante el año 2025, estabilizándose posteriormente en el año 2026.

8.2 Comparación con Valores Reales

Con el objetivo de evaluar la precisión del modelo ARIMAX desarrollado en esta investigación, se realizó una comparación entre los valores proyectados del índice de exportaciones silvoagropecuarias y de pesca (USD/kg bruto) y los valores reales correspondientes al primer y segundo semestre del año 2024. Estos datos reales fueron obtenidos desde el Servicio Nacional de Aduanas a través de su plataforma de transparencia. Esta comparación permite validar la capacidad predictiva del modelo y observar su desempeño frente a condiciones económicas efectivas del período reciente, fortaleciendo así la confiabilidad de las estimaciones proyectadas a futuro.

Tabla 17

Comparación Resultados Año 2024

Semestre	Predicción	Valor real
Semestre I-2024	2,910	3,237
Semestre II-2024	3,451	3,427

Nota. Los valores presentados en la primera columna corresponden a proyecciones semestrales del índice de exportaciones silvoagropecuarias y de pesca (USD/kg bruto) para el periodo 2024, obtenidas mediante un modelo ARIMAX con regresores externos, mientras que los presentados en la segunda columna son los valores reales del índice de exportaciones (USD/kg bruto) obtenidos por elaboración propia a partir de *Documentos Únicos de Salida (DUS)*. *Exportaciones a título definitivo ajustadas con sus documentos modificatorios*. Servicio Nacional de Aduanas.

Al analizar los resultados de la Tabla 16, se observa que el modelo ARIMAX proyectó para el primer semestre de 2024 un valor del índice de exportaciones de 2,910, mientras que el valor real reportado fue de 3,237, lo que representa una subestimación por parte del modelo. En contraste, para el segundo semestre de 2024, la proyección fue de 3,451 y el valor real alcanzó 3,427, mostrando una diferencia mínima. Estos resultados indican que el modelo logra capturar adecuadamente la tendencia general del índice en el corto plazo, especialmente considerando que ambos valores reales se mantienen dentro de los intervalos de confianza del 95 % estimados en la

proyección. Por tanto, se concluye que el modelo presenta un buen desempeño predictivo y puede ser considerado una herramienta válida para realizar estimaciones futuras en contextos similares.

9. Conclusiones

El desarrollo de esta investigación permitió adaptar de forma rigurosa la lógica de la Curva de Phillips al funcionamiento del sector silvoagropecuario y de pesca chileno, caracterizado por su fuerte orientación exportadora y dependencia de precios internacionales. A través de un enfoque cuantitativo sustentado en modelos econométricos y series semestrales, se logró capturar las principales relaciones que explican el comportamiento del precio de exportación en USD por tonelada durante el período 2013–2023.

9.1 Reversión del mecanismo de transmisión de la Curva de Phillips.

El modelo estimado mostró que la ocupación agrícola tiene un efecto negativo y significativo sobre los precios, indicando que el sector está dominado por presiones de oferta antes que por presiones de demanda, a diferencia del funcionamiento tradicional en economías cerradas. Esta relación revela una ruptura conceptual con la Curva de Phillips neo-keynesiana, confirmando la lógica estructuralista para sectores primarios.

9.2 Presencia de una curvatura en la relación con el PIB externo.

La incorporación del término cuadrático del PIB ponderado de los principales socios comerciales evidenció una relación no lineal. El precio aumenta con el crecimiento externo hasta cierto umbral ($\sim 3,2$ % de PIB), tras lo cual disminuye, lo que coincide con la teoría del deterioro de los términos de intercambio propuesta por Prebisch y Singer. Esta dinámica representa un límite natural a las ganancias por expansión externa.

9.3 Evidencia robusta de estacionalidad en los precios.

El análisis indicó que los precios del primer semestre del año son sistemáticamente más bajos en comparación con el segundo semestre. Esta estacionalidad, estadísticamente significativa, refleja la estructura productiva del sector y sugiere posibles mejoras en estrategias logísticas, de almacenamiento o de comercialización anticipada.

9.4 Solidez estadística del modelo estimado.

El modelo cuadrático final mostró un excelente ajuste ($R^2 \approx 0,82$), con supuestos estadísticos cumplidos en normalidad y homocedasticidad. Aunque se identificó autocorrelación positiva de los residuos, esta fue corregida adecuadamente mediante la aplicación de errores estándar robustos tipo Newey-West, sin alterar la significancia de los coeficientes.

9.5 Capacidad predictiva validada.

El modelo ARIMAX desarrollado sobre la base estructural del modelo cuadrático logró proyectar los valores de exportación del año 2024 con un error medio aceptable. Las proyecciones a tres años permiten anticipar escenarios de precio relevantes para la planificación de actores públicos y privados del sector.

En conclusión, la tesis no solo aporta evidencia empírica reciente sobre los determinantes del precio agrícola chileno, sino que también propone una reinterpretación teórica y metodológica que puede ser replicada en otros sectores exportadores con características similares. La integración de enfoques keynesianos y estructuralistas dentro de un marco econométrico validado ofrece una contribución significativa tanto a la literatura académica como a la gestión estratégica del sector silvoagropecuario y de pesca en Chile.

10. Bibliografía

Aiken, L. S., & West, S. G. (1991). Multiple regression: Testing and interpreting interactions. Sage Publications.

Arora, V., & Vamvakidis, A. (2005). The implications of South African economic growth for the rest of Africa. *South African Journal of Economics*, 73(2), 229–242.
<https://doi.org/10.1111/j.1813-6982.2005.00015.x>

Blanchard, O. (2022). *Monetary policy and Phillips curves: Historical perspective and recent trends*. Peterson Institute for International Economics.
<https://www.piie.com/publications/working-papers/monetary-policy-and-phillips-curves-historical-perspective-and-recent>

Bravo, D., Contreras, D., & Millán, I. (2011). Agricultura y desarrollo rural en Chile: Cambios estructurales y desafíos de políticas. *Revista CEPAL*, 104, 109–125.
<https://doi.org/10.18356/1cd75fd1-es>

Bussière, M. (2013). Exchange rate pass-through to trade prices: The role of non-linearities and asymmetries. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 75(5), 731–758.
<https://doi.org/10.1111/j.1468-0084.2012.00711.x>

Devadoss, S., Holland, D. W., & Stodick, L. D. (2005). Regional economic impacts of trade liberalization: The case of the Pacific Northwest Forest sector. *Journal of Forest Economics*, 11(1), 1–18. <https://doi.org/10.1016/j.jfe.2004.06.001>

Fischer, S. (1977). Long-term contracts, rational expectations, and the optimal money supply rule. *Journal of Political Economy*, 85(1), 191–205.

Galí, J. (2015). *Monetary policy, inflation, and the business cycle* (2.^a ed.). Princeton University Press.



Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2009). *Basic econometrics* (5th ed.). McGraw-Hill Education.

Harvey, D. I., Kellard, N. M., Madsen, J. B., & Wohar, M. E. (2010). The Prebisch–Singer hypothesis: Four centuries of evidence. *Review of Economics and Statistics*, 92(2), 367–377. <https://doi.org/10.1162/rest.2010.12184>

Koo, W. W., & Karemera, D. (1991). Determinants of world wheat trade flows and policy analysis. *Canadian Journal of Agricultural Economics*, 39(2), 439–455. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7976.1991.tb03767.x>

Krugman, P. R., & Obstfeld, M. (2003). *Economía internacional: Teoría y política* (6.^a ed.). Pearson Education.

McAdam, P., & Willman, A. (2004). *Supply, factor shares and inflation persistence: Re-examining the Euro-area New Keynesian Phillips Curve*. European Central Bank. <https://doi.org/10.2139/ssrn.869244>

Newey, W. K., & West, K. D. (1987). *A simple, positive semi-definite, heteroskedasticity and autocorrelation consistent covariance matrix*. *Econometrica*, 55(3), 703–708. <https://doi.org/10.2307/1913610>

Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA). (2014–2024). *Indicadores de comercio exterior*. Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile. <https://www.odepa.gob.cl>

Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA). (2024). *Boletín de empleo agropecuario: Junio 2024*. Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile. <https://www.odepa.gob.cl>



Phelps, E. S., & Taylor, J. B. (1977). Stabilizing powers of monetary policy under rational expectations. *Journal of Economic Theory*, 14(3), 333–337.

Phillips, A. W. (1958). The relationship between unemployment and the rate of change of money wage rates in the United Kingdom, 1861–1957. *Economica*, 25(100), 283–299.
<https://doi.org/10.2307/2550759>

Prebisch, R. (1950). *The economic development of Latin America and its principal problems* [Informe]. United Nations Economic Commission for Latin America.
<https://archivo.cepal.org/pdfs/cdPrebisch/002.pdf>

Schnepf, R., & Yacobucci, B. D. (2012). Agricultural production and prices: Interactions with input costs. Congressional Research Service.

Servicio Nacional de Aduanas. (2024). *Exportaciones silvoagropecuarias a título definitivo ajustadas con documentos modificatorios (2013–2023)* [Archivo Excel obtenido vía solicitud por Ley de Transparencia]. Gobierno de Chile.

Singer, H. W. (1950). The distribution of gains between investing and borrowing countries. *American Economic Review*, 40(2), 473–485.

Wright, B. D. (2014). Global biofuels: Key to the puzzle of grain market behavior. *Journal of Economic Perspectives*, 28(1), 73–98.

A. Resultados Principales

Figura 10

Resultados Coeficientes Modelo Propuesto

```
Call:
lm(formula = USD_ton ~ Log_Ocupacion + PIB_Promedio + PIB_Promedio_sq +
    Semestre_Jun + Pandemia, data = data_nueva)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.26147 -0.12019  0.00606  0.11482  0.31890

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)    5.034152   12.251373    0.411  0.68659
Log_Ocupacion  -0.355329    1.889433   -0.188  0.85319
PIB_Promedio    0.148799    0.044043    3.378  0.00383 **
PIB_Promedio_sq -0.020872    0.009286   -2.248  0.03905 *
Semestre_Jun   -0.580091    0.215028   -2.698  0.01584 *
Pandemia        0.417527    0.429483    0.972  0.34544
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.187 on 16 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.8296,    Adjusted R-squared:  0.7763
F-statistic: 15.58 on 5 and 16 DF,  p-value: 1.177e-05
```

Nota. Resultados generados en el software estadístico R (versión 4.3.3) mediante el uso del modelo lineal `lm()` para estimaciones de coeficientes. Los errores estándar, valores t y valores p fueron calculados automáticamente por la función `summary()` aplicada al objeto del modelo propuesto.

Figura 11*Resultados Coeficientes Modelo Modificado*

```
Call:
lm(formula = USD_ton ~ Log_Ocupacion + PIB_Promedio + PIB_Promedio_sq +
    Semestre_Jun, data = data_nueva)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.280159 -0.070171  0.009607  0.145968  0.292035

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)   16.653694    2.686173   6.200 9.70e-06 ***
Log_Ocupacion  -2.145777    0.421248  -5.094 9.01e-05 ***
PIB_Promedio    0.157007    0.043157   3.638 0.00203 **
PIB_Promedio_sq -0.024845    0.008325  -2.984 0.00833 **
Semestre_Jun   -0.389771    0.088800  -4.389 0.00040 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.1867 on 17 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.8195,    Adjusted R-squared:  0.777
F-statistic: 19.3 on 4 and 17 DF,  p-value: 3.814e-06
```

Nota. Resultados generados en el software estadístico R (versión 4.3.3) mediante el uso del modelo lineal `lm()` para estimaciones de coeficientes. Los errores estándar, valores *t* y valores *p* fueron calculados automáticamente por la función `summary()` aplicada al objeto del modelo modificado sin la variable dicotómica de pandemia (P).

Figura 12*Resultados de Normalidad Test Shapiro-Wilk Modelo Modificado*

```
Shapiro-Wilk normality test

data:  residuos_quad
W = 0.93853, p-value = 0.1845
```

Nota. La normalidad de los residuos fue evaluada utilizando la prueba de Shapiro-Wilk, mediante la función `shapiro.test()` aplicada a los residuos del modelo modificado (`residuals()`) del software estadístico R (versión 4.3.3).

Figura 13

Resultados Test Breusch-Pagan de Heterocedasticidad

```
studentized Breusch-Pagan test

data:  modelo_quad
BP = 3.5368, df = 4, p-value = 0.4723
```

Nota. Prueba de heterocedasticidad realizada en el software estadístico R (versión 4.3.3) mediante la función `bptest()` del paquete `lmtest`, aplicada al modelo modificado con `lm()`.

Figura 14

Resultados Test de Multicolinealidad VIF

```
> vif(modelo_quad)
Log_Ocupacion    PIB_Promedio PIB_Promedio_sq    Semestre_Jun
      1.845491      3.167910      3.409675      1.243755
```

Nota. El diagnóstico de colinealidad se realizó mediante el cálculo del Factor de Inflación de la Varianza (VIF), utilizando la función `vif()` del paquete `car` del software estadístico R (versión 4.3.3).

Figura 15

Resultados Test de Autocorrelación Durbin-Watson

```
> dwtest(modelo_quad)

Durbin-Watson test

data:  modelo_quad
DW = 1.2439, p-value = 0.02103
alternative hypothesis: true autocorrelation is greater than 0
```

Nota. La autocorrelación de primer orden fue evaluada utilizando el test de Durbin-Watson implementado con la función `dwtest()` del paquete `lmtest`.

Figura 16*Resultados Estimador Robusto Newey-West*

```
> print(nw_test)

t test of coefficients:

              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  16.6536942  2.8196585  5.9063 1.726e-05 ***
Log_Ocupacion -2.1457767  0.4411475 -4.8641 0.0001458 ***
PIB_Promedio   0.1570070  0.0251265  6.2487 8.821e-06 ***
PIB_Promedio_sq -0.0248454  0.0061275 -4.0548 0.0008235 ***
Semestre_Jun  -0.3897708  0.0726866 -5.3623 5.172e-05 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Nota. Los coeficientes del modelo fueron ajustados para corregir la autocorrelación y heterocedasticidad de los errores mediante el estimador robusto de Newey-West, implementado con la función `NeweyWest()` del paquete `sandwich` en R (versión 4.3.3). La prueba robusta de significancia fue realizada utilizando `coefTest()` del paquete `lmtest`, especificando la matriz de varianza-covarianza ajustada. Los resultados incluyen los coeficientes estimados, errores estándar robustos, valores t y sus respectivos valores p .

Figura 17*Resultados Modelo ARIMAX*

	Point Forecast	Lo 80	Hi 80	Lo 95	Hi 95
2024.00	2.909860	2.684861	3.134859	2.565754	3.253966
2024.50	3.451437	3.147056	3.755818	2.985927	3.916948
2025.00	2.829171	2.472056	3.186285	2.283010	3.375331
2025.50	3.377922	2.982336	3.773507	2.772926	3.982917
2026.00	2.762191	2.337309	3.187072	2.112391	3.411991
2026.50	3.316897	2.869150	3.764643	2.632127	4.001666

Nota. Las proyecciones fueron generadas en R (versión 4.3.3) mediante un modelo ARIMAX, estimado con la función `Arima()` del paquete `forecast`, incorporando variables exógenas provenientes del modelo econométrico cuadrático validado previamente. Las proyecciones cubren un horizonte de 6 semestres (2024–2026), e incluyen intervalos de confianza al 80 % y 95 %. La función `forecast()` fue utilizada para estimar los valores futuros.