



UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL INDUSTRIAL



**ESTIMACIÓN DE DEMANDA INDUSTRIAL DE AGUA EN CHILE CON MÉTODOS DE
REGRESIÓN LINEALES Y NO LINEALES**

POR

Antonia Paz Orellana Chávez

Memoria de Título presentada a la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Concepción para
optar al título profesional de Ingeniero Civil Industrial

Profesor Guía

Dr. Cristian Mardones Poblete

Diciembre 2022

Concepción (Chile)

© 2022 Antonia Paz Orellana Chávez

© 2022 Antonia Paz Orellana Chávez

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento.

Sumario

En este estudio se estima el valor marginal del agua y la elasticidad de la demanda industrial de agua en Chile a través de una función de producción y función de costos que adoptan una forma translog. Se utiliza como base de datos la Encuesta Nacional Industrial Anual (ENIA) 2018, siendo la encuesta disponible más reciente sobre producción, utilización de insumos (materias primas, energía y agua) y contratación de factores productivos (capital y trabajo) a nivel de firma. Existe un estudio previo que emplea la ENIA panel (1995-2014) para los mismos fines, pero en esa base de datos no se reporta la localización de las firmas industriales para resguardar el secreto estadístico de los informantes. En contraste, en este estudio se escoge la ENIA 2018 que sí incluye la región donde se localiza cada firma, lo cual permite evaluar la endogeneidad de la variable precio del agua e incluir la variable instrumental “precipitaciones” para tratar de solucionar este problema. Otra innovación de este estudio es evaluar el desempeño de métodos de regresión con restricciones para asegurar que los coeficientes de las funciones de producción y costos cumplan con las condiciones impuestas por la teoría económica. La función de producción se estima con los métodos de mínimos cuadrados ordinarios (OLS), mínimos cuadrados restringidos (CLS) y variables instrumentales (IV), siendo CLS el método con los mejores resultados. La función de costos se estima con los métodos de regresiones no lineales (NLS), método de regresiones no lineales con restricción (NLS c/restr), método de regresiones no lineales restringido con variable instrumental (NLS IV c/restr), mínimos cuadrados en tres etapas (3SLS) y mínimos cuadrados en tres etapas restringidos (3SLS c/restr), siendo NLS y NLS c/restr los métodos que entregan los mejores resultados. A partir de las estimaciones de la función de producción a nivel nacional se determina que el valor marginal del agua es $\$7.063/m^3$, pero las estimaciones sectoriales no son satisfactorias e impiden determinar el valor del agua en cada subsector industrial. Por otro lado, las estimaciones de la función de costos no permiten afirmar desde un punto de vista estadístico que la elasticidad de la demanda industrial de agua sea significativamente distinta de cero, excepto en el subsector de la industria de la madera, papel e imprentas. Finalmente, las elasticidades de sustitución obtenidas indican que el agua es un recurso que es muy difícil de sustituir o simplemente no se puede sustituir por otros insumos o factores productivos ya que adoptan valores iguales a cero o muy cercanos a cero.

Summary

In this study, the marginal value of water and the elasticity of industrial water demand in Chile are estimated through a production function and a cost function that adopt a translog form. The 2018 Annual National Industrial Survey (ENIA) is used, being the most recent survey available on production, use of inputs (raw materials, energy, and water), and hiring of productive factors (capital and labor) at the firm level. A previous study used the ENIA panel (1995-2014) for the same purposes. Still, in the ENIA panel database, the location of industrial firms is not reported to protect the statistical secrecy of the informants. In contrast, in this study, ENIA 2018 is chosen, which does include the region where each firm is located, which allows evaluating the endogeneity of the water price variable and incorporating the instrumental variable "rainfall" to try to solve this problem. Another innovation of this study is to evaluate the performance of regression methods with restrictions to ensure that the coefficients of the production and cost functions comply with the conditions imposed by economic theory. The production function is estimated using the ordinary least squares (OLS), restricted least squares (CLS), and instrumental variables (IV) methods, with CLS being the method with the best results. The cost function is estimated with the nonlinear regression methods (NLS), restricted nonlinear regression method (NLS w/restr), restricted nonlinear regression method with instrumental variable (NLS IV w/restr), three stages least squares (3SLS), and restricted three stages least squares (3SLS w/restr), being NLS and NLS w/restr the methods that deliver the best results. Based on the estimates of the production function at the national level, it is determined that the marginal value of water is \$7,063/m³. Still, the estimates at the sectoral level are not satisfactory and make it impossible to determine the value of water in each industrial subsector. On the other hand, the cost function estimates do not allow stating from a statistical point of view that the elasticity of the industrial water demand is significantly different from zero, except in the subsector of the wood, paper, and printing industry. Finally, the substitution elasticities obtained indicate that water is a very difficult resource or cannot be replaced by other inputs or production factors since they adopt values equal to zero or very close to zero.

Índice

1. Introducción	1
1.1. Justificación del tema	2
1.2. Objetivo general	2
1.3. Objetivos específicos	2
2. Revisión bibliográfica	4
2.1. Estudios de demanda de agua en el sector industrial.....	5
2.2. Estudios de demanda de agua en el sector residencial	7
3. Metodología	11
3.1. Teoría de la firma	11
3.2. Modelo translogarítmico.....	15
3.3. Modelo de regresión lineal	19
3.4. Modelo de regresión lineal restringida	20
3.5. Modelo de regresión lineal con variables instrumentales.....	21
3.6. Modelos de regresión no lineal.....	23
4. Base de datos y su procesamiento.....	25
5. Resultados	31
5.1. Función de producción	31
5.2. Valor marginal del agua	38
5.3. Función de costos	41
5.4. Estimación de elasticidades	47
6. Conclusiones	50
7. Bibliografía	51
Anexo	56
Anexo 1. Códigos CIIU y su correspondiente subsector industrial.....	56
Anexo 2. Conversiones utilizadas en la estandarización de los datos	57
Anexo 3. Valor β para cada subsector industrial	57
Anexo 4. Resultados para la función de producción para cada desagregación de subsector	58
Anexo 5. Estimación del valor marginal del agua mediante el método OLS e IV	66
Anexo 6. Resultados de la función de costos para cada subsector y desagregación de materia prima.....	67
Anexo 7. Resultados de la estimación de elasticidades para cada subsector	83

Índice de figuras

Figura 1: Distribución de la variable "precio compra de agua" previo y posterior a la corrección 29

Figura 2: Distribución de la variable "precio petróleo diésel" previo y posterior a la corrección 30

Índice de tablas

Tabla 1: Número y porcentaje de correcciones de la base de datos	28
Tabla 2: Variables utilizadas en los modelos para estimar la función de producción	31
Tabla 3: Resultados para la función de producción a nivel nacional	35
Tabla 4: Estimación del valor marginal del agua según la función de producción nacional estimada por el método CLS (en pesos)	40
Tabla 5: Variables utilizadas para estimar la función de costos	41
Tabla 6: Resultados para la función de costos a nivel nacional excluyendo la variable logaritmo natural del precio de la materia prima	44
Tabla 7: Resultados para la función de costos a nivel nacional incluyendo la variable logaritmo natural del precio de la materia prima	45
Tabla 8: Resultados para la estimación de elasticidades a nivel nacional	49

Índice de tablas pertenecientes al anexo

Tabla A 1: Códigos CIIU según subsector industrial.....	56
Tabla A 2: Conversiones empleadas para la estandarización de unidades	57
Tabla A 3: Valores β para cada subsector industrial en el año 2018.....	57
Tabla A 4: Resultados para la función de producción en los subsectores con códigos CIIU 10 y 11	58
Tabla A 5: Resultados para la función de producción en los subsectores con códigos CIIU 13 a 15	59
Tabla A 6: Resultados para la función de producción en los subsectores con códigos CIIU 16 a 18	60
Tabla A 7: Resultados para la función de producción en los subsectores con códigos CIIU 19 a 22	61
Tabla A 8: Resultados para la función de producción en el subsector con código CIIU 23.....	62
Tabla A 9: Resultados para la función de producción en los subsectores con códigos CIIU 24 y 25	63
Tabla A 10: Resultados para la función de producción en los subsectores con códigos CIIU 26 a 30	64

Tabla A 11: Resultados para la función de producción en los subsectores con códigos CIU sobre 30	65
Tabla A 12: Estimación del valor marginal del agua según la función de producción nacional estimada por el OLS (en pesos).....	66
Tabla A 13: Estimación del valor marginal del agua según la función de producción nacional estimada por el método IV (en pesos).....	66
Tabla A 14: Resultados para la función de costos en los subsectores con códigos CIU 10 y 11 excluyendo la variable logaritmo natural del precio de la materia prima.....	67
Tabla A 15: Resultados para la función de costos en los subsectores con códigos CIU 10 y 11 incluyendo la variable logaritmo natural del precio de la materia prima.....	68
Tabla A 16: Resultados para la función de costos en los subsectores con códigos CIU 13 a 15 excluyendo la variable logaritmo natural del precio de la materia prima.....	69
Tabla A 17: Resultados para la función de costos en los subsectores con códigos CIU 13 a 15 incluyendo la variable logaritmo natural del precio de la materia prima.....	70
Tabla A 18: Resultados para la función de costos en los subsectores con códigos CIU 16 a 18 excluyendo la variable logaritmo natural del precio de la materia prima.....	71
Tabla A 19: Resultados para la función de costos en los subsectores con códigos CIU 16 a 18 incluyendo la variable logaritmo natural del precio de la materia prima.....	72
Tabla A 20: Resultados para la función de costos en los subsectores con códigos CIU 19 a 22 excluyendo la variable logaritmo natural del precio de la materia prima.....	73
Tabla A 21: Resultados para la función de costos en los subsectores con códigos CIU 19 a 22 incluyendo la variable logaritmo natural del precio de la materia prima.....	74
Tabla A 22: Resultados para la función de costos en el subsector con código CIU 23 excluyendo la variable logaritmo natural del precio de la materia prima.....	75
Tabla A 23: Resultados para la función de costos en el subsector con código CIU 23 incluyendo la variable logaritmo natural del precio de la materia prima.....	76
Tabla A 24: Resultados para la función de costos en los subsectores con códigos CIU 24 y 25 excluyendo la variable logaritmo natural del precio de la materia prima.....	77
Tabla A 25: Resultados para la función de costos en los subsectores con códigos CIU 24 y 25 incluyendo la variable logaritmo natural del precio de la materia prima.....	78
Tabla A 26: Resultados para la función de costos en los subsectores con códigos CIU 26 a 30 excluyendo la variable logaritmo natural del precio de la materia prima.....	79

Tabla A 27: Resultados para la función de costos en los subsectores con códigos CIU 26 a 30 incluyendo la variable logaritmo natural del precio de la materia prima.....	80
Tabla A 28: Resultados para la función de costos en los subsectores con códigos CIU sobre 30 excluyendo la variable logaritmo natural del precio de la materia prima	81
Tabla A 29: Resultados para la función de costos en los subsectores con códigos CIU sobre 30 incluyendo la variable logaritmo natural del precio de la materia prima.....	82
Tabla A 30: Resultados para la estimación de elasticidades en los subsectores de código CIU 10 y 11	83
Tabla A 31: Resultados para la estimación de elasticidades en los subsectores de código CIU 13 a 15	84
Tabla A 32: Resultados para la estimación de elasticidades en los subsectores de código CIU 16 a 18	85
Tabla A 33: Resultados para la estimación de elasticidades en los subsectores de código CIU 19 a 22	86
Tabla A 34: Resultados para la estimación de elasticidades en el subsector de código CIU 23 .	87
Tabla A 35: Resultados para la estimación de elasticidades en los subsectores de código CIU 24 y 25	88
Tabla A 36: Resultados para la estimación de elasticidades en los subsectores de código CIU 26 a 30	89
Tabla A 37: Resultados para la estimación de elasticidades en los subsectores de código CIU sobre 30.....	90

1. Introducción

Los principales factores socioeconómicos que explican la demanda de agua es el aumento de la población, urbanización y crecimiento económico (FAO, 2021). Según la misma fuente, a nivel mundial, el sector más intensivo en uso de agua es la agricultura (70%), seguido por el sector industrial (19%) y consumo doméstico (11%). Las proyecciones apuntan a que el uso del agua en el sector industrial aumentará un 400% para el año 2050, siendo los países emergentes y en desarrollo los que representen la mayor parte de este aumento (Vásquez et al., 2020). En el caso de Chile, el sector agrícola es el mayor usuario de agua consuntiva con un 72%, le siguen el consumo doméstico (12%), industrial (7%) y minero (4%), el porcentaje restante está asociado al sector pecuario y al uso no consuntivo en generación eléctrica (Mesa Nacional del Agua, 2020). Los antecedentes previos muestran que el sector industrial consume un porcentaje relativamente bajo de agua en el país, pero se prevé que su demanda irá en aumento por el mayor crecimiento económico.

En la literatura empírica existen relativamente pocos estudios actuales que estiman la demanda de agua a nivel industrial (Rodríguez et al., 2021; Revollo et al., 2019) o residencial (Imen & Jaleleddine, 2021; Maldonado & Almenar, 2021; du Plessis & Jacobs, 2014). Para llegar a esta conclusión se realizó una búsqueda usando palabras claves que relacionaran la escasez y demanda de agua (demanda industrial de agua, demanda de agua doméstica, escasez de agua, sequía, etc.) con aspectos económicos (elasticidades de demanda, elasticidades cruzadas, valor económico del agua, translog, entre otras), encontrando 11 estudios de demanda industrial y 16 de demanda residencial. En toda esta literatura se reconoce el rol central de los instrumentos económicos, especialmente los precios, para la gestión de la demanda de agua (Zetland, 2021). Sin embargo, según Gracia-De-Rentería et al. (2019) la efectividad de los precios como herramienta aún es objeto de debate ya que en muchos casos se estiman elasticidades precio de la demanda de agua muy bajas o estadísticamente no significativas. Por lo anterior, en esta memoria se busca estimar la demanda industrial de agua y contribuir al análisis sobre la efectividad de la política de precios para gestionar esta demanda en Chile.

1.1. Justificación del tema

Chile enfrenta un serio problema de escasez hídrica desde hace más de 10 años (Mesa Nacional del Agua, 2022). La gravedad de esta situación la refleja el informe de World Resources Institute (2019) el cual enlista y agrupa en cinco categorías a los 164 países según su nivel de crisis hídrica, desde “extremadamente alto estrés hídrico” a “bajo estrés hídrico”. Chile ocupa el puesto número 18, encabezando la categoría de “alto estrés hídrico” y siendo el primer país latinoamericano en esta condición que trae como consecuencia serias amenazas para la vida humana, los medios de subsistencia y la estabilidad empresarial por lo que disponer de estimaciones certeras sobre la demanda industrial de agua contribuiría a evaluar políticas que modifiquen su consumo. Por ejemplo, simular una política de alza en los precios del agua para analizar en cuánto se reduciría el consumo (Zetland, 2021), apoyo financiero a la innovación en tecnología de ahorro de agua (Gracia-De-Rantería, 2019), entre otras. Además, el desarrollo de un estudio con datos recientes y avances metodológicos permite generar nuevas visiones y discusiones en torno a un tema que hoy en día es preocupante tanto a nivel nacional como mundial.

Cabe mencionar que existe un estudio chileno previo sobre la demanda de agua industrial que afirma que la demanda de agua en este sector es elástica al precio (o sea que hay un margen para poder gestionar su demanda a través de políticas de precios) y que se observan patrones de sustitución entre la mayoría de los insumos o factores productivos, excepto entre energía y agua que resultan ser insumos complementarios (Vásquez et al., 2020). Sin embargo, en el presente estudio se hará un análisis con información más actualizada, otros métodos de estimación e incluyendo variables instrumentales que permitan solucionar posibles problemas de endogeneidad.

1.2. Objetivo general

Obtener una estimación para el valor marginal del agua y elasticidad de la demanda de agua en el sector industrial a nivel nacional y subsectorial a través de modelos estadísticos de regresión lineal y no lineal.

1.3. Objetivos específicos

- Realizar una revisión de literatura sobre estudios de demanda de agua desarrollados a nivel nacional e internacional.

- Analizar las bases de datos disponibles para estimar la demanda de agua a nivel industrial.
- Definir los modelos estadísticos o econométricos que se pueden emplear para estimar la demanda de agua a nivel industrial.
- Determinar el valor marginal del agua a nivel industrial.
- Determinar la elasticidad precio de la demanda de agua a nivel industrial.
- Determinar la elasticidad de sustitución entre los distintos insumos y factores productivos.

2. Revisión bibliográfica

El aumento de la población, mejora en los niveles de vida y el cambio climático están agotando las fuentes de agua a un ritmo más rápido de lo que pueden reponerse naturalmente en muchas partes del mundo (Gnaneswar, 2017). Las sequías pueden ocurrir en prácticamente todas las zonas climáticas, transformándose en un peligro ambiental adicional que contribuye a la escasez hídrica (Orimoloye et al., 2022). Cabe señalar que el agua es un recurso esencial por lo que es lógico que su demanda sea relativamente inelástica al precio (Ponzoni et al., 2020). En este contexto, una forma de tener un sistema de producción de agua sostenible y garantizar el acceso es a través del diseño de estructuras tarifarias apropiadas ya que a mayor precio se desperdiciará menos agua (Tanishita & Sunaga, 2021). La estructura tarifaria como herramienta para la gestión del recurso hídrico ha sido comúnmente evaluada en estudios que estiman la demanda de agua y su elasticidad precio (Bal et al., 2021). Sin embargo, los estudios empíricos suelen enfrentar varios problemas para estimar de forma precisa la elasticidad precio de la demanda de agua. Uno de los principales obstáculos es la falta de información adecuada ya que el acceso a microdatos provenientes de encuestas oficiales o registros administrativos está usualmente restringido y los investigadores no suelen tener la capacidad de generar sus propias bases de datos con la dimensión requerida (Gracia-de-Rentería & Barberán, 2021). Otros problemas relacionados son la frecuencia con la que se recopilan las observaciones (normalmente para un año o una cantidad reducida de años), nivel de desagregación (a mayor desagregación menor sesgo) y los errores que pueden contener las bases de datos. Las dificultades para la obtención de información se acentúan cuando se analiza la demanda de agua industrial y condiciona varios aspectos formales del análisis, tales como la elección del método de estimación, la necesidad de incorporar variables dicotómicas para abordar aspectos cualitativos, el tratamiento para corregir la endogeneidad (correlación entre una variable explicativa y el término de error), entre otros (Gracia-de-Rentería & Barberán, 2021). La endogeneidad se relaciona a que el precio del agua refleja una situación de equilibrio entre demanda y oferta, requiriéndose información adicional sobre shocks que afecten a la oferta para identificar la curva de demanda. El problema anterior se acentúa con la diversidad y complejidad de las estructuras tarifarias. No obstante, la endogeneidad se puede solucionar a través de técnicas de regresión con variables instrumentales (Wooldridge, 2002).

2.1. Estudios de demanda de agua en el sector industrial

Dentro de la literatura relacionada a la demanda de agua en el sector industrial se puede apreciar que hay muchos factores que condicionan las estimaciones y que estos sirven para categorizar los estudios encontrados. Uno de ellos, por ejemplo, es el país, ciudad o región donde se realiza la investigación. Otro factor son los datos utilizados pudiendo ser estos provenientes de encuestas, datos de panel, censos, entre otros. También el o los subsectores industriales considerados, etc. Sin embargo, los estudios que se nombran a continuación se agrupan según el modelo o función utilizada ya que permite entrever cuál podría ser la metodología conveniente a usar en este estudio y en qué se podría innovar. Siguiendo esta línea, una de las funciones más nombradas y utilizadas por los autores es la función de producción. Investigadores chilenos no han sido la excepción pues Vásquez et al. (2020) estiman una función de producción para obtener el valor económico del agua¹ y las elasticidades de la demanda de insumos y factores productivos en la industria manufacturera chilena. Específicamente, utilizan una especificación translog que incluye el capital, mano de obra, agua, energía y otros insumos como variables explicativas. Las estimaciones se basan en datos de panel obtenidos desde la Encuesta Nacional Industrial Anual entre los años 1995 y 2014. Los resultados de las elasticidades precio cruzadas reflejan patrones de sustitución entre la mayoría de los insumos y factores productivos, excepto para la energía y agua que son complementarios. Además, se determina que el sector manufacturero tiene una demanda de agua elástica (-1,2) y un valor económico promedio del agua de 8,1 USD/m³. Otro estudio que analiza el uso del agua en la industria manufacturera chilena es Tobarra (2018) quien también estima una función de producción translog para obtener el valor del agua y la elasticidad precio de la demanda, pero utilizando datos de corte transversal de 2.339 firmas para el año 2012. Los resultados arrojan un valor marginal del agua de 2,6 USD/m³ para toda la industria manufacturera, aunque existen diferencias importantes entre sectores industriales. Además, se concluye que la demanda de agua es elástica al precio (-1,1), demostrando que la estructura tarifaria puede ser una herramienta útil para ahorrar agua en la industria manufacturera chilena. En un contexto internacional, Revollo et al. (2020) estiman el valor económico del agua en la industria manufacturera mexicana utilizando una función de producción translog y datos de 69.984 plantas industriales encuestadas en 2013. Los autores estiman la elasticidad de producción (0,06) y el valor marginal del agua (19,4 USD/m³). Además, los valores de las elasticidades cruzadas permiten concluir que el agua,

¹ El valor económico del agua es estimado a través del valor del producto marginal.

capital y trabajo son recursos complementarios, mientras el agua y los otros insumos son sustitutos. Rodríguez et al. (2021) también estiman el valor económico del agua en la industria mexicana a partir de una función de producción translog. Los autores utilizan datos del Censo Económico Industrial del año 2014, el cual registra datos de 476.753 firmas industriales en todo el país. Los resultados arrojan que en promedio el valor económico del agua es 7,8 USD/m³ y que la elasticidad producto del agua es 0,036. Fuera del continente americano, Ku & Yoo (2012) calculan el valor económico de agua en la industria manufacturera coreana empleando el concepto del valor del producto marginal a partir de la función de producción. Los datos provienen de 53.912 firmas encuestadas en 2003 y las estimaciones consideran dos tipos de funciones de producción (Cobb-Douglas y translog). Los resultados permiten concluir que la función translog es la más apropiada para la estimación según un test de especificación, obteniéndose una elasticidad de producción (0,01) para toda la industria y un valor del producto marginal del agua de 1,1 USD/m³.

Si bien la función de producción es comúnmente utilizada, también existe la función de costos que resalta por su popularidad dentro de la literatura pues no son pocos los autores que la usan para lograr obtener estimaciones. Ejemplo de esto son Gracia-de-Rentería et al. (2019) que utilizan una función de costos con especificación translog y datos de panel en el periodo 1993-2013 para estimar la demanda de agua industrial en España. Los autores consideran 11 subsectores industriales y diversas variables explicativas que incluyen capital, trabajo, agua, energía y otros insumos, obteniendo que la demanda de agua es inelástica (-0,7). Para el mismo país (España) en la ciudad de Zaragoza, Gracia-de-Rentería et al. (2021) estudian la demanda industrial de agua urbana a partir de datos de panel. Las estimaciones se realizan a través de una función de costos translog, lo cual permite determinar la elasticidad precio del agua (-0,9), elasticidad de producción (0,7) y diversas elasticidades precio cruzadas. Los resultados indican que una política de precios en España sería eficaz para desincentivar el uso de agua industrial. Angulo et al. (2014) también analizan la demanda de agua en la ciudad de Zaragoza a través de una función de costos translog, pero utilizando datos de 676 firmas durante un periodo de 12 años (1995-2006) y enfocándose en el sector de hoteles y restaurantes. Las estimaciones sugieren que la elasticidad precio del agua es inelástica (-0,4) para el caso de los hoteles, pero no es estadísticamente significativa en el caso de los restaurantes. Así, se concluye que los cambios tarifarios solo permitirían influir en los patrones de uso del agua en los hoteles.

A pesar de su popularidad, la función de producción y la función de costos no son los únicos enfoques metodológicos para analizar la demanda de agua. Por ejemplo, Féres et al. (2011) utilizan una encuesta

que recopila información integral relacionada con el agua en 488 plantas industriales brasileñas. Esta encuesta permite identificar los factores que influyen en la decisión de reutilización de agua. Específicamente, estiman un modelo probit que determina la decisión de reutilización del agua, y luego, una regresión de conmutación endógena (endogenous switching regression) para estimar la demanda de agua. Los resultados sugieren que las tarifas de agua son un mecanismo eficaz para fomentar inversiones en reutilización y reducir la demanda de este recurso. Por otro lado, Deya-Tortella et al. (2016) evalúan el impacto de las estructuras tarifarias en el consumo de agua en los hoteles de la isla de Mallorca, España. Los autores estiman una regresión de cuantiles con variables instrumentales (instrumental variable quantile regression) a partir de datos transformados dentro de bloques artificiales, concluyendo que un aumento del 1% en el precio del agua reduciría el consumo en 0,02%. Por último, Xiuli et al. (2021) analizan el consumo de agua industrial en China a través de métodos de regresión múltiple, series de tiempo y juicio de expertos para realizar proyecciones de consumo. Los autores estiman que la demanda total de agua en China será 598 mil millones cúbicos en el año 2021, siendo 19,6% para uso sector industrial.

2.2. Estudios de demanda de agua en el sector residencial

Al igual que para el sector industrial, se decide agrupar los estudios del sector residencial según el modelo o función utilizada pues permitirá analizar y comparar más fácilmente cómo se enfrentan los autores, estadística o económicamente, a las estimaciones de demanda de agua dependiendo de si se estudia un sector industrial o residencial. Sin embargo, a nivel residencial es posible notar en un inicio que, a diferencia del sector industrial, se nombran muchos más métodos por lo que la cantidad de investigaciones que posee cada método es más baja que la cantidad que poseía la función de producción o de costos. Por ejemplo, algunos estudios investigan la demanda residencial de agua en un contexto de un sistema de demanda de bienes, tales como el modelo de demanda casi ideal (AIDS) o el modelo de demanda casi ideal cuadrático (QUAIDS)². Una muestra de esto son los autores Coulibaly et al. (2014) que examinan la demanda de cuatro fuentes de agua (pública, petrolera, tratada y embotellada) en la gobernación de Zarqa en el Reino de Jordania a través del método AIDS. Las estimaciones de la elasticidad precio indican que la demanda es elástica para las fuentes de agua pública (-1,3), petrolera (-2,9) y tratada (-1,4), mientras que la demanda es inelástica para el agua

² A diferencia del modelo AIDS, el modelo QUAIDS es compatible con la existencia de bienes que se comportan como bienes de lujo o necesarios a determinados niveles de ingreso.

embotellada (-0,6). Mediante un modelo QUAIDS que considera la censura en el consumo de gas, Gálvez et al. (2016) analizan la demanda residencial de servicios básicos (electricidad, gas natural y agua potable) en España. Los resultados muestran que el consumo de electricidad y agua potable son menos sensibles a variaciones en los precios e ingresos que el consumo de gas natural. Por otro lado, con datos de la Encuesta de Gastos de Consumo de España, un panel rotativo de 151.068 observaciones pertenecientes al periodo 2006-2012, Suárez (2020) también utiliza el método QUAIDS para estimar la demanda residencial de agua. Sus resultados demuestran que la demanda es relativamente inelástica al precio en el largo plazo.

Otro modelo es el de elección discreta-continua (discrete-continuous choice model) que estiman Jiménez et al. (2017) para analizar la demanda de agua en Manizales, Colombia. El modelo utiliza información relacionada a las características del hogar, tarifas y consumo de agua para el período 1997-2013. Los resultados muestran que la demanda de agua es inelástica al precio (-0,1) y que el agua es un bien necesario ya que la elasticidad ingreso es baja (0,1). Este mismo modelo (de elección discreta-continua) lo utilizan también Flores et al. (2021) que analizan datos agregados, desagregados y semiagregados, y que considera que los consumidores se enfrentan a una estructura de precios de bloque creciente para estimar la elasticidad precio del agua en la ciudad de Concepción, Chile. Los resultados demuestran que las elasticidades son altamente dependientes al nivel de agregación de los datos y tamaño de la muestra.

En adelante se nombran y describen brevemente distintos estudios que utilizaron métodos no tan populares pues no se repitieron en otras investigaciones o por lo menos no para estimar la demanda de agua a nivel hogar. Este es el caso del estudio de Reynaud et al. (2018), que estiman una función de demanda en forma de doble logaritmo para un municipio de la capital de Andorra a partir de datos de panel que cubren el periodo 2006-2015. Los resultados arrojan una elasticidad precio inelástica (-0,7) para la demanda residencial de agua. Por otra parte, Fercovic et al. (2018) investigan los determinantes del consumo residencial de agua en Chile usando un panel mensual de 42 municipios dispersos a lo largo del país en el periodo 1998- 2010. El modelo de regresión que estiman (el cual es un modelo básico de consumo estimado en forma logarítmica) arroja que la elasticidad precio es inelástica (-0,1) y la elasticidad ingreso es baja (0,2). Para Alemania, Schleich & Hillenbrand (2019) usan un modelo de respuesta simétrico y asimétrico para estimar el consumo de agua residencial entre 2007 y 2013. Los resultados muestran que la elasticidad precio a corto plazo y largo plazo es -0,04 y -0,13, respectivamente. Además, se concluye que la demanda de agua responde de forma asimétrica

a las alzas y bajas de precios. Bakhtavoryan & Hovhannisian (2021) examinan la estructura de la demanda de agua residencial en los Estados Unidos entre los años 2010 y 2015. Los autores emplean un sistema de índice de Stone afín exacto generalizado (Generalized Exact Affine Stone Index) que reconoce la interrelación entre la demanda de agua residencial y agua embotellada en los Estados Unidos, concluyendo que ambos bienes son sustitutos. Imen & Jaleledinne (2021) identifican los principales determinantes de la demanda de agua residencial en Túnez, utilizando datos de pseudo-panel que incluyen una muestra de 18.972 hogares entre los años 2010 y 2015. Los resultados revelan que la elasticidad ingreso (0,1) y elasticidad precio (-0,3) son bajas. Maldonado & Almenar (2021) utilizan datos de panel entre los años 2008 y 2011 para estimar un modelo multinivel en la ciudad de Valencia. Específicamente, se realiza un análisis de regresión jerárquica que permite considerar diferentes escalas espaciales y temporales. Los resultados indican que la elasticidad de la demanda de agua es inelástica (-0,9), pero superior a la estimada para otras ciudades españolas. Además, se concluye que un aumento del 1% en la superficie de la vivienda implica un aumento del consumo de agua del 0,2%. Oyerinde & Jacobs (2022) usan datos de corte transversal obtenidos desde una encuesta realizada a 1.300 hogares en el suroeste de Nigeria. Los autores analizan los determinantes de la demanda de agua mediante una regresión lineal múltiple, encontrando que el consumo diario de agua es 2,8 veces mayor en hogares que tienen acceso a agua en el sitio donde se localiza la vivienda. Sebri (2014) realiza un meta-análisis para determinar las variaciones sistemáticas entre estudios de demanda de agua a nivel residencial. Los resultados empíricos muestran que el ingreso y tamaño del hogar son los determinantes más importantes de la demanda residencial de agua, y también, influyen en que la demanda de agua sea más elástica al precio. Adicionalmente, se concluye que la elasticidad precio es significativamente mayor a largo plazo ya que un período más prolongado permite que los consumidores se adapten mejor a cambios en los precios. Marzano et al. (2018) revisan un amplio conjunto de estudios empíricos (64% de ellos usan datos de panel), y luego, estiman un modelo de metarregresión para determinar la elasticidad precio de la demanda residencial de agua, obteniendo una elasticidad promedio de -0,4, con una desviación estándar de 0,7 y una mediana de -0,3. Hoyos & Artabe (2017) emplean una regresión de mínimos cuadrados ordinarios y una regresión con variables instrumentales para estimar la elasticidad precio de la demanda de agua en España. Los autores identifican posibles problemas de endogeneidad por lo que privilegian la estimación con variables instrumentales. Los resultados arrojan que en promedio la demanda es inelástica al precio (-0,3), aunque la elasticidad precio difiere notablemente entre distintas regiones climáticas. Kumar & Ramachandran (2019) identifican el efecto del ingreso sobre la demanda de agua, empleando datos

de corte transversal para 198 distritos municipales de Bangalore, India. La estimación por mínimos cuadrados ordinarios considera especificaciones lineales y no lineales, controlado por un conjunto de covariables demográficas e infraestructura. Los resultados sugieren que el área de edificación construida, la proporción de hogares de altos ingresos y el área verde per cápita en el distrito influyen positivamente en la demanda de agua. Finalmente, Stitzel & Rogers (2022) estiman regresiones de panel para clientes agrupados según el consumo de agua previo a los cambios de tarifas, lo cual permite evaluar respuestas de grupos heterogéneos. Sus resultados muestran que el valor de mercado de la vivienda y el área de la piscina se asocian positivamente con el consumo de agua para todos los grupos, mientras que el nivel de precipitaciones disminuye el consumo de agua.

3. Metodología

En la presente sección se discuten aspectos teóricos sobre el comportamiento de las firmas desde una perspectiva económica, enfocándose en la función de producción, función de costos y la demanda de factores productivos e insumos. Luego, se discuten técnicas estadísticas o econométricas para la estimación de una función de producción que permita determinar el valor marginal del agua y un sistema de demanda de factores e insumos que permita obtener la demanda industrial de agua.

3.1. Teoría de la firma

Siguiendo a Jehle & Reny (2011), la teoría microeconómica estudia el comportamiento de agentes económicos individuales, tales como consumidores, firmas, inversionistas y trabajadores. Las firmas son las encargadas de la producción de bienes y servicios en una economía de mercado, comprando insumos y contratando factores productivos que son combinados de acuerdo con la tecnología disponible. La razón por la cual se crean las firmas y se toman distintas decisiones de producción en ellas es la obtención de los beneficios máximos posibles. Si bien este no es el único motivo que puede haber detrás del comportamiento de una firma en la realidad, los otros motivos que pudieran existir son mermados por las fuerzas de mercado que obligan a la firma a maximizar beneficios.

La producción es el proceso de transformar insumos y factores productivos en bienes o servicios. Sin embargo, las firmas se enfrentan a la viabilidad tecnológica que restringe y determina lo que es posible producir al combinar insumos y factores productivos. La forma más general de representar esta viabilidad tecnológica es asumir que la firma tiene un conjunto de posibilidades de producción, $Y \subset \mathbb{R}^m$, donde cada vector $y \equiv (y_1, \dots, y_m) \in Y$ es un plan de producción cuyos elementos indican las cantidades de diversas entradas y salidas. Una convención común es escribir los elementos de $y \in Y$ de modo que $y_i < 0$ si el recurso i se agota en el plan de producción (insumos o factores productivos) e $y_i > 0$ si el recurso i se produce en el plan de producción (bienes o servicios). Cuando existe una sola salida y muchas entradas, se puede simplificar la notación de tal forma que y es la cantidad de salida (o producto) y el vector completo de n entradas (insumos o factores productivos) se denota como $x \equiv (x_1, \dots, x_n)$. En este caso, el vector de entrada y la cantidad de salida no deben ser negativos, por lo cual $x \geq 0$ e $y \geq 0$. Además, $y = f(x)$ representa la producción de y unidades de un bien o servicio dada la utilización del vector de entradas x . La función de producción $f: \mathbb{R}_+^n \rightarrow \mathbb{R}_+$ se asume

continua, estrictamente creciente, estrictamente cuasiconcava³ sobre \mathbb{R}_+^n y $f(0) = 0$. Cuando la función de producción f es diferenciable, su derivada parcial $\frac{\partial f(x)}{\partial x_i}$ se denomina producto marginal del insumo o factor productivo i . Si f es estrictamente creciente y continuamente diferenciable, entonces para casi todos los vectores de entrada se cumple que $\frac{\partial f(x)}{\partial x_i} > 0$.

El conjunto de vectores de entrada $Q(y)$ que produce las mismas y unidades de producto se denomina isocuanta de nivel y .

$$Q(y) \equiv \{x \geq 0 \mid f(x) = y\} \quad (1)$$

La tasa a la cual un insumo o factor productivo puede sustituirse por otro sin cambiar la cantidad de bien o servicio producido se denomina tasa marginal de sustitución técnica (MRTS en inglés). La MRTS del insumo o factor productivo j por el insumo o factor productivo i cuando el vector de entrada es x se define como la división entre productos marginales:

$$MRTS_{ij}(x) \equiv \frac{\partial f(x)/\partial x_i}{\partial f(x)/\partial x_j} \quad (2)$$

La elasticidad de sustitución (σ_{ij}) entre el insumo o factor productivo j y el insumo o factor productivo i se define como el cambio porcentual en x_j/x_i asociado a un cambio del 1% en la MRTS entre ellos. Esta elasticidad de sustitución se puede interpretar como la facilidad o dificultad para sustituir insumos o factores productivos ante un cambio en sus precios relativos.

Por otro lado, el costo total de producción en una firma es el costo económico de adquirir todos los insumos y factores productivos utilizados para alcanzar un cierto nivel de producción. La tecnología disponible permite que cada nivel de producción sea alcanzado por una amplia variedad de vectores de insumos y factores productivos. Sin embargo, la firma debe escoger uno de todos los posibles planes de producción. Si el objetivo de la firma es maximizar los beneficios, necesariamente se elegirá

³ La cuasiconcavidad estricta de f se supone por razones de simplicidad ya que una de las implicancias es la presencia de al menos algunas complementariedades en la producción.

el plan de producción de mínimo costo para cada nivel de producción. Esto es cierto para todas las firmas, independiente de la estructura de mercado en la que ellas participen.

La determinación del plan de producción de mínimo costo depende de los precios de los insumos y factores productivos, así como también, de las posibilidades tecnológicas en la producción. Los precios a su vez dependen de las condiciones en los mercados de insumos y factores productivos, las cuales deben ser tomadas en cuenta en las decisiones de la firma. Suponiendo que las firmas son tomadoras de precio en los mercados de insumos y factores productivos, se puede definir $w \equiv (w_1, \dots, w_n) \geq 0$ como un vector de precios a los que la firma puede comprar insumos o factores productivos representados en el vector $x \equiv (x_1, \dots, x_n)$. La función de costos para los precios de insumos y factores productivos $w \gg 0$ y todos los niveles de producción $y \in f(\mathbb{R}_+^n)$ está dada por la siguiente expresión:

$$c(w, y) \equiv \min_{x \in \mathbb{R}_+^n} w \cdot x \quad \text{s. a. } f(x) \geq y \quad (3)$$

Dado que f es estrictamente creciente, entonces el problema de minimización de costos es equivalente a:

$$c(w, y) \equiv \min_{x \in \mathbb{R}_+^n} w \cdot x \quad \text{s. a. } y = f(x) \quad (4)$$

Sea x^* una solución al problema anterior, si $x^* \gg 0$ y f una función derivable en x^* con $\nabla f(x^*) \gg 0$, entonces el teorema de Lagrange permite afirmar que existe un $\lambda^* \in \mathbb{R}$ tal que:

$$w_i = \lambda^* \cdot \frac{\partial f(x^*)}{\partial x_i} \quad \forall i = 1, \dots, n \quad (5)$$

Dado que $w_i > 0$, se puede dividir la i -ésima ecuación por la j -ésima ecuación para eliminar λ^* y obtener:

$$\frac{\frac{\partial f(x^*)}{\partial x_i}}{\frac{\partial f(x^*)}{\partial x_j}} = \frac{w_i}{w_j} \quad \forall i, j = 1, \dots, n \quad (6)$$

Por lo tanto, la minimización de costos implica que la tasa marginal de sustitución técnica entre dos insumos o factores productivos ($MRTS_{ij}(x)$) es igual a sus precios relativos ($\frac{w_i}{w_j}$).

A partir de las n condiciones de primer orden descritas en la ecuación (5) y la restricción $y = f(x)$, se puede demostrar que la solución de mínimo costo depende solamente de w e y . Así, $x^* \equiv x(w, y)$ denota el vector de insumos y factores productivos que minimiza el costo de producir y unidades de bienes o servicios dado los precios de los insumos y factores productivos w . La solución $x^*(w, y)$ es un vector de demanda condicional de insumos o factores productivos de la firma ya que depende de cualquier nivel arbitrario de producción y , el cual puede o no maximizar los beneficios. Además, esta solución es única cuando $w \gg 0$ y f es estrictamente cuasicóncava. Si $x^*(w, y)$ resuelve el problema de minimización de costos, entonces la función de costos $c(w, y)$ se representa por:

$$c(w, y) = w \cdot x^*(w, y) \quad (7)$$

La función de costos tiene diversas propiedades. Si f es continua y estrictamente creciente, entonces $c(w, y)$ es: i) cero cuando $y = 0$; ii) continua en su dominio, iii) estrictamente creciente e ilimitada sobre y para todo $w \gg 0$; iv) creciente en w ; v) homogénea de grado uno⁴ en w ; vi) cóncava en w . Además, si f es estrictamente cuasicóncava, se cumple el Lema de Shephard, el cual establece que la derivada de la función de costos respecto al precio del insumo o factor productivo i es igual a la demanda condicional de i :

$$\frac{\partial c(w, y)}{\partial w_i} = x_i^*(w, y) \quad \forall i = 1, \dots, n \quad (8)$$

⁴ Las funciones de producción homogéneas de grado uno reflejan una tecnología con rendimientos constantes a escala, lo cual implica que la producción se multiplica por t cuando todos los factores productivos e insumos se multiplican por t .

Las funciones de demanda condicionales de insumos y factores productivos obtenidas a partir del problema de minimización de costos también poseen ciertas propiedades. Suponiendo que la función de producción satisface sus propiedades y la función de costo asociada es dos veces diferenciable, se cumple lo siguiente: i) $x(w, y)$ es homogénea de grado cero en w y ii) la matriz de sustitución definida en la ecuación (9) es simétrica y semidefinida negativa:

$$\sigma^*(w, y) \equiv \begin{pmatrix} \frac{\partial x_1(w, y)}{\partial w_1} & \dots & \frac{\partial x_1(w, y)}{\partial w_n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial x_n(w, y)}{\partial w_1} & \dots & \frac{\partial x_n(w, y)}{\partial w_n} \end{pmatrix} \quad (9)$$

En particular, la última propiedad implica que $\frac{\partial x_i(w, y)}{\partial w_i} \leq 0 \forall i$.

Por otro lado, existe una dualidad entre la función de producción y función de costos. Dada una función de producción se puede obtener la función de costo a través del problema de minimización descrito en la ecuación (4). Al contrario, dada una función de costos se puede obtener la función de producción. En este último caso, si $c: \mathbb{R}_{++}^n \times \mathbb{R}_+ \rightarrow \mathbb{R}_+$ satisface las propiedades de una función de costos, entonces la función $f: \mathbb{R}_+^n \rightarrow \mathbb{R}_+$ definida por la ecuación (10) es creciente, ilimitada sobre y y cuasicóncava. En consecuencia, la función de costo generada por f es c .

$$f(x) \equiv \max\{y \geq 0 \mid w \cdot x \geq c(w, y), \forall w \gg 0\} \quad (10)$$

La dualidad entre la función de producción y de costos implica que para el estudio de cualquier firma no se necesita un conocimiento detallado de su tecnología y acceso a datos de ingeniería sumamente profundos. Simplemente puede estimarse una función de costos de la firma empleando los precios de insumos y factores productivos observables en el mercado y sus niveles de producción, luego puede recuperarse la función de producción subyacente a partir de la función de costo estimada.

3.2. Modelo translogarítmico

Greene (2012) señala que el modelo translogarítmico o translog se interpreta como una aproximación de segundo orden a cualquier función de producción desconocida. Una forma de obtenerlo es la siguiente. Primero, se aplica logaritmo natural a una función de producción desconocida, así que

$\ln y = \ln f(x_1, \dots, x_n)$. Al expandir esta función en una serie de Taylor de segundo orden alrededor del punto $x = [1, 1, \dots, 1]$ se puede concluir que el logaritmo natural de cada variable en el punto de expansión es un cero, entonces la aproximación de la función es la siguiente:

$$\ln y = f(0) + \sum_{i=1}^n \left[\frac{\partial f(\cdot)}{\partial \ln x_i} \right]_{\ln x=0} \ln x_k + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \left[\frac{\partial^2 f(\cdot)}{\partial \ln x_i \partial \ln x_j} \right]_{\ln x=0} \ln x_i \cdot \ln x_j + \varepsilon \quad (11)$$

en donde, ε es el error de aproximación de la función de producción desconocida. Como la función de producción y sus derivadas evaluadas en el valor cero son constantes, se interpretan como coeficientes y se pueden representar como:

$$\ln y = \beta_0 + \sum_{n=1}^n \beta_i \cdot \ln x_i + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \gamma_{ij} \cdot \ln x_i \cdot \ln x_j + \varepsilon \quad (12)$$

Este modelo se puede estimar a través de una regresión lineal ya que los parámetros β_0 , β_i y γ_{ij} son lineales, aunque puede estimarse a través de otros métodos.

También, existe un modelo translogarítmico de la función de costos asociada a un proceso productivo caracterizado por la función de producción $y = f(x)$. La solución al problema de minimizar el costo de producir y unidades de un bien o servicio dado un conjunto de precios de insumos o factores productivos genera un conjunto de demandas condicionadas para cada insumo o factor productivo $x_i = x_i(y, w)$. Así que el costo total de producción está dado por la siguiente función:

$$c(w, y) = \sum_{i=1}^n w_i \cdot x_i(w, y) \quad (13)$$

Si hay rendimientos constantes a escala se puede demostrar que $c(w, y) = y \cdot c(w)$ o que se cumple la ecuación (14).

$$\frac{c(w, y)}{y} = c(w) \quad (14)$$

Donde $c(w)$ es la función de costo promedio o unitario. Cabe recordar que las demandas condicionadas de insumos o factores productivos que minimizan los costos totales se obtienen al aplicar el lema de Shepard:

$$x_i^* = \frac{\partial c(w, y)}{\partial w_i} = \frac{y \cdot \partial c(w)}{\partial w_i} \quad (15)$$

De manera alternativa, se puede obtener la fracción de los costos de cada insumo o factor productivo que minimizan los costos totales al derivar logarítmicamente:

$$s_i \equiv \frac{\partial \ln c(w, y)}{\partial \ln w_i} = \frac{w_i}{c(w, y)} \cdot x_i^* \quad (16)$$

Con rendimientos constantes a escala se cumple que $\ln c(w, y) = \ln c(w) + \ln y$, entonces:

$$s_i = \frac{\partial \ln c(w)}{\partial \ln w_i} \quad (17)$$

En muchos estudios empíricos, los objetos de estimación son las elasticidades de sustitución entre insumos o factores productivos (θ_{ij}) y las elasticidades precio propias (η_{ii}) que vienen dadas por la ecuación (18) y ecuación (19), respectivamente:

$$\theta_{ij} \equiv \frac{c(w) \cdot \left(\frac{\partial^2 c(w)}{\partial w_i \partial w_j} \right)}{\left(\frac{\partial c(w)}{\partial w_i} \right) \cdot \left(\frac{\partial c(w)}{\partial w_j} \right)} \quad (18)$$

$$\eta_{ii} \equiv s_i \cdot \theta_{ii} \quad (19)$$

Al parametrizar adecuadamente la función de costos representada en la ecuación (13) y la fracción de costos representada en la ecuación (16), se obtiene un modelo econométrico de n o $n + 1$ ecuaciones que se puede usar para estimar estas variables. Al expandir $\ln c(w)$ en una serie de Taylor de segundo orden alrededor del punto $\ln w = 0$, se obtiene:

$$\ln c(w) \approx c(0) + \sum_{i=1}^n \left[\left(\frac{\partial \ln c(w)}{\partial \ln w_i} \right) \cdot \ln w_i \right]_{\ln w=0} + \frac{1}{2} \cdot \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \left[\left(\frac{\partial^2 \ln c(w)}{\partial \ln w_i \partial \ln w_j} \right) \cdot \ln w_i \cdot \ln w_j \right]_{\ln w=0} + \varepsilon \quad (20)$$

Donde todas las derivadas se evalúan en el punto de expansión $w = [1,1, \dots, 1]$. Luego, si estas derivadas se tratan como los coeficientes, entonces la función de costo se convierte en:

$$\begin{aligned} \ln c(w) = & \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln w_1 + \dots + \beta_n \cdot \ln w_n + \delta_{11} \cdot \left(\frac{1}{2} \ln^2 w_1 \right) + \delta_{12} \cdot \left(\frac{1}{2} \ln w_1 \cdot \ln w_2 \right) + \delta_{22} \cdot \left(\frac{1}{2} \ln^2 w_2 \right) \\ & + \dots + \delta_{nn} \cdot \left(\frac{1}{2} \ln^2 w_n \right) + \varepsilon \end{aligned} \quad (21)$$

La ecuación (21) es la función de costo translog, pero si δ_{ij} es igual a cero se reduce simplemente a la función Cobb-Douglas. Adicionalmente, la fracción de costos de cada insumo o factor productivo están dados por:

$$s_1 = \frac{\partial \ln c(w)}{\partial \ln w_1} = \beta_1 + \delta_{11} \cdot \ln w_1 + \delta_{12} \cdot \ln w_2 + \dots + \delta_{1n} \cdot \ln w_n + \varepsilon_1 \quad (22)$$

$$s_2 = \frac{\partial \ln c(w)}{\partial \ln w_2} = \beta_2 + \delta_{21} \cdot \ln w_1 + \delta_{22} \cdot \ln w_2 + \dots + \delta_{2n} \cdot \ln w_n + \varepsilon_2 \quad (23)$$

⋮

$$s_n = \frac{\partial \ln c(w)}{\partial \ln w_n} = \beta_n + \delta_{n1} \cdot \ln w_1 + \delta_{n2} \cdot \ln w_2 + \dots + \delta_{nn} \cdot \ln w_n + \varepsilon_n \quad (24)$$

La fracción de los costos deben sumar uno, por lo cual se requiere que se cumplan las siguientes tres restricciones:

$$\beta_1 + \beta_2 + \dots + \beta_n = 1 \quad (25)$$

$$\sum_{i=1}^n \delta_{ij} = 0 \quad (26)$$

$$\sum_{j=1}^n \delta_{ij} = 0 \quad (27)$$

También se debe imponer la restricción teórica de simetría $\delta_{ij} = \delta_{ji}$, descrita en la ecuación (9).

El sistema de ecuaciones de fracción de costos proporciona un modelo de regresiones aparentemente no relacionadas (SUR en inglés) que se puede usar para estimar los parámetros. Sin embargo, se deberían imponer las restricciones (25), (26) y (27), y también, resolver el problema de la singularidad de la matriz de covarianza de perturbaciones en las ecuaciones de fracción de costos. Esto se logra al dividir los primeros $n - 1$ precios de insumos o factores productivos por el n -ésimo precio. Finalmente, se calculan las estimaciones de máxima verosimilitud de los parámetros para garantizar la invariancia con respecto a la elección de la ecuación de fracción de costos que se elimina.

En la función de costo translog se pueden obtener fácilmente las elasticidades de sustitución una vez que se han estimado los parámetros del modelo:

$$\theta_{ij} = \frac{\delta_{ij} + s_i \cdot s_j}{s_i \cdot s_j}, \quad \theta_{ii} = \frac{\delta_{ii} + s_i \cdot (s_i - 1)}{s_i^2} \quad (28)$$

Dado que estas elasticidades diferirán en cada punto de datos se suelen calcular en algún punto central, tal como en la media de los datos.

3.3. Modelo de regresión lineal

Siguiendo a Greene (2012), los modelos de regresión lineal se utilizan para estudiar la relación entre una variable dependiente y una o más variables explicativas. Por ejemplo, la forma genérica del modelo de regresión lineal para estimar una función de producción con n insumos o factores productivos es la siguiente:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n) + \varepsilon = \beta_0 + x_1 \cdot \beta_1 + x_2 \cdot \beta_2 + \dots + x_n \cdot \beta_n + \varepsilon \quad (29)$$

Donde y es la variable dependiente y x_1, \dots, x_n son las variables explicativas. El modelo representado en la ecuación (29) también se puede representar como $y = x' \cdot \beta + \varepsilon$. En este modelo, β es un vector de n parámetros desconocidos y x es un vector de variables explicativas. El término ε es un error aleatorio que “perturba” una relación estable ya que no es posible capturar todas las influencias sobre

la variable dependiente en un modelo económico. El objetivo del modelo es estimar los parámetros desconocidos $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_n$ a partir de un conjunto de datos para predecir la variable y . El estimador de mínimos cuadrados se puede representar por la siguiente ecuación:

$$\hat{\beta} = (x' \cdot x)^{-1} x' \cdot y \quad (30)$$

El modelo de regresión lineal a veces se interpreta como una aproximación de alguna función subyacente desconocida, pero probablemente solo sea útil en un pequeño rango de variación de las variables explicativas⁵. Además, este modelo requiere exogeneidad de las variables explicativas $E[\varepsilon|x_1, x_2, \dots, x_n] = 0$, entre otros supuestos. La exogeneidad significa que las variables explicativas no tienen información útil para la predicción de ε .

3.4. Modelo de regresión lineal restringida

Según Amemiya (1985) existe la opción de estimar los parámetros del modelo de regresión representado en la ecuación (29) o (30) cuando existen ciertas restricciones lineales en los elementos de β , representadas de la siguiente forma:

$$Q' \cdot \beta = r \quad (31)$$

Donde Q es una matriz $K \times q$ de constantes conocidas y r es un vector q de constantes conocidas. También se asume que $q < K$ y el rango $(Q) = q$. La ecuación (31) permite incorporar muchas de las restricciones que plantea la teoría económica para las funciones de producción o funciones de costos. Por ejemplo, que la suma de los parámetros de regresión es igual a uno, lo cual es consistente con la propiedad de rendimientos constantes a escala en una función de producción.

El estimador de mínimos cuadrados restringidos (CLS) de β , denotado por $\bar{\beta}$, se define como el valor de β que minimiza la suma de los residuos al cuadrado:

$$S(\beta) = (y - x' \cdot \beta)' \cdot (y - x' \cdot \beta) \quad (32)$$

⁵ En contraste, el modelo translog ha demostrado ser mucho más eficaz como una aproximación de funciones de producción o costo ya que permite modelar características complejas como las elasticidades de sustitución, las cuales son las segundas derivadas de las funciones de producción o costo.

Bajo las restricciones lineales representadas por la ecuación (31).

En lugar de minimizar directamente la ecuación (32) sujeta a la ecuación (31), también se puede minimizar la ecuación (33) sujeta a la ecuación (31) ya que es matemáticamente más simple.

$$S(\beta) = S(\hat{\beta}) + (\hat{\beta} - \beta)' x' \cdot x (\hat{\beta} - \beta) \quad (33)$$

Definiendo $\hat{\beta} - \beta = \delta$ y $Q' \cdot \hat{\beta} - r = \gamma$. Luego, como $S(\hat{\beta})$ no depende de β , el problema es equivalente a la minimización de $\delta' \cdot x' \cdot x \cdot \delta$ sujeto a $Q' \cdot \delta = \gamma$. Igualando las derivadas de $\delta' \cdot x' \cdot x \cdot \delta + 2 \cdot \lambda' \cdot (Q' \cdot \delta - \gamma)$ con respecto a δ y el vector q de los multiplicadores de Lagrange λ a cero, se obtiene la siguiente solución:

$$\delta = (x' \cdot x)^{-1} \cdot Q \cdot [Q' \cdot (x' \cdot x)^{-1} \cdot Q]^{-1} \cdot \gamma \quad (34)$$

Transformando δ y γ a las variables originales, se puede escribir el valor minimizante $\bar{\beta}$ para $S(\beta)$ como:

$$\bar{\beta} = \hat{\beta} - (x' \cdot x)^{-1} Q \cdot [Q' \cdot (x' \cdot x)^{-1} \cdot Q]^{-1} (Q' \cdot \hat{\beta} - r) \quad (35)$$

La expresión para $\bar{\beta}$ representada en la ecuación (35) permite obtener estimador de mínimos cuadrados restringidos (CLS).

3.5. Modelo de regresión lineal con variables instrumentales

El supuesto que x y ε no están correlacionados en el modelo de regresión lineal es insostenible en muchas aplicaciones empíricas. Por ejemplo, hay variables que se miden con error, variables no observables o variables que por otras razones se omiten de la regresión. En este caso, la consistencia o ausencia de sesgo en el estimador de mínimos cuadrados ya no es válida, por lo cual la regresión lineal pierde su atractivo. Afortunadamente, existe un estimador de variables instrumentales que permite corregir el problema de endogeneidad si es posible encontrar alguna variable exógena z que no esté correlacionada con ε , $E[z' \cdot \varepsilon] = 0$, y que posea información relevante para explicar la variable x_i que sufre de endogeneidad. El estimador de la variable instrumental se puede representar por la siguiente ecuación:

$$\hat{\beta}_{IV} = (z' \cdot x)^{-1} \cdot z' \cdot y \quad (36)$$

Los supuestos de exogeneidad y relevancia de z permiten el cálculo de $\hat{\beta}_{IV}$. El primer supuesto implica que los movimientos en z son exógenos al modelo, así que la covariación de y y z se explica por el movimiento de z y no por el movimiento de ε . El segundo supuesto de relevancia afirma que el movimiento en z proporciona la variación necesaria para explicar a la variable endógena x_i . El estimador de variable instrumental puede ser expresado como:

$$\hat{\delta}_{IV} = [\hat{z}' \cdot z]^{-1} \cdot \hat{z}' \cdot y \quad (37)$$

La ecuación (32) estimada por mínimos cuadrados en dos etapas (2SLS en inglés) es consistente. Sin embargo, se espera que este estimador sea menos eficiente que un estimador de mínimos cuadrados generalizados (GLS en inglés) por lo que un candidato natural es el estimador de mínimos cuadrados en tres etapas (3SLS en inglés):

$$\hat{\delta}_{3SLS} = [\hat{z}' \cdot (\Sigma^{-1} \otimes I) \cdot z]^{-1} \cdot \hat{z}' \cdot (\Sigma^{-1} \otimes I) \cdot y \quad (38)$$

Donde para la t -ésima observación, \otimes es el producto Kronecker y Σ es la matriz covarianza $M \times M$ de las perturbaciones aleatorias:

$$\Sigma = \begin{bmatrix} \sigma_{11} & \cdots & \sigma_{1M} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{M1} & \cdots & \sigma_{MM} \end{bmatrix} \quad (39)$$

Para que este estimador de 3SLS sea un estimador IV válido, se deben cumplir las siguientes dos condiciones:

$$plim \frac{1}{T} \hat{z}' \cdot (\Sigma^{-1} \otimes I) \cdot \varepsilon = 0 \quad (40)$$

$$plim \frac{1}{T} \hat{z}' \cdot (\Sigma^{-1} \otimes I) \cdot z \neq 0 \quad (41)$$

Donde $plim$ es la probabilidad en el límite y T es el número de observaciones. La identificación de cada ecuación se logra ya que la condición de rango es suficiente. Usando la idempotencia de $I - M$, también se puede interpretar este estimador como un estimador GLS:

$$\hat{\delta}_{3SLS} = [\hat{z}' \cdot (\Sigma^{-1} \otimes I) \cdot \hat{z}]^{-1} \cdot \hat{z}' \cdot (\Sigma^{-1} \otimes I) \cdot y \quad (42)$$

Según Greene (2012), se puede demostrar que 3SLS es asintóticamente eficiente entre todos los estimadores IV que usan solo la información muestral incorporada en el sistema. En el caso de perturbaciones distribuidas normalmente, también se puede demostrar que 3SLS tiene la misma distribución asintótica que el estimador de máxima verosimilitud con información completa.

3.6. Modelos de regresión no lineal

Greene (2012) señala que el modelo de regresión no lineal considera la estimación por mínimos cuadrados de funciones con parámetros no lineales. La forma general del modelo de regresión no lineal es:

$$y = h(x' \cdot \beta) + \varepsilon \quad (43)$$

Por ejemplo, la función de producción representada por la ecuación (12) se puede reescribir de forma no lineal al aplicar la función exponencial. Al igual que en la regresión lineal, también se asume que cualquier variable explicativa perteneciente a x es estrictamente exógena con respecto a ε . El estimador no lineal de mínimos cuadrados se define como el minimizador de la suma de cuadrados:

$$\min_{\beta} S(\beta) = \frac{1}{2} \varepsilon' \cdot \varepsilon = \frac{1}{2} [y - h(x' \cdot \beta)]' \cdot [y - h(x' \cdot \beta)] \quad (44)$$

Las condiciones de primer orden para la minimización son:

$$\frac{\partial S(\beta)}{\partial \beta} = [y - h(x' \cdot \beta)] \cdot \frac{\partial h(x' \cdot \beta)}{\partial \beta} = 0 \quad (45)$$

Este es un problema estándar en la optimización no lineal que se puede resolver mediante varios métodos.

En el modelo de regresión no lineal algunas variables explicativas x_i podrían estar correlacionadas con las perturbaciones ε . Sin embargo, si existe un conjunto de variables $z \equiv [z_1, \dots, z_L]$ exógenas y relevantes entonces se puede construir un estimador consistente para β , usando estas variables

instrumentales. El estimador no lineal de mínimos cuadrados con variables instrumentales se define como el minimizador de la suma de cuadrados:

$$\min_{\beta} S(\beta) = \frac{1}{2} \{ [y - h(x' \cdot \beta)]' \cdot z \} \cdot (z' \cdot z)^{-1} \cdot \{ z' \cdot [y - h(x' \cdot \beta)] \} \quad (46)$$

Este problema es altamente no lineal en la mayoría de los casos, pero es un problema de minimización sencillo y la estimación se puede tratar como un problema de optimización no lineal.

4. Base de datos y su procesamiento

Los datos disponibles para este estudio provienen de la Encuesta Nacional Industrial Anual (ENIA) 2018, la cual es un instrumento estadístico censal de frecuencia anual realizada por el Instituto Nacional de Estadística (INE) que tiene como objetivo reflejar información detallada sobre distintos aspectos estructurales del sector manufacturero nacional. La encuesta ENIA recaba datos detallados sobre la adquisición de insumos y factores productivos que participan en el proceso productivo, ventas de los productos elaborados, entre otras variables de interés. La encuesta ENIA del año 2018 contiene registros de 4.108 firmas industriales, las cuales se localizan en alguna de las 16 regiones de Chile y pueden asociarse a 24 subsectores industriales según la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU) (ver Tabla A1 del Anexo).

Según la teoría económica, una función de producción depende de la contratación de insumos y factores productivos, mientras que una función de costos depende de los precios de los insumos, precios de los factores productivos y nivel de producción. En términos prácticos, la estimación de una función de producción requiere datos de unidades producidas (aproximada a través de las ventas) y cantidad de insumos y factores productivos utilizados en el proceso productivo. En contraste, la estimación de una función de costos requiere datos de costos totales de producción, los precios de insumos y factores productivos y el nivel de producción (ventas). Afortunadamente, en la encuesta ENIA se reporta la utilización de algunos insumos con bastante detalle, incluyendo el gasto y unidades físicas adquiridas lo que permite obtener indirectamente el precio de estos insumos. Los insumos disponibles corresponden a electricidad, agua, carbón, coque, petróleo combustible, petróleo diésel, bencina, parafina, gas licuado, gas natural, gas natural licuado, metanol, grasas y aceites lubricantes y leña. Otras variables de interés para este estudio son el pago en remuneraciones y el número de trabajadores que permiten obtener el salario promedio, las ventas de productos fabricados, el gasto en materias primas y las utilidades que permiten obtener indirectamente el stock de capital.

En la base de datos cada firma puede reportar distintas unidades para declarar la compra de sus insumos. Por ejemplo, la compra de agua puede estar en metros cúbicos o litros. Lo mismo sucede con los insumos energéticos o la moneda con la cual se contabilizan los ingresos y gastos. Por lo anterior, el primer paso en el procesamiento de la base de datos fue estandarizar las unidades en base a las conversiones reportadas en la Tabla A2 del Anexo.

En segundo lugar, algunas variables requeridas que no estaban en la base de datos tuvieron que obtenerse a partir de otras variables disponibles. Por ejemplo, el gasto y cantidad comprada de cada insumo permitió calcular el precio de ese insumo. Un proceso similar se utilizó para obtener el precio de la mano de obra, dividiendo el gasto total en remuneraciones y la cantidad de trabajadores. Por otro lado, la cantidad de materia prima comprada no se reporta en la ENIA y solo pudo obtenerse mediante una división entre el gasto en materia prima y el índice de precios al consumidor para cada subsector industrial que fue obtenido de la página del Instituto Nacional de Estadística⁶. La variable de stock de capital tampoco está disponible en la base de datos y tuvo que calcularse asumiendo que el stock de capital corresponde al valor de la firma y que cada una de las firmas existirá por un número ilimitado de años. Específicamente, se calcularon las utilidades de cada firma como la diferencia entre los ingresos y costos operacionales menos la depreciación. Luego, las utilidades se dividieron por la tasa de descuento para cada subsector industrial, obteniendo una aproximación para el stock de capital. Cabe señalar que la tasa de descuento fue obtenida a través del modelo CAPM:

$$R_i = R_f + \beta \cdot (R_m - R_f) \quad (47)$$

Donde R_m (10%) es la tasa de retorno de mercado obtenida del promedio de rendimiento del IPSA entre los años 2008 y 2018, R_f (2,2%) es la tasa libre de riesgo que corresponde al promedio de los bonos emitidos por el Banco Central entre los años 2008 y 2018. El β de cada subsector industrial, que mide el grado de variabilidad de la rentabilidad de una acción respecto a la rentabilidad promedio del "mercado" en que se negocia, se obtuvo del sitio web de Damoradan⁷ como β desapalancado promedio (ver Tabla A3 del Anexo), el cual se asume como el β de cada firma.

Es importante destacar que muchos de los valores calculados para los precios de los diferentes insumos y mano de obra presentaron errores obvios ya que se alejaban fuertemente de los precios promedio del año 2018 y precios de mercado para esos recursos. Lo anterior, se puede atribuir a errores de digitación en el gasto o unidades físicas adquiridas, o bien, a errores en las unidades de medidas reportadas en la ENIA. En consecuencia, fue necesario filtrar y limpiar la base de datos adoptando

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

⁷ https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/dataarchived.html

algún criterio o método de depuración. En este caso, se recurrió a un código estadístico implementado en el software R Studio. El código contiene los cálculos estadísticos que se detallan a continuación.

Los estadísticos utilizados para caracterizar los datos y detectar datos atípicos sobre los precios estimados fueron la media, mediana y cuartiles. Ante la dificultad de identificar los datos atípicos se calculó el rango intercuartílico (IQR) que está compuesto por la diferencia entre el tercer y primer cuartil que contiene al 50% de los datos. Luego, se definió como valor atípico (x_0) aquel que dista 1,5 veces el rango intercuartílico por debajo del segundo cuartil o por encima del tercer cuartil

$$x_0 < Q_2 - 1.5 \cdot IQR \quad \text{ó} \quad x_0 > Q_3 + 1.5 \cdot IQR \quad (48)$$

Al remplazar o quitar los datos atípicos es normal que la media, mediana y cuartiles cambien, puesto que los valores atípicos proporcionan mucho peso y distorsionan el comportamiento real de los datos. Luego de identificar los valores atípicos se procede a remplazarlos por la estimación más adecuada para cada caso, bien sea la media o la mediana. Para ello se define una función en el Software R y se decide remplazar por la media aquellos valores atípicos que estén por debajo del umbral inferior definido en la ecuación (48) y por la mediana aquellos valores que estén por encima del umbral superior definido en la ecuación (48). El número y porcentaje de correcciones se detalla en la Tabla 1.

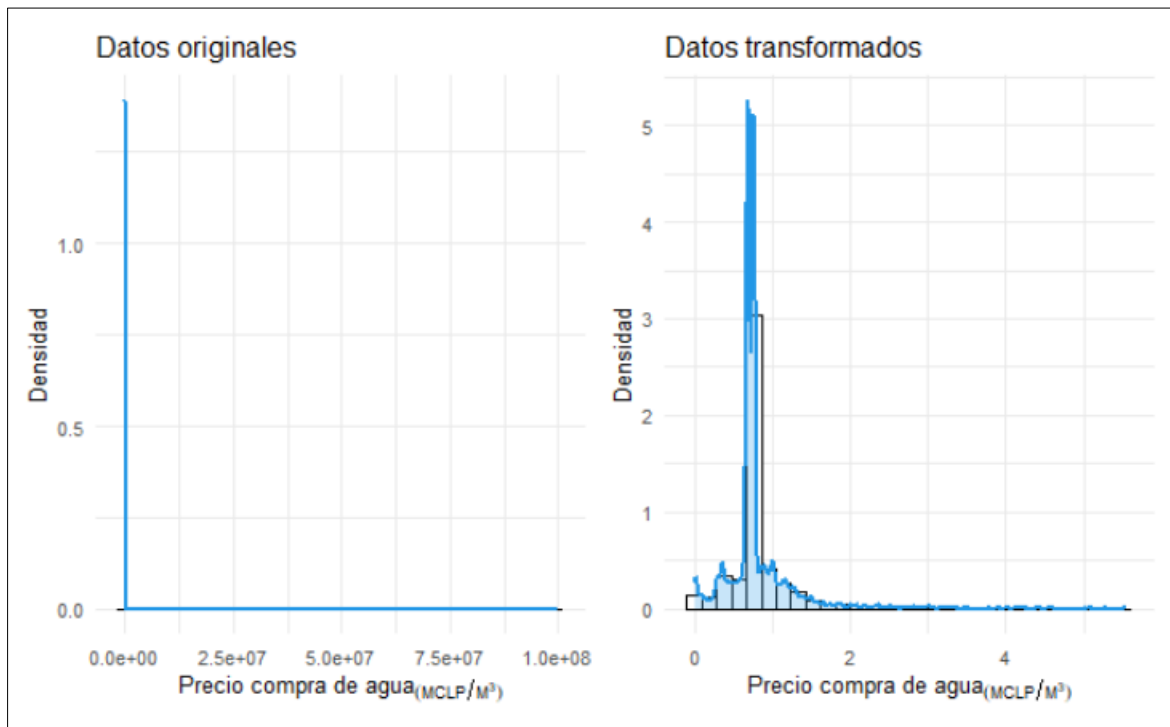
Tabla 1: Número y porcentaje de correcciones de la base de datos

Variable	Número de correcciones	Porcentaje (%) de corrección de la variable
Precio de compra electricidad	497	12,37
Precio de venta electricidad	0	0
Precio de compra agua	769	19,14
Precio de carbón	0	0
Precio de carbón coke	0	0
Precio de petróleo combustible	242	5,89
Precio de petróleo diesel	110	2,68
Precio de bencina	208	5,06
Precio de parafina	12	2,92
Precio de gas licuado	900	21,91
Precio de gas natural	140	3,41
Precio de gas natural licuado	185	4,50
Precio de metanol	0	0
Precio de leña	46	1,12
Precio de grasas y lubricantes	213	5,19
Remuneraciones	141	3,43

Fuente: Elaboración propia.

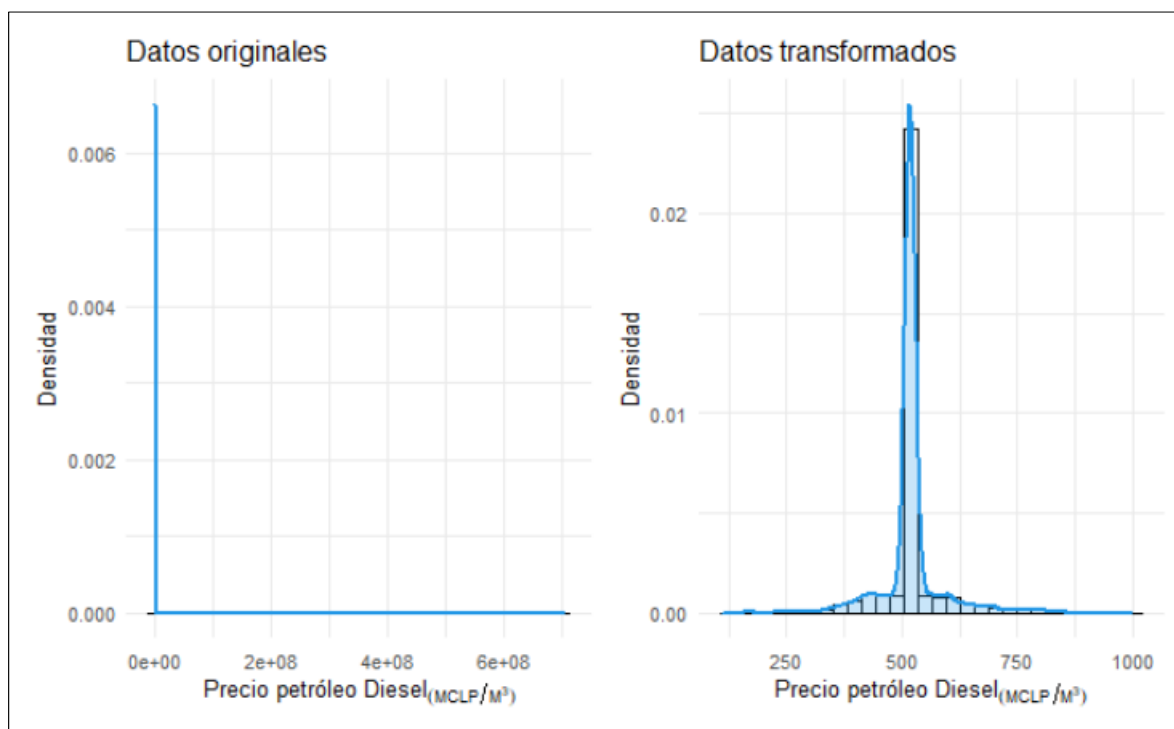
De manera visual, la distribución de los datos luego de las correcciones quedó como se ejemplifica en la Figura 1 y Figura 2.

Figura 1: Distribución de la variable "precio compra de agua" previo y posterior a la corrección



Fuente: Elaboración propia. Nota: El 25,6% de los precios originales de compra de agua es igual a cero. El promedio de los datos es 126.458,49 MCLP/m³ y la mediana es 0,76 MCLP/m³.

Figura 2: Distribución de la variable "precio petróleo diésel" previo y posterior a la corrección



Fuente: Elaboración propia. Nota: El 58,9% de los precios originales de compra de petróleo diésel es igual a cero. El promedio de los datos es 1.084.140,38 MCLP/m³ y la mediana es 0,00 MCLP/m³.

Posteriormente, las unidades de la energía eléctrica e insumos fósiles se transformaron a millón de BTU (MMBTU), aplicando conversiones que involucraron los poderes caloríficos y densidades para cada fuente de energía. En el caso específico de los insumos energéticos, también se calculó la cantidad total de energía adquirida por la firma en MMBTU como la suma del aporte energético de cada uno de ellos, mientras que el precio de la energía se obtuvo a través de un precio promedio ponderado según la importancia del insumo energético en el gasto en energía.

Finalmente, se agregó una variable relacionada a la oferta de agua en la base de datos, la cual fue definida como el nivel de precipitaciones de cada región de Chile para ser utilizada como variable instrumental. Esta información se obtuvo del Anuario Meteorológico 2018 (DGAC, 2019) en el cual se encuentra el nivel de agua caída en distintas estaciones ubicadas a lo largo del país. Se utiliza el valor promedio en las regiones que cuentan con una o más estaciones, excepto para el caso de la región de O'Higgins que no posee ninguna estación y se le adjudicó el mismo valor de precipitación que la región Metropolitana dadas sus similitudes climáticas.

5. Resultados

En esta sección se reportan las estimaciones para las funciones de producción y funciones de costos del sector industrial chileno. Una función de producción permite estimar el valor del producto marginal de cualquier insumo o factor productivo a través de la derivada parcial, así que es posible determinar el valor económico del agua. Por otra parte, una función de costos permite obtener las funciones de demanda por insumos y factores productivos usando el Lema de Shepard, así que es posible determinar las elasticidades precio de la demanda de agua. Cabe señalar que los resultados de las funciones de producción y costos se sensibilizan a través de diversas técnicas econométricas de estimación, también con la inclusión o exclusión de la variable asociada a materia prima que fue problemática de obtener y con la desagregación sectorial de las observaciones nacionales por código CIU.

5.1. Función de producción

Una función de producción relaciona el valor de la producción con un conjunto de insumos y factores productivos. La estructura escogida para esta función de producción es translog por lo que la variable dependiente y todas las variables explicativas están expresadas en logaritmo natural (ver Tabla 2).

Tabla 2: Variables utilizadas en los modelos para estimar la función de producción

Variable	Descripción
$\ln y$	Logaritmo natural del valor de la producción (en miles de pesos)
$\ln l$	Logaritmo natural de la cantidad de trabajadores
$\ln k$	Logaritmo natural del stock de capital (en miles de pesos)
$\ln a$	Logaritmo natural de la cantidad de agua (en m ³)
$\ln e$	Logaritmo natural de la cantidad de energía total comprada (en MMBTU)
$\ln m$	Logaritmo natural de la cantidad de materia prima utilizada (en miles de pesos dividido por un índice de precios de insumos a nivel sectorial obtenido del INE)
precipitaciones	Variable instrumental para el precio del agua (mm/año)

Fuente: Elaboración propia.

La función de producción se estima con tres métodos econométricos que se basan en distintos supuestos. El método de mínimos cuadrados ordinarios (OLS) asume que las variables explicativas son exógenas y que los parámetros pueden adoptar cualquier valor que minimice la suma al cuadrado de los errores de estimación, el método de mínimos cuadrados con restricciones (CLS) asume que las variables explicativas son exógenas y se imponen ciertas restricciones para que los valores de los

parámetros estimados cumplan con la teoría de la firma⁸, y finalmente, el método de variables instrumentales (IV) permite que las variables explicativas sean endógenas si se cumplen ciertas condiciones de relevancia y exogeneidad⁹. Por otro lado, la inclusión de la variable logaritmo natural de la cantidad de materia prima ($\ln m$) en los modelos econométricos fue problemática ya que en la base de datos solo se reporta el gasto en materia prima y no existe un precio que permita calcular la cantidad adquirida de materia prima. Aunque se usó un índice de precios de insumos a nivel sectorial obtenido desde el Instituto Nacional de Estadísticas para aproximar el consumo de materia prima en unidades físicas, se decidió sensibilizar la estimación de la función de producción considerando la exclusión o inclusión de la variable $\ln m$ debido a la incertidumbre sobre la capacidad para calcular adecuadamente el consumo en materia prima. También, se sensibilizan los resultados según nivel de agregación, considerando estimaciones que agrupan todas las observaciones a nivel nacional y estimaciones sectoriales según código CIIU¹⁰.

Los resultados son reportados en diversas tablas en el cuerpo principal de este informe y en el Anexo según el nivel de desagregación (nacional o sectorial), variables explicativas incluidas (con o sin materia prima) y tipos de modelos econométricos estimados (OLS, CLS, IV), lo cual facilita la comparación de los coeficientes obtenidos en las funciones de producción. Además, al final de cada

⁸ Estas restricciones consisten en que la suma de los coeficientes de las variables $\ln l$, $\ln k$, $\ln a$, $\ln e$ y $\ln m$ sumen uno, y también, que la suma de los coeficientes de la multiplicación de estas variables por sí mismas y por el resto de las variables sumen cero, asegurando la propiedad de rendimientos constantes a escala.

⁹ Se utiliza como variable instrumental un factor de oferta de agua (precipitaciones) para tratar el posible problema de endogeneidad en el precio del agua. Luego, se determina la validez del método de variable instrumental a través de pruebas de relevancia (test endog) y sobre-identificación (test overid).

¹⁰ Los subsectores industriales incluidos en cada agrupación de códigos CIIU son los siguientes: códigos 10 y 11 corresponden a fabricación de productos alimenticios y bebidas alcohólicas; códigos 13 a 15 corresponden a fabricación de productos textiles, prendas de vestir y cuero; códigos 16 a 18 corresponden a fabricación de productos de madera, corcho, papel y sus derivados (excepto muebles), y también, impresión y reproducción de grabaciones; códigos 19 a 22 corresponden a fabricación de coque, productos de plástico y caucho, y también, sustancias y productos químicos y farmacéuticos; código 23 corresponde a fabricación de productos minerales no metálicos; códigos 24 y 25 corresponden a fabricación de metales comunes y productos de metal (excepto maquinaria y equipo); códigos 26 a 30 corresponden a fabricación de productos de informática, electrónica, equipo eléctrico, óptica, maquinaria y vehículos automotores, remolques y semirremolques, y también, otros tipos de equipo de transporte; códigos mayores o iguales a 30 corresponden a fabricación de muebles, reparación e instalación de maquinaria y equipo, y también, otros subsectores manufactureros que no coincidieron con los CIIU existentes o de los cuales no se tiene información.

tabla se reporta el número de observaciones, test F, test de Wald, R^2 y Root MSE, así como también, los tests para validar el método IV. Respecto a este último punto, el test de endogeneidad debe entregar un “valor p” menor a 0,05, el test F de relevancia debe tener un valor mayor a 10 y el test de sobre-identificación un “valor p” mayor a 0,05 para que la estimación con variables instrumentales se considere satisfactoria y efectivamente corrija los problemas de endogeneidad.

Desde un punto de vista teórico, se espera que los coeficientes estimados para las variables $\ln l$, $\ln k$, $\ln a$, $\ln e$ y $\ln m$ tengan signo positivo y sean estadísticamente significativos ya que cada unidad adicional de insumo o factor productivo empleado debe elevar el nivel de producción. Sin embargo, los coeficientes estimados para las variables multiplicadas por sí mismas o por el resto de las variables pueden ser positivos o negativos, dependiendo del efecto cruzado entre insumos o factores productivos. Además, la suma de los valores de los coeficientes debería asegurar que se cumple la propiedad de rendimientos constantes a escala para la función de producción.

La Tabla 3 reporta los coeficientes estimados para la función de producción a nivel nacional. Las estimaciones con el método OLS arrojan pésimos resultados ya que prácticamente ningún coeficiente asociado de forma directa a un insumo o factor productivo es estadísticamente significativo, excepto el agua cuando se excluye la variable de materia prima. Lo anterior, implicaría que las firmas industriales compran energía y contratan trabajo y capital que no aportan a la producción. Las estimaciones con el método CLS son las mejores ya que los coeficientes asociados a las variables $\ln k$, $\ln l$ y $\ln a$ son positivos, estadísticamente significativos y están en el rango de valores que asegura retornos constantes a escala. Además, se observan algunos efectos estadísticamente significativos para estas variables en términos cuadráticos o cruzadas, lo cual rechazaría la hipótesis de una función de producción tipo Cobb-Douglas para caracterizar a las firmas industriales en Chile. Sin embargo, la estimación del método CLS que incluye la materia prima tiene los mejores resultados en términos del test F de significancia global, descartándose la utilización del modelo sin materia prima. Las estimaciones con el método IV arrojan muy pocos coeficientes estadísticamente significativos y con signos negativos contrarios a la teoría económica. En el caso sin materia prima, los tests aplicados en el método IV señalan que la variable $\ln a$ tiene problemas de endogeneidad y que la variable instrumental es relevante y exógena, pero los parámetros obtenidos tienen magnitudes y/o signos erróneos. En el caso con materia prima, los tests aplicados en el método IV señalan que la variable $\ln a$ no tiene problemas de endogeneidad, así que se puede utilizar sin problemas los resultados de OLS o CLS. Considerando todo lo anterior, se puede concluir que la mejor estimación de la función de

producción industrial nacional se obtiene con el método CLS incluyendo la variable logaritmo natural de materia prima.

Tabla 3: Resultados para la función de producción a nivel nacional

Variables explicativas	Excluyendo la variable logaritmo natural de materia prima								Incluyendo la variable logaritmo natural de materia prima								
	OLS		CLS		IV		OLS		CLS		IV						
	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.					
<i>ln l</i>	0.6670	0.4419	0.4554	0.0462	***	-0.1582	1.2853	0.3484	0.3477	0.2675	0.1073	**	0.7389	0.9203			
<i>ln k</i>	0.2823	0.3225	0.2898	0.0787	***	2.6452	1.3279	**	0.2252	0.2673	0.4606	0.2641	*	1.0461	0.9520		
<i>ln a</i>	0.1338	0.0635	**	0.2336	0.0605	***	4.3293	1.9462	**	0.0822	0.0526	0.1253	0.0481	***	2.1547	1.4389	
<i>ln e</i>	-0.1393	0.1130	0.0212	0.0651		-1.7200	0.7365	**	-0.0148	0.0563	0.0333	0.0498		-0.9449	0.5286		
<i>ln m</i>						0.0902	0.2250		0.0902	0.2250	0.1134	0.2275		0.2796	0.4262		
<i>ln l * ln l</i>	-0.0581	0.0137	***	-0.0267	0.0088	***	-0.0503	0.0281	*	-0.0156	0.0098	-0.0082	0.0104	0.0094	0.0271		
<i>ln k * ln k</i>	0.0070	0.0117		0.0086	0.0029	***	-0.0503	0.0374		0.0019	0.0116	-0.0040	0.0131	-0.0110	0.0307		
<i>ln a * ln a</i>	0.0037	0.0017	**	0.0041	0.0018	**	-0.0194	0.0277		-0.0015	0.0016	-0.0013	0.0016	-0.0129	0.0199		
<i>ln e * ln e</i>	0.0004	0.0017		0.0024	0.0011	**	-0.0063	0.0175		0.0016	0.0009	0.0024	0.0008	***	-0.0138	0.0142	
<i>ln m * ln m</i>										0.0332	0.0033	***	0.0334	0.0032	***	0.0335	0.0053
<i>ln l * ln k</i>	0.0090	0.0300		0.0106	0.0041	***	0.0530	0.0714		0.0130	0.0326	0.0139	0.0123	-0.0173	0.0605		
<i>ln l * ln a</i>	0.0224	0.0076	***	0.0181	0.0047	***	0.0564	0.1648		0.0110	0.0070	0.0119	0.0043	***	-0.0851	0.1298	
<i>ln l * ln e</i>	0.0091	0.0109		-0.0021	0.0055		-0.0159	0.0595		0.0140	0.0086	0.0068	0.0051	0.0384	0.0458		
<i>ln l * ln m</i>										-0.0278	0.0209	-0.0243	0.0128	*	-0.0177	0.0263	
<i>ln k * ln a</i>	-0.0162	0.0054	***	-0.0207	0.0051	***	-0.2825	0.1268	**	-0.0100	0.0061	-0.0125	0.0062	**	-0.0922	0.0987	
<i>ln k * ln e</i>	0.0096	0.0075		0.0014	0.0057		0.1042	0.0456	**	0.0164	0.0079	**	0.0153	0.0076	**	0.0519	0.0349
<i>ln k * ln m</i>										-0.0106	0.0147	-0.0128	0.0149	-0.0190	0.0245		
<i>ln a * ln e</i>	0.0004	0.0017		-0.0017	0.0020		0.0509	0.0524		-0.0004	0.0013	-0.0014	0.0013	0.0613	0.0422		
<i>ln a * ln m</i>										0.0034	0.0071	0.0033	0.0070	-0.0402	0.0433		
<i>ln e * ln m</i>										-0.0226	0.0087	***	-0.0232	0.0089	***	-0.0067	0.0220
constante	5.4717	2.2714	**	5.1268	0.4812	***	-17.1751	11.9846		4.8102	1.7522	***	2.6664	0.9391	***	-5.8820	8.1745
Nro. Obs.	3730			3730			3730			3730			3730		3730		
Test F	595.6500		***	4589.9100		***				1075.5600		***	6579.5600		***		
R ²	0.5354									0.6833					0.3719		
Root MSE	1.4515			1.4573			2.2194			1.1993			1.2002		1.6841		
Wald χ^2							1332.4700								3800.0800	***	
Test endogeneidad																	
Robust score χ^2							12.3199	**							10.5411		
Robust regression							2.4631	**							1.7127		
Test de relevancia																	
Test F							11.7191	***							11.6336	***	
Test overid																	
Score χ^2							11.3491								10.3613		

Fuente: Elaboración propia. Nota: (*) significativo al 10%, (**) significativo al 5% y (***) significativo al 1%.

La gran mayoría de las estimaciones realizadas para la función de producción según subsector industrial son bastante decepcionantes respecto a los resultados a nivel nacional. Los resultados para la agregación de códigos CIIU 10 y 11 (subsector de alimentos y bebidas alcohólicas) se discutirán con más detalle, lo cual se explica porque el número de observaciones es mucho más grande que en cualquier otro subsector industrial y al igual que la gran utilización de agua en sus procesos productivos. Específicamente, la agregación de códigos CIIU 10 y 11 posee 1134 observaciones, mientras que el número de observaciones más grande que sigue es 569 correspondiente a la agregación CIIU 19 a 22 (subsectores de fabricación de coque, productos de plástico, caucho, y también, sustancias y productos químicos y farmacéuticos).

Las estimaciones para la función de producción de firmas pertenecientes a los códigos CIIU 10 y 11 se reportan en la Tabla A4 del Anexo. El modelo con los mejores resultados en términos de significancia global (test F), y también, magnitudes, signos y significancia estadística de los coeficientes de la función de producción es el método CLS cuando se excluye el logaritmo natural de la materia prima. Sin embargo, el método de IV determina que existe un problema de endogeneidad en la variable $\ln a$, por lo cual las estimaciones del método CLS son sesgadas e inconsistentes. Adicionalmente, el método IV no es capaz de corregir el problema ya que la variable instrumental no pasa el test de relevancia. Las estimaciones para la función de producción de firmas pertenecientes a los códigos CIIU 13 a 15 se reportan en la Tabla A5 del Anexo. En este caso, todos los modelos presentan problemas de magnitudes, signos y/o significancia estadística. Además, los tests de endogeneidad aplicados en el método IV demuestran que los métodos OLS y CLS arrojan resultados sesgados e inconsistentes. Las estimaciones para la función de producción de las firmas pertenecientes a los códigos CIIU 16 a 18 se reportan en la Tabla A6 del Anexo. En este caso, los métodos CLS entregan resultados que implicarían un valor del producto marginal del capital y energía igual a cero, lo cual no tiene sentido económico. Además, los tests de endogeneidad aplicados en el método IV cuando se incluye el logaritmo natural de la materia demuestran que los métodos OLS y CLS entregan resultados sesgados e inconsistentes. Las estimaciones para la función de producción de firmas pertenecientes a los códigos CIIU 19 a 22 se reportan en la Tabla A7 del Anexo. En este caso, el método CLS sin materia prima es el que arroja más coeficientes estadísticamente significativos, pero los resultados implicarían un valor del producto marginal del capital y energía igual a cero. Las estimaciones para la función de producción de firmas pertenecientes al código CIIU 23 se reportan en la Tabla A8 del Anexo. En este caso, el método CLS es el que arroja más coeficientes estadísticamente

significativos, pero los resultados implicarían un valor del producto marginal del trabajo y energía igual a cero. Las estimaciones para la función de producción de firmas pertenecientes a los códigos CIIU 24 a 25 se reportan en la Tabla A9 del Anexo. En este caso, el método CLS con materia prima es el que arroja más coeficientes estadísticamente significativos y una significancia global mayor, pero los resultados implicarían un valor del producto marginal del trabajo, agua y energía igual a cero. Las estimaciones para la función de producción de firmas pertenecientes a los códigos CIIU 26 a 30 se reportan en la Tabla A10 del Anexo. En este caso, el método CLS con materia prima es el que arroja más coeficientes estadísticamente significativos y una significancia global mayor, pero las magnitudes de los coeficientes y signos no tienen sentido desde un punto de vista económico. Finalmente, las estimaciones para la función de producción de firmas pertenecientes a los códigos CIIU mayores a 30 se reportan en la Tabla A11 del Anexo. En este caso, el método CLS con materia prima es el que arroja más coeficientes estadísticamente significativos y una significancia global mayor, pero las magnitudes de los coeficientes no tienen sentido desde un punto de vista de la teoría económica. Así, se concluye que las funciones de producción desagregadas según sector económico no permiten obtener ninguna estimación útil para determinar el valor económico del agua.

5.2. Valor marginal del agua

La teoría de la firma establece que cuando una función de producción es diferenciable, su derivada parcial con respecto a un insumo o factor productivo es la productividad marginal de ese insumo o factor productivo. En un mercado competitivo las firmas contratan insumos o factores productivos hasta que su valor marginal es igual a su respectivo precio de mercado. Así, para obtener el valor marginal del agua (variación en el valor de la producción cuando aumenta la cantidad de agua en 1 m³) se desarrolla el siguiente procedimiento: 1) Se estima la función de producción a través de los diferentes métodos estadísticos, lo cual permite obtener el valor predicho “ $\ln y_i$ ” para cada firma i según el valor observado para sus variables explicativas; 2) Se reestima el valor predicho “ $\ln y'_i$ ” para cada firma i , asumiendo que la cantidad de agua utilizada se incrementa en 1 m³; 3) Se aplica la función exponencial a “ $\ln y_i$ ” y a “ $\ln y'_i$ ” para obtener y_i e y'_i ; 4) Se realiza una resta entre y'_i y y_i para determinar el valor marginal del agua sobre la producción.

El procedimiento anterior se realiza para todas las funciones de producción estimadas según método econométrico, variables explicativas incluidas y agregación sectorial (ver Tabla A12 y Tabla A13 del Anexo). Sin embargo, como los mejores resultados los entrega el método CLS solo se discuten los valores marginales del agua obtenidos con este método (ver Tabla 4). Cabe mencionar que los valores marginales del agua se estiman para cada firma industrial, por lo cual es posible reportar valores promedio, mediana y desviación estándar. Sin embargo, en este estudio, se eliminan valores extremos para no distorsionar las estimaciones. A partir de los resultados discutidos previamente que validan la función de producción obtenida con el método CLS a nivel nacional incluyendo la variable logaritmo natural de materia prima se concluye que la mediana del valor marginal del agua es \$7.063/m³ el cual equivale a 11,0 USD/m³. Este valor se puede considerar razonable al compararlo con los encontrados en la revisión bibliográfica, pues para el caso de Chile el estudio de Vásquez et al. (2020) reporta un valor marginal del agua de 8,1 USD/m³ utilizando datos de panel de más de 10.000 firmas entre los años 1995 y 2014. Un segundo estudio para Chile (Tobarra, 2018) arroja un valor de 2,6 USD/m³, usando datos transversales de 2.339 firmas en el año 2012. Los estudios internacionales con metodologías similares encuentran para México un valor marginal del agua de 19,4 USD/m³ usando 69.984 plantas encuestadas el año 2013 (Revollo et al., 2020) y un valor de 7,8 USD/m³ usando un censo del año 2014 realizado a 476.753 firmas (Rodríguez et al., 2021). En contraste, un estudio para

Corea (Ku & Yoo, 2012) estimó un valor del agua de 1,1 USD/m³ con 53.912 firmas encuestadas en 2003.

Es importante mencionar que en este estudio se escoge la mediana y no el promedio para determinar el valor del agua dada la alta desviación estándar, lo que da cuenta de una gran dispersión de los valores obtenidos en cada firma. A pesar de que el método OLS no restringe los coeficientes según la teoría económica, este método entrega un valor del agua cercano al método CLS (\$10.900 y \$13.200 para el modelo que excluye e incluye la variable logaritmo natural del precio de la materia prima respectivamente)¹¹. El método IV arroja una mediana que es más del doble que la obtenida con los métodos CLS y OLS, lo cual no es extraño ya que este método no es útil cuando no se cumplen los test de relevancia y sobre-identificación. Por último, se debe hacer hincapié en que, con el fin de evitar valores que carecieran de lógica, se calculó el valor marginal del agua solo para las observaciones que poseían una cantidad de agua consumida entre 0 y 100 m³ por lo que no se le indica un intervalo de confianza.

¹¹ Equivalente a 17 USD/m³ para el modelo que excluye la variable logaritmo natural del precio de la materia prima y 20,6 USD/m³ para el modelo que sí incluye la variable.

Tabla 4: Estimación del valor marginal del agua según la función de producción nacional estimada por el método CLS (en pesos)

CIU	Excluyendo la variable logaritmo natural de materia prima			Incluyendo la variable logaritmo natural de materia prima		
	Promedio	Mediana	D. Est.	Promedio	Mediana	D. Est.
Todas	25170	18813	21538	17173	7063	22661
10 y 11	8900	5500	10721	15985	2781	23569
13 a 15	15000	13031	11536	21568	13500	21792
16 a 18	35822	32438	22230	30479	24563	22668
19 a 22	34967	30750	24135	21839	14250	23266
23	42177	45000	26674	28079	19250	24463
24 y 25	21265	12063	22897	15912	10891	18773
26 a 30	16766	8938	21337	18677	7000	27058
Sobre 30	15214	6813	21053	57750	57750	.

Fuente: Elaboración propia.

5.3. Función de costos

La función de costos relaciona los costos totales de producción con los precios de los insumos y factores productivos. En este estudio se utiliza la forma funcional translog que se estima a través de un sistema de ecuaciones simultaneas, en las cuales la variable dependiente es la participación en el costo total de cada insumo o factor productivo y las variables explicativas se construyen a partir del logaritmo natural de los precios de todos los insumos y factores productivos. A continuación, se presenta cada variable utilizada:

Tabla 5: Variables utilizadas para estimar la función de costos

Variable	Descripción
<i>sk</i>	Pago al capital como proporción del costo total
<i>sl</i>	Pago a la mano de obra como proporción del costo total
<i>se</i>	Gasto en energía como proporción del costo total
<i>sa</i>	Gasto en agua como proporción del costo total
$\ln pk$	Logaritmo natural del precio del capital (en términos porcentuales)
$\ln pl$	Logaritmo natural del precio del trabajo (en miles de pesos)
$\ln pe$	Logaritmo natural del precio promedio ponderado de la energía (en miles de pesos)
$\ln pa$	Logaritmo natural del precio del agua (en miles de pesos)
$\ln pm$	Logaritmo natural del precio de la materia prima (en miles de pesos)
precipitaciones	Variable instrumental para el precio del agua (mm/año)

Fuente: Elaboración propia.

La estimación de la función de costos se realiza a nivel nacional y para los mismos ocho subsectores industriales que se agruparon previamente para la función de producción. Además, se sensibilizan los resultados considerando la inclusión o exclusión de la variable explicativa correspondiente al precio de la materia prima dado que es un índice de precios sectorial obtenido del Instituto Nacional de Estadísticas y no refleja el precio pagado por cada firma. Cada función de costos se estima a través de cinco métodos econométricos: método de regresión no lineal (NLS); regresión no lineal con restricciones de simetría (NLS c/restr); regresión no lineal con variables instrumentales y restricción de simetría (NLS IV c/restr); regresión por mínimos cuadrados en tres etapas (3SLS); y regresión por mínimos cuadrados en tres etapas con restricción de simetría (3SLS c/restr). La posible endogeneidad de la variable logaritmo natural del precio del agua se aborda con el método NLS IV c/restr, 3SLS y 3SLS c/rest. Específicamente, el método NLS IV c/restr utiliza la variable instrumental “precipitaciones” por lo que se aplican pruebas de relevancia (test F) y exogeneidad (test J) para

confirmar la validez de los resultados¹². En contraste, el método 3SLS incluye una ecuación en que la variable logaritmo natural del precio del agua es determinada endógenamente por la variable precipitaciones y el logaritmo natural del precio de la energía, trabajo, capital y materia prima que se asumen exógenas. Por otro lado, las restricciones de simetría (dadas por la teoría económica) imponen que las elasticidades precio cruzadas de las diferentes demandas de insumos o factores productivos sean idénticas. Cabe señalar que cuando se estiman las ecuaciones de participación en el gasto de insumos o factores productivos excluyendo el precio de la materia prima, las variables explicativas son los logaritmos naturales del precio del trabajo, capital, agua y energía ($\ln pl$, $\ln pk$, $\ln pa$ y $\ln pe$). Sin embargo, cuando se estiman las ecuaciones de participación en el gasto de insumos o factores productivos incluyendo el precio de la materia prima se genera un problema de la singularidad de la matriz de covarianza, lo cual se soluciona al dividir los logaritmos naturales del precio del trabajo, capital, agua y energía por el logaritmo natural del precio de la materia prima ($\ln pl / \ln pm$, $\ln pk / \ln pm$, $\ln pa / \ln pm$ y $\ln pe / \ln pm$), tal como sugiere Greene (2012).

La Tabla 6 y Tabla 7 muestran los resultados para la función de costos a nivel nacional. La Tabla 6 excluye la variable logaritmo natural del precio de la materia prima, mientras que la Tabla 7 sí la incluye. Ambas tablas reportan los valores de coeficientes, desviaciones estándar, nivel de significancia, número de observaciones y R^2 para cada ecuación de la participación en el costo del insumo o factor productivo. Los resultados muestran que los coeficientes estimados son bastante robustos al uso de diferentes técnicas econométricas, así como también, a la inclusión o exclusión del logaritmo natural del precio de la materia prima. Las estimaciones de los coeficientes son muy similares a través de NLS y NLS c/restr, tanto en la cantidad de variables significativas como en el valor de sus R^2 . El NLS tiene R^2 levemente mayores que el NLS c/restr ya sea excluyendo o incluyendo el logaritmo natural del precio de la materia prima, pero se debería preferir el segundo método ya que asegura que se cumpla con las restricciones de simetría impuestas por la teoría de la firma. En el caso del método NLS IV c/restr no se cumplen los requisitos impuestos por el test F y test J para corregir posibles problemas de endogeneidad, así que se invalidan los resultados este método econométrico. El método 3SLS c/restr tiene más coeficientes estadísticamente significativos, pero los pseudo R^2 de cada ecuación de participación en el costo total (sk , sl , se y sa) dieron un valor

¹² El valor del test F debe ser mayor a 10 para asegurar que los instrumentos contribuyen a explicar la variable endógena, mientras que el nivel de significancia del test J debe ser mayor a 5% para que no se rechace que los instrumentos son exógenos.

negativo. Esto último sumado a la falta de relevancia de la variable instrumental “precipitaciones” podrían sugerir la utilización del método NLS c/restr como mejor alternativa para la función de costos. El método 3SLS arroja resultados similares ya que mantiene casi la misma cantidad de variables con signo negativo (solo uno y dos parámetros negativos menos en el modelo que excluye materia prima y en el que sí la incluye, respectivamente). En cuanto a las bondades de ajuste del método 3SLS, estas también son negativas, excepto para la participación de costo de la fuerza laboral (*sl*).

Tabla 6: Resultados para la función de costos a nivel nacional excluyendo la variable logaritmo natural del precio de la materia prima

Variables explicativas	NLS		NLS c/restr		NLS IV c/restr		3SLS		3SLS c/restr						
	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.					
<i>Ecuación sk</i>															
constante	0.2793	0.0230	***	0.2137	0.0206	***	0.2128	0.0297	***	0.2112	0.0475	***	0.3912	0.0070	***
ln (pk)	0.1052	0.0020	***	0.0888	0.0013	***	0.0888	0.0021	***	0.1021	0.0033	***	0.0874	0.0009	***
ln (pl)	-0.1034	0.0024	***	-0.0795	0.0009	***	-0.0795	0.0024	***	-0.0991	0.0041	***	-0.0809	0.0007	***
ln (pe)	0.0014	0.0010		-0.0007	0.0004	*	-0.0007	0.0005		-0.0004	0.0017		-0.0023	0.0004	***
ln (pa)	0.0059	0.0028	**	-0.0006	0.0002	***	-0.0006	0.0003	**	-0.1943	0.0950	**	-0.0042	0.0004	***
<i>Ecuación sl</i>															
constante	0.3892	0.0138	***	0.3738	0.0133	***	0.3732	0.0184	***	0.3648	0.0227	***	0.4338	0.0058	***
ln (pk)	-0.0708	0.0012	***	-0.0795	0.0009	***	-0.0795	0.0024	***	-0.0719	0.0016	***	-0.0809	0.0007	***
ln (pl)	0.0604	0.0014	***	0.0710	0.0010	***	0.0710	0.0033	***	0.0620	0.0020	***	0.0748	0.0009	***
ln (pe)	0.0009	0.0006		0.0005	0.0004		0.0005	0.0004		0.0002	0.0008		0.0016	0.0003	***
ln (pa)	0.0025	0.0017		0.0000	0.0002		0.0000	0.0003		-0.0691	0.0454		0.0045	0.0004	***
<i>Ecuación se</i>															
constante	0.0168	0.0069	**	0.0203	0.0063	***	0.0205	0.0062	***	0.0693	0.0290	**	0.1011	0.0040	***
ln (pk)	-0.0024	0.0006	***	-0.0007	0.0004	*	-0.0007	0.0005		0.0000	0.0020		-0.0023	0.0004	***
ln (pl)	0.0027	0.0007	***	0.0005	0.0004		0.0005	0.0004		-0.0007	0.0025		0.0016	0.0003	***
ln (pe)	0.0013	0.0003	***	0.0014	0.0003	***	0.0014	0.0003	***	0.0027	0.0010	***	0.0009	0.0003	***
ln (pa)	0.0001	0.0009		0.0001	0.0001		0.0001	0.0001		0.1545	0.0581	***	-0.0003	0.0002	
<i>Ecuación sa</i>															
constante	0.0095	0.0018	***	0.0097	0.0018	***	0.0097	0.0022	***	0.0111	0.0026	***	0.0739	0.0054	***
ln (pk)	-0.0007	0.0002	***	-0.0006	0.0002	***	-0.0006	0.0003	**	-0.0007	0.0002	***	-0.0042	0.0004	***
ln (pl)	0.0002	0.0002		0.0000	0.0002		0.0000	0.0003		0.0001	0.0002		0.0045	0.0004	***
ln (pe)	0.0001	0.0001		0.0001	0.0001		0.0001	0.0001		0.0001	0.0001		-0.0003	0.0002	
ln (pa)	0.0000	0.0002		0.0000	0.0002		-0.0002	0.0004		0.0047	0.0052		0.0001	0.0004	
Nro. Obs.	3835			3835			3835			3835			3835		
R ² ecuación sk	0.4305			0.4140			0.4154			-0.3059			-0.0045		
R ² ecuación sl	0.4830			0.4742			0.4757			0.2454			-0.1699		
R ² ecuación se	0.0099			0.0073			0.0079			-8.5017			-2.4122		
R ² ecuación sa	0.0093			0.0091			0.0091			-0.1063			-33.6685		
Test F							1.1900								
Test J							0.0000								

Fuente: Elaboración propia. Nota: (*) significativo al 10%, (**) significativo al 5% y (***) significativo al 1%.

Tabla 7: Resultados para la función de costos a nivel nacional incluyendo la variable logaritmo natural del precio de la materia prima

Variables explicativas	NLS		NLS c/restr		NLS IV c/restr		3SLS		3SLS c/restr	
	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.
<i>Ecuación sk</i>										
<i>constante</i>	0.2934	0.0226 ***	0.2246	0.0204 ***	0.2236	0.0234 ***	0.1883	0.0567 ***	0.3918	0.0071 ***
<i>ln (pk/pm)</i>	0.1046	0.0020 ***	0.0880	0.0013 ***	0.0881	0.0020 ***	0.1035	0.0028 ***	0.0871	0.0010 ***
<i>ln (pl/pm)</i>	-0.1038	0.0024 ***	-0.0795	0.0009 ***	-0.0795	0.0025 ***	-0.1002	0.0036 ***	-0.0807	0.0007 ***
<i>ln (pe/pm)</i>	0.0012	0.0010	-0.0006	0.0004	-0.0006	0.0005	0.0004	0.0014	-0.0022	0.0004 ***
<i>ln (pa/pm)</i>	0.0039	0.0028	-0.0006	0.0002 ***	-0.0006	0.0003 *	-0.1607	0.0743 **	-0.0042	0.0004 ***
<i>Ecuación sl</i>										
<i>constante</i>	0.3963	0.0135 ***	0.3798	0.0130 ***	0.3792	0.0204 ***	0.3613	0.0279 ***	0.4350	0.0058 ***
<i>ln (pk/pm)</i>	-0.0708	0.0012 ***	-0.0795	0.0009 ***	-0.0795	0.0025 ***	-0.0712	0.0014 ***	-0.0807	0.0007 ***
<i>ln (pl/pm)</i>	0.0598	0.0014 ***	0.0705	0.0010 ***	0.0705	0.0037 ***	0.0610	0.0018 ***	0.0746	0.0009 ***
<i>ln (pe/pm)</i>	0.0007	0.0006	0.0005	0.0004	0.0005	0.0004	0.0004	0.0007	0.0016	0.0003 ***
<i>ln (pa/pm)</i>	0.0005	0.0017	0.0000	0.0002	0.0000	0.0004	-0.0542	0.0365	0.0046	0.0004 ***
<i>Ecuación se</i>										
<i>constante</i>	0.0144	0.0068 **	0.0187	0.0062 ***	0.0188	0.0078 **	0.0983	0.0333 ***	0.1002	0.0040 ***
<i>ln (pk/pm)</i>	-0.0023	0.0006 ***	-0.0006	0.0004	-0.0006	0.0005	-0.0014	0.0016	-0.0022	0.0004 ***
<i>ln (pl/pm)</i>	0.0028	0.0007 ***	0.0005	0.0004	0.0005	0.0004	0.0000	0.0021	0.0016	0.0003 ***
<i>ln (pe/pm)</i>	0.0013	0.0003 ***	0.0014	0.0003 ***	0.0014	0.0003 ***	0.0020	0.0008 **	0.0009	0.0003 ***
<i>ln (pa/pm)</i>	0.0007	0.0008	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001 *	0.1319	0.0436 ***	-0.0003	0.0002
<i>Ecuación sa</i>										
<i>constante</i>	0.0093	0.0018 ***	0.0096	0.0018 ***	0.0096	0.0026 ***	0.0121	0.0034 ***	0.0730	0.0054 ***
<i>ln (pk/pm)</i>	-0.0007	0.0002 ***	-0.0006	0.0002 ***	-0.0006	0.0003 *	-0.0007	0.0002 ***	-0.0042	0.0004 ***
<i>ln (pl/pm)</i>	0.0002	0.0002	0.0000	0.0002	0.0000	0.0004	0.0001	0.0002	0.0046	0.0004 ***
<i>ln (pe/pm)</i>	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001 *	0.0001	0.0001	-0.0003	0.0002
<i>ln (pa/pm)</i>	0.0000	0.0002	0.0000	0.0002	-0.0002	0.0004	0.0043	0.0045	0.0000	0.0004
Nro. Obs.	3805		3805		3805		3805		3805	
R ² ecuación <i>sk</i>	0.4284		0.412		0.4134		-0.0751		-0.0074	
R ² ecuación <i>sl</i>	0.4839		0.4751		0.4766		0.3434		-0.1719	
R ² ecuación <i>se</i>	0.0108		0.0078		0.0084		-6.1962		-2.4175	
R ² ecuación <i>sa</i>	0.0093		0.009		0.0089		-0.0856		-33.5139	
Test F					1.3400					
Test J					0.0000					

Fuente: Elaboración propia. Nota: (*) significativo al 10%, (**) significativo al 5% y (***) significativo al 1%.

Los análisis para el resto de los subsectores industriales son muy similares a los discutidos a nivel agregado, aunque obviamente varían las magnitudes de los coeficientes y nivel de significancia según subsector. En términos generales, los métodos NLS y NLS c/restr entregan coeficientes similares para cada subsector, y, además, en algunos subsectores (código CIU 16 a 18 y 30 o más) pueden notarse valores de R^2 un poco más altos que a nivel nacional. El método NLS IV c/restr no logra cumplir con los requisitos del test F y test J en ningún subsector por lo que de existir problema de endogeneidad no puede resolverlo. Los métodos 3SLS y 3SLS c/restr tiene muchas variables significativas, pero exhiben bondades de ajuste negativas. Incluso en los subsectores de código CIU 19 a 22, 23 y 26 a 30 todas las ecuaciones de participación en el costo total poseen valores de R^2 negativos (ver Tabla A20, Tabla A21, Tabla A22, Tabla A23 y Tabla A26 del Anexo).

5.4. Estimación de elasticidades

La estimación de una función de costos permite obtener las elasticidades precio de la demanda de cada insumo o factor productivo, la cual indica cuánto varía proporcionalmente la cantidad demandada de ese recurso cuando cambia su precio en un 1%. Estas demandas pueden clasificarse como elásticas, unitarias o inelásticas, dependiendo de si el valor absoluto de la elasticidad está entre cero y uno, es igual a uno, o es mayor a uno, respectivamente. Por otro lado, se pueden calcular las elasticidades de sustitución entre un insumo o factor productivo i y un insumo o factor productivo j para saber qué tan fácil es reemplazar un insumo o factor productivo por otro, manteniendo el nivel de producción constante. Mientras más alto (bajo) sea el valor de la elasticidad de sustitución, mayor (menor) es el grado de sustitución entre los insumos o factores productivos.

Teóricamente, se espera que la elasticidad precio sea cero o negativa y que la elasticidad de sustitución sea cero o positiva. Analizando la estimación de elasticidades a nivel nacional, se puede observar que para el caso de la elasticidad precio del agua, el valor que entrega el método 3SLS no cumple con lo que dicta la teoría, pues resulta ser un valor positivo. Lo anterior, se puede atribuir a que la variable instrumental es débil. Descartando el valor del método 3SLS, la elasticidad precio varía entre -1,08 a -0,96. Sin embargo, ninguno de estos valores es significativamente distinto de cero, por lo cual no se puede rechazar que la demanda de agua a nivel nacional sea inelástica. La elasticidad precio de la demanda de energía es estadísticamente significativa y aproximadamente igual a -0,9. La elasticidad de la demanda de trabajo es estadísticamente significativa, variando entre -0,5 y -0,4. Este rango disminuye aún más para elasticidad precio del capital, la cual es estadísticamente significativa, variando entre -0,4 y -0,3.

En cuanto a las elasticidades de sustitución, los métodos 3SLS y 3SLS c/restr presentan algunos signos que no corresponden a lo que sugiere la teoría. El resto de las elasticidades de sustitución exhiben valores positivos y muy pequeños lo que da cuenta de la mínima flexibilidad que hay en sustituir un insumo o factor productivo por otro. En la mayoría de los métodos, independiente de la exclusión o inclusión de la variable logaritmo natural del precio de la materia prima, la elasticidad de sustitución es cero o muy cercana a cero entre agua y capital, agua y trabajo, y agua y energía, lo cual refleja que el insumo agua es complementario con respecto al resto de los insumos y factores productivos.

Las estimaciones de elasticidades en los distintos subsectores industriales se mantienen dentro de los mismos rangos (ver Tabla A30 a Tabla A37 del Anexo). El único subsector que se distingue del resto

es el que abarca los códigos CIIU 16 a 18 (fabricación de productos de madera, corcho, papel y sus derivados, y también, impresión y reproducción de grabaciones) ya que este es el único caso en que las elasticidades precio de la demanda de agua son estadísticamente significativas y superiores a dos en valor absoluto (ver Tabla A32 del Anexo) lo que refleja una demanda elástica. Esto último implica que un aumento en el precio del agua puede generar una reducción importante en la cantidad demandada de este recurso.

Al comparar las estimaciones de elasticidad de este estudio con las encontradas en la revisión de literatura, se puede concluir que existen diferencias importantes. Por ejemplo, Vásquez et al. (2020) reportan una elasticidad precio del agua de -1,2, mientras que Tobarra (2018) indican un valor de -1,1 para la industria manufacturera chilena. También hay diferencias con estudios de otros países que señalan que la demanda de agua industrial es inelástica con valores de -0,4 (Angulo et al. (2014)), -0,7 (Gracia-de-Rentería et al. (2019)) y -0,9 (Gracia-de-Rentería et al. (2021)). Cabe señalar que la determinación precisa de la elasticidad precio de la demanda de agua es muy importante para determinar la efectividad de las políticas en los precios como instrumentos para gestionar un uso racional del recurso hídrico, tales como impuestos, subsidios o cambios de tecnología que promuevan un uso más eficiente del agua. En el caso de las elasticidades de sustitución también existen diferencias relevantes respecto a la literatura previa. Por ejemplo, las elasticidades de sustitución reportadas por Vásquez et al. (2020) indican patrones de sustitución entre la mayoría de sus insumos y factores productivos, excepto para agua y energía que son complementarios. Por otro lado, Revollo et al. (2020) concluye que existe complementariedad entre agua, capital y fuerza laboral, mientras que el resto de los insumos y factores productivos son sustitutos.

Tabla 8: Resultados para la estimación de elasticidades a nivel nacional

Elasticidad	Excluyendo variable de precio de materia prima					Incluyendo variable de precio de materia prima				
	NLS	NLS c/restr	NLS IV c/restr	3SLS	3SLS c/restr	NLS	NLS c/restr	NLS IV c/restr	3SLS	3SLS c/restr
η_{aa}	-1.0044	-0.9947	-1.0737	1.0045	-0.9660	-0.9914	-0.9928	-1.0676	0.8181	-0.9917
η_{ee}	-0.9284 ***	-0.9253 ***	-0.9253 ***	-0.8825 ***	-0.9391 ***	-0.9264 ***	-0.9235 ***	-0.9235 ***	-0.9043 **	-0.9405 ***
η_{ll}	-0.5029 ***	-0.4528 ***	-0.4528 ***	-0.4956 ***	-0.4348 ***	-0.5057 ***	-0.4551 ***	-0.4551 ***	-0.5001 ***	-0.4356 ***
η_{kk}	-0.3395 ***	-0.3814 ***	-0.3813 ***	-0.3474 ***	-0.3850 ***	-0.3411 ***	-0.3834 ***	-0.3833 ***	-0.3439 ***	-0.3857 ***
θ_{kl}	-0.0110 ***	0.0019 ***	0.0019 ***	-0.0087 ***	0.0011 ***	-0.0113 ***	0.0017 ***	0.0018 ***	-0.0094 ***	0.0011 ***
θ_{ke}	0.0011	0.0009 *	0.0009	0.0009	0.0008 ***	0.0010	0.0009	0.0009	0.0010	0.0008 ***
θ_{ka}	0.0000 **	0.0000 ***	0.0000 **	-0.0012 **	0.0000 ***	0.0000	0.0000 ***	0.0000 *	-0.0010 **	0.0000 ***
θ_{lk}	0.0225 ***	0.0065 ***	0.0065 ***	0.0205 ***	0.0039 ***	0.0223 ***	0.0060 ***	0.0061 ***	0.0216 ***	0.0038 ***
θ_{le}	0.0011	0.0010	0.0010	0.0010	0.0012 ***	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0012 ***
θ_{la}	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0008	0.0001 ***	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0006	0.0001 ***
θ_{ek}	0.1237 ***	0.1454 *	0.1453	0.1540	0.1249 ***	0.1243 ***	0.1467	0.1466	0.1356	0.1264 ***
θ_{el}	0.0630 ***	0.0482	0.0482	0.0399	0.0559 ***	0.0637 ***	0.0480	0.0480	0.0442	0.0556 ***
θ_{ea}	0.0000	0.0000	0.0000	0.0119 ***	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000 *	0.0102 ***	0.0000
θ_{ak}	0.0298 ***	0.0507 ***	0.0522 **	0.0419 ***	-0.5498 ***	0.0302 ***	0.0537 ***	0.0556 *	0.0349 ***	-0.5442 ***
θ_{al}	0.0605	0.0466	0.0447	0.0512	0.4426 ***	0.0610	0.0448	0.0428	0.0527	0.4494 ***
θ_{ae}	0.0019	0.0020	0.0021	0.0025	-0.0027	0.0020	0.0021	0.0022 *	0.0023	-0.0035

Fuente: Elaboración propia. Nota: (*) significativo al 10%, (**) significativo al 5% y (***) significativo al 1%.

6. Conclusiones

Al igual que otros países, Chile está experimentando un severo problema de escasez hídrica que se ha extendido alrededor de diez años (Mesa Nacional del Agua, 2022). Este fenómeno ha despertado el interés en investigar sobre el valor del agua, elasticidad de la demanda de agua y mecanismos de precios para gestionar el consumo de este recurso en el sector industrial. La mayoría de los estudios utilizan una función de producción o función de costos flexible del tipo translog para abordar estas preguntas, pero sin preocuparse demasiado de los problemas de endogeneidad y que los coeficientes estimados cumplan con la teoría económica. Por lo anterior, en esta investigación se estiman funciones de producción y costos usando datos de la Encuesta Nacional Industrial Anual 2018, considerando diversos métodos econométricos, variables explicativas y niveles de agregación de los datos.

La función de producción se estima a través de los métodos de mínimos cuadrados ordinarios (OLS), mínimos cuadrados restringidos (CLS) y variables instrumentales (IV). El método CLS impone restricciones definidas por la teoría de la firma para asegurar rendimientos constantes a escala, mientras el método IV usa las precipitaciones anuales de cada región como variable instrumental con el fin de solucionar la posible endogeneidad del precio del agua. A partir de los resultados se determina que el método CLS arroja la mejor estimación para la función de producción a nivel nacional, obteniendo un valor marginal del agua de \$7.063/m³. Sin embargo, las estimaciones de funciones de producción a nivel sectorial no son útiles para determinar el valor económico del agua.

Por otro lado, la función de costos se estima mediante los métodos de regresión no lineal (NLS), regresión no lineal con restricciones (NLS c/restr), regresión no lineal con variable instrumental y restricciones (NLS IV c/restr), mínimos cuadrados en tres etapas sin restricciones (3SLS) y mínimos cuadrados en tres etapas con restricciones (3SLS c/restr). A partir de los resultados de la función de costos, se determinan las elasticidades precio de la demanda y elasticidades de sustitución de los insumos y factores productivos. Específicamente, la elasticidad precio de la demanda de agua a nivel nacional no es significativamente distinta de cero, excepto en el subsector industrial de madera, papel e imprenta. Así, se concluye que políticas de precios como impuestos o subsidios no contribuirían de forma relevante a mejorar la gestión del recurso. Finalmente, la elasticidad de sustitución es cercana a cero entre todas las combinaciones de insumos y factores productivos, demostrándose una complementariedad con el agua.

7. Bibliografía

- Amemiya, T. (1985). *Advanced Econometrics*. Harvard University Press. <https://doi.org/10.1017/S0266466600004187>
- Angulo, A., Atwi, M., Barberan, R. & Mur, J. (2014). Economic analysis of the water demand in the hotels and restaurants sector: Shadow prices and elasticities. *Water Resources Research*, 50, 6577–6591. <https://doi.org/10.1002/2013WR014085>
- Bal, D., Chhetri, A., Thakur, B. & Debnath, K. (2021). Estimation of price and income elasticity of water: A case study of darjeeling town, West Bengal, India. *Current Science*, 120(5), 800-808. <https://doi.org/10.18520/cs/v120/i5/800-808>
- Bakhtavoryan, R. & Hovhannisyanyan, V. (2022). Quantifying the structure of residential water demand in the United States: A generalized exact affine stone index demand framework. *Agricultural and Resource Economics Review*, 51(1), 68-85. <https://doi.org/10.1017/age.2021.18>
- Christensen, L. & Greene, W. (1976). Economies of scale in U.S. Electric Power Generation. *The Journal of Political Economy*, 84(4), 655-676. <http://dx.doi.org/10.1086/260470>
- Coulibaly, L., Jakus, P. & Keith, J. (2014). Modeling water demand when households have multiple sources of water. *Water Resources Research*, 50, 6002–6014. <https://doi.org/10.1002/2013WR015090>
- Deya-Tortella, B., García, C., Nilsson, W. & Tirado, D. (2016). The effect of the water tariff structures on the water consumption in Mallorcan hotels. *Water Resources Research*, 52, 6386–6403. <https://doi.org/10.1002/2016WR018621>
- Dirección General de Aeronáutica Civil. (2019). Anuario Meteorológico 2018. Available at <https://climatologia.meteochile.gob.cl/application/publicaciones/documentoPdf/anuario/anuario-2018.pdf>
- F. a. A. Organization. (2015). "AQUASTAT Main Database." *Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)*
- F. a. A. Organization. (2021). "The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture – Systems at breaking point (SOLAW 2021)". *Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)*
- Fercovic, J., Foster, W. & Melo, O. (2018). Economic development and residential water consumption in Chile. *Environment and Development Economics*, 24(1), 23-46. <https://doi.org/10.1017/S1355770X18000463>

- Féres, J., Reynaud, A. & Thomas, A. (2012). Water reuse in Brazilian manufacturing firms. *Applied Economics*, 44(11), 1417-1427. <https://doi.org/10.1080/00036846.2010.543070>
- Flores, Y., Ponce, R., Fernández, F. & Vásquez, F. (2021). Sensitivity of water price elasticity estimates to different data aggregation levels. *Water Resources Management* 35, 2039–2052. <https://doi.org/10.1007/s11269-021-02833-3>
- Gálvez, P., Mariel, P. & Hoyos, D. (2016). Analysis of the residential demand of basic services in Spain using a censored QUAIDS model. *Estudios de Economía*, 43(1), 5-28. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-52862016000100001>
- Gnaneswar, V. (2017). Desalination and water reuse to address global water scarcity. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 16, 591–609. <https://doi.org/10.1007/s11157-017-9449-7>
- Gracia-de-Rentería, P. & Barberán, R. (2021). Economic determinants of industrial water demand: A review of the applied research literature. *Water*, 13, 1684. <https://doi.org/10.3390/w13121684>
- Gracia-De-Rentería, P., Barberán, R. & Mur, J. (2019). Urban water demand for industrial uses in Spain. *Urban Water Journal*, 16(2), 114-124. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2019.1634743>
- Gracia-de-Rentería, P., Barberán, R. & Mur, J. (2021). Urban water demand for manufacturing, construction and service industries: A microdata analysis. *Journal of Water Supply: Research and Technology-Aqua*, 70(3), 274–288. <https://doi.org/10.2166/aqua.2021.105>
- Greene, W. (2012). *Econometric Analysis*. Pearson.
- Hoyos, D. & Artabe, A. (2017). Regional differences in the price elasticity of residential water demand in Spain. *Water Resources Management* 31, 847–865. <https://doi.org/10.1007/s11269-016-1542-0>
- Imen, G. & Jaleleddine, B. (2021). Micro-economic analysis of domestic water demand: application of the pseudo-panel approach. *Environmental Challenges*, 4, 100118. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100118>
- Jehle, G. & Reny P. (2011). *Advanced Microeconomic Theory*. Pearson.
- Jiménez, D., Orrego, S., Vásquez, F. & Ponce, R. (2017). Estimating water demand for urban residential use using a discrete-continuous model and disaggregated data at the household level: the case of the city of Manizales, Colombia. *Lecturas de Economía*, 86, 153–178. <https://doi.org/10.17533/udea.le.n86a06>
- Ku, S. & Yoo, S. (2012). Economic Value of water in the Korean manufacturing industry. *Water Resources Management*, 26, 81–88. <https://doi.org/10.1007/s11269-011-9905-z>

- Kulkarni, T., Gassmann, M., Kulkarni, C., Khed, V. & Buerkert, A. (2021). Deep drilling for groundwater in Bengaluru, India: A case study on the city's over-exploited hard-rock aquifer system. *Sustainability*, 13(21), 12149. <https://doi.org/10.3390/su132112149>
- Kumar, A. & Ramachandran, P. (2019). Cross-sectional study of factors influencing the residential water demand in Bangalore. *Urban Water Journal*, 16(3), 171-182. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2019.1637905>
- Maldonado, M. & Almenar, V. (2021). Panel data estimation of domestic water demand with IRT tariff structure: The case of the city of Valencia (Spain). *Sustainability*, 13, 1414. <https://doi.org/10.3390/su13031414>
- Malla, P., & Gopalakrishnan, C. (1999). The Economics of urban water demand: The case of industrial and commercial water use in Hawaii. *International Journal of Water Resources Development*, 15(3), 367-374. <https://doi.org/10.1080/07900629948871>
- Marzano, R., Rougé, Ch., Garrone, P., Grilli, L., Harou, J. & Pulido, M. (2018). Determinants of the price response to residential water tariffs: Meta-analysis and beyond. *Environmental Modelling & Software*, 101, 236-248. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2017.12.017>
- Mesa Nacional del Agua. (2022). “Informe Final”. Available at: <https://www.mop.cl/MesaAgua/docs/informeFinal2022.pdf>
- Mesa Nacional del Agua. (2020). “Primer Informe”. Available at: https://www.mop.cl/Prensa/Documents/Mesa_Nacional_del_Agua_2020_Primer_Informe_Enero.pdf
- Orimoloye, I., Bella, J., Orimoloye, Y., Olusola, A. & Ololade, O. (2022). Drought: A common environmental disaster. *Atmosphere*, 13, 111. <https://doi.org/10.3390/atmos13010111>
- Oyerinde, A. & Jacobs, H. (2022). Determinants of household water demand: A cross-sectional study in South West Nigeria. *Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development*, 12(2), 200–207. <https://doi.org/10.2166/washdev.2021.175>
- Ponzoni, C., Fochezatto, A. & Velloso, C. (2020). Price elasticity of the demand for water in the Brazilian states: A panel data analysis, 2011–2017. *Sustainable Water Resources Management*, 6, 72. <https://doi.org/10.1007/s40899-020-00429-0>
- Revollo, D., Rodríguez, L., & Morales, J. (2020). Economic value of water in the manufacturing industry located in the Valley of Mexico Basin, Mexico. *Water Resources and Economics*, 30, 100138. <https://doi.org/10.1016/j.wre.2019.01.004>

- Reynaud, A., Pons, M. & Pesado, C. (2018). Household water demand in Andorra: Impact of individual metering and seasonality. *Water*, 10(3), 321. <https://doi.org/10.3390/w10030321>
- Rodríguez, L., Revollo, D., Morales, J. & Medina, C. (2021). Water in Mexican industry: An economic value study. *Applied Economics*, 53(41), 4799-4809. <https://doi.org/10.1080/00036846.2021.1908948>
- Schleich, J. & Hillenbrand, T. (2019). Water demand responds asymmetrically to rising and falling prices. *Working Paper Sustainability and Innovation*, No. S03/2019, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, Karlsruhe. Available at <http://hdl.handle.net/10419/194564>
- Sebri, M. (2014). A meta-analysis of residential water demand studies. *Environment, Development and Sustainability* 16, 499–520. <https://doi.org/10.1007/s10668-013-9490-9>
- Stitzel, B. & Rogers, C. (2022). Residential water demand under increasing block rate structure: Conservation conundrum? *Water Resources Management* 36, 203–218. <https://doi.org/10.1007/s11269-021-03022-y>
- Suárez, M. (2020). Modeling residential water demand: An approach based on household demand systems. *Journal of Environmental Management*, 261, 109921. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109921>
- Tanishita, M. & Sunaga, D. (2021). Heterogeneity and temporal stability of residential water use responsiveness to price change. *Water*, 13, 2329. <https://doi.org/10.3390/w13172329>
- Tobarra, M. (2018). The value of water in the manufacture industry and its implications for water demand policies. The case of Chile. *Studies of Applied Economics*, 36(3), 945-960. <https://doi.org/10.25115/eea.v36i3.2561>
- Vásquez, F., Vargas, L., & Hernández J. (2020). Water demand in the Chilean manufacturing industry: Analysis of the economic value of water and demand elasticities. *Water Resources and Economics*, 32, 100159. <https://doi.org/10.1016/j.wre.2020.100159>
- Wooldridge, J. (2002). *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*. Cambridge and London: MIT Press. Available at <https://mitpress.mit.edu/books/econometric-analysis-cross-section-and-panel-data-second-edition>
- World Resources Institute. (2019). “17 Countries, Home to One-Quarter of the World's Population, Face Extremely High Water Stress”. Available at: <https://www.wri.org/insights/17-countries-home-one-quarter-worlds-population-face-extremely-high-water-stress>

Xiuli, L., Minghui, Q. & Xiang, X. (2021). Forecasting on China's water demand by industry in 2021, *IOP Conf. Ser.: Earth and Environmental Science*, 772 012097. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/772/1/012097>

Zellner, A. & Theil, H. (1962). Three-Stage Least Squares: Simultaneous Estimation of Simultaneous Equations. *Econometrica*, 30, 54-78. <https://doi.org/10.2307/1911287>

Zetland, D. (2021). The role of prices in managing water scarcity. *Water Security*, <https://doi.org/10.1016/j.wasec.2020.100081>.

Anexo

Anexo 1. Códigos CIIU y su correspondiente subsector industrial

Tabla A 1: Códigos CIIU según subsector industrial

Código CIIU	Subsector industrial
10	Elaboración de productos alimenticios.
11	Elaboración de bebidas alcohólicas y no alcohólicas.
13	Fabricación de productos textiles.
14	Fabricación de prendas de vestir.
15	Fabricación de productos de cuero y productos conexos.
16	Producción de madera y fabricación de productos de madera y corcho, excepto muebles.
17	Fabricación de papel y de productos de papel.
18	Impresión y reproducción de grabaciones.
19	Fabricación de coque.
20	Fabricación de sustancias y productos químicos.
21	Fabricación de productos farmacéuticos, sustancias químicas medicinales y productos botánicos de uso farmacéutico.
22	Fabricación de productos de caucho y de plástico.
23	Fabricación de otros productos minerales no metálicos.
24	Fabricación de metales comunes.
25	Fabricación de productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo.
26	Fabricación de productos de informática, de electrónica y de óptica.
27	Fabricación de equipo eléctrico.
28	Fabricación de maquinaria y equipo n.c.p.
29	Fabricación de vehículos automotores, remolques y semirremolques.
30	Fabricación de otros tipos de equipo de transporte.
31	Fabricación de muebles.
32	Otras industrias manufactureras.
33	Reparación e instalación de maquinaria y equipo.
99	Sin información.

Fuente: Descriptor de variables ENIA 2018.

Anexo 2. Conversiones utilizadas en la estandarización de los datos

Tabla A 2: Conversiones empleadas para la estandarización de unidades

Unidad de medida	Equivalencia
1 USD	641,22 CLP
1 kWh	0,0034 MMBTU
1 MWh	3,41 MMBTU
1 GWh	3412,14 MMBTU
1 l	0,001 m ³
1 m ³ de leña	460 kg
1 mm ³	0,000000001 m ³
1 L (de metanol)	0,791 kg
1 L (de grasas y aceites lubricantes)	0,88 kg
1 T (de grasas y aceites lubricantes)	1,1 m ³

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 3. Valor β para cada subsector industrial

Tabla A 3: Valores β para cada subsector industrial en el año 2018

Subsector industrial	β
Productos alimenticios	0,66
Bebidas alcohólicas y no alcohólicas	0,74
Productos textiles	0,94
Prendas de vestir	0,75
Productos de cuero y productos conexos	0,8
Madera y corcho, paja y materiales trenzables (no muebles)	0,81
Papel	0,77
Impresión y reproducción de grabaciones	0,91
Coque	1,23
Sustancias y productos químicos	0,96
Productos farmacéuticos	1,19
Caucho y plástico	0,92
Productos minerales no metálicos	1,15
Metales comunes	1,24
Productos elaborados de metal	0,88
Productos de informática, electrónica y óptica	1,19
Equipo eléctrico	1,11
Maquinaria y equipo n.c.p	1,12
Vehículos motores, remolques y semirremolques	0,8
Otros equipos de transporte	0,8
Muebles	0,97
Otras industrias manufactureras	0,66
Reparación e instalación de maquinaria y equipo	0,92

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de

https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/dataarchived.html

Anexo 4. Resultados para la función de producción para cada desagregación de subsector

Tabla A 4: Resultados para la función de producción en los subsectores con códigos CIU 10 y 11

Variables explicativas	Excluyendo la variable logaritmo natural de materia prima						Incluyendo la variable logaritmo natural de materia prima									
	OLS		CLS		IV		OLS		CLS		IV					
	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.				
<i>ln l</i>	-0.1801	0.5031	0.4086	0.0699	***	-1.3749	1.3298	-0.6029	0.3543	*	0.1110	0.1406	-1.0441	0.7319		
<i>ln k</i>	0.7420	0.4795	0.3444	0.1136	***	1.3526	0.7532	0.5457	0.3212	*	0.2857	0.3023	1.1584	0.5195		
<i>ln a</i>	0.0701	0.0993	0.1490	0.0889	*	1.2905	0.9882	0.0551	0.0616		0.0864	0.0706	0.9292	0.6443		
<i>ln e</i>	0.0607	0.1092	0.0980	0.1102		0.0268	0.4544	-0.0192	0.0655		-0.0052	0.0750	-0.0777	0.2627		
<i>ln m</i>								0.5407	0.2856	*	0.5222	0.2534	**	0.3236	0.3498	
<i>ln l * ln l</i>	-0.0478	0.0191	**	-0.0220	0.0156		-0.0674	0.0424	-0.0030	0.0127		0.0058	0.0172	-0.0042	0.0160	
<i>ln k * ln k</i>	-0.0094	0.0171		0.0086	0.0042	**	-0.0247	0.0239	-0.0014	0.0130		0.0158	0.0128	-0.0215	0.0216	
<i>ln a * ln a</i>	0.0028	0.0023		0.0031	0.0022		-0.0186	0.0429	-0.0006	0.0018		-0.0004	0.0017	0.0089	0.0176	
<i>ln e * ln e</i>	-0.0012	0.0021		-0.0005	0.0019		0.0202	0.0166	-0.0012	0.0014		-0.0008	0.0014	0.0091	0.0080	
<i>ln m * ln m</i>								0.0336	0.0049	***	0.0350	0.0039	***	0.0353	0.0062	
<i>ln l * ln k</i>	0.0544	0.0307	*	0.0091	0.0060		0.1189	0.0753	0.1041	0.0298	***	0.0414	0.0089	***	0.1331	0.0482
<i>ln l * ln a</i>	0.0206	0.0124	*	0.0106	0.0069		0.1755	0.1499	0.0157	0.0093	*	0.0072	0.0059	0.0547	0.0814	
<i>ln l * ln e</i>	0.0018	0.0135		0.0023	0.0098		-0.0505	0.0465	-0.0035	0.0089		-0.0045	0.0064	-0.0192	0.0248	
<i>ln l * ln m</i>								-0.0740	0.0358	**	-0.0498	0.0129	***	-0.0836	0.0392	
<i>ln k * ln a</i>	-0.0126	0.0085		-0.0148	0.0072	**	-0.0904	0.0703	-0.0091	0.0067		-0.0093	0.0068	-0.0721	0.0498	
<i>ln k * ln e</i>	-0.0001	0.0093		-0.0029	0.0094		0.0084	0.0273	-0.0028	0.0072		-0.0024	0.0080	0.0073	0.0183	
<i>ln k * ln m</i>								-0.0394	0.0175	**	-0.0455	0.0141	***	-0.0266	0.0244	
<i>ln a * ln e</i>	0.0012	0.0034		0.0011	0.0028		-0.0502	0.0411	0.0009	0.0027		0.0009	0.0023	-0.0238	0.0211	
<i>ln a * ln m</i>								0.0012	0.0057		0.0016	0.0054		0.0113	0.0429	
<i>ln e * ln m</i>								0.0084	0.0055		0.0069	0.0052		0.0010	0.0177	
<i>constante</i>	2.6495	3.4906		4.4978	0.7182	***	-3.0277	6.2943	0.7831	3.0926		1.5583	1.2418	-4.1049	4.2028	
Nro. Obs.	1134			1134			1134		1134			1134		1134		
Test F	487.5600	***	2377.6400	***			777.4700	***	267.7400	***			***			
R ²	0.6796						0.3726		0.7957					0.7115		
Root MSE	1.2063		1.2103				1.6768		0.9657		0.9713			1.1370		
Wald χ^2							1349.0100	***						4367.1600	***	
Test endogeneidad																
Robust score χ^2							15.265	***						11.0260	*	
Robust regression							3.3720	***						1.8361	*	
Test de relevancia																
Test F							5.9004	***						5.6223	***	
Test overid																
Score χ^2							4.1617							3.8755		

Fuente: Elaboración propia. Nota: (*) significativo al 10%, (**) significativo al 5% y (***) significativo al 1%.

Tabla A 5: Resultados para la función de producción en los subsectores con códigos CIU 13 a 15

Variables explicativas	Excluyendo la variable logaritmo natural de materia prima						Incluyendo la variable logaritmo natural de materia prima										
	OLS		CLS		IV		OLS		CLS		IV						
	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.					
<i>ln l</i>	1.2636	0.5804	**	0.6116	0.1562	***	3.5063	1.8265	*	0.7188	1.5198	0.1243	0.5629	3.5425	3.3265		
<i>ln k</i>	-1.4960	0.6463	**	-0.1906	0.2650		-1.4983	0.8188	*	-1.2120	1.0997	-0.7538	0.5998	-1.9851	1.9474		
<i>ln a</i>	-0.2416	0.2907		0.0538	0.2388		0.3150	1.7434		-0.2658	0.2715	-0.0568	0.1645	1.8864	5.3051		
<i>ln e</i>	0.5812	0.2815	**	0.5252	0.2437	**	0.0203	1.3536		0.4946	0.4474	0.2877	0.3848	-1.2367	3.7171		
<i>ln m</i>										1.0816	0.9502	1.3986	0.6819	**	-0.2879	2.4192	
<i>ln l * ln l</i>	-0.0845	0.0268	***	-0.0782	0.0181	***	-0.1881	0.0953	**	-0.0188	0.0530	-0.0349	0.0402		-0.1537	0.1312	
<i>ln k * ln k</i>	0.0635	0.0224	***	0.0194	0.0098	**	0.0692	0.0322	**	0.0563	0.0295	*	0.0521	0.0240	**	0.0959	0.0585
<i>ln a * ln a</i>	0.0133	0.0052	**	0.0102	0.0049	**	0.0336	0.0439		0.0057	0.0027	**	0.0051	0.0023	**	0.0772	0.0451
<i>ln e * ln e</i>	0.0068	0.0036	*	0.0033	0.0032		-0.0273	0.0350		0.0047	0.0026	*	0.0028	0.0024		-0.0119	0.0285
<i>ln m * ln m</i>										-0.0011	0.0283	-0.0071	0.0254		-0.0197	0.0678	
<i>ln l * ln k</i>	-0.0001	0.0381		0.0358	0.0090	***	-0.0628	0.0875		0.0122	0.0649	-0.0048	0.0369		-0.1954	0.1880	
<i>ln l * ln a</i>	0.0146	0.0333		0.0010	0.0219		-0.2645	0.2795		-0.0097	0.0195	-0.0134	0.0162		-0.1089	0.2373	
<i>ln l * ln e</i>	0.0080	0.0247		0.0414	0.0213	*	0.1531	0.1588		0.0157	0.0393	0.0269	0.0388		0.0199	0.2090	
<i>ln l * ln m</i>										-0.0475	0.1299	0.0167	0.0581		0.0864	0.2432	
<i>ln k * ln a</i>	0.0049	0.0218		-0.0108	0.0206		-0.0134	0.1524		0.0017	0.0208	-0.0092	0.0192		-0.2362	0.3080	
<i>ln k * ln e</i>	-0.0410	0.0222	*	-0.0444	0.0208	**	-0.0285	0.1078		-0.0137	0.0251	-0.0014	0.0217		0.1519	0.2293	
<i>ln k * ln m</i>										-0.0211	0.0659	-0.0462	0.0447		0.0463	0.1295	
<i>ln a * ln e</i>	-0.0042	0.0050		-0.0003	0.0051		0.0626	0.0825		-0.0007	0.0039	0.0026	0.0043		-0.0019	0.0785	
<i>ln a * ln m</i>										0.0181	0.0207	0.0150	0.0214		0.0881	0.1804	
<i>ln e * ln m</i>										-0.0294	0.0336	-0.0309	0.0367		-0.0703	0.0897	
constante	18.0364	4.6655	***	8.7645	1.6861	***	15.0908	6.7153	**	8.8167	9.8512	4.4446	4.7444		16.9477	20.1841	
Nro. Obs.	280			280			280			280		280			280		
Test F	26.2000		***	17.9300		***				70.0100		***	40.9800		***		
R ²	0.4742						0.0086			0.7568							
Root MSE	1.4450			1.4539			1.9303			0.9941		0.9918			2.0494		
Wald χ^2							181.9700		***						541.3200	***	
Test endogeneidad																	
Robust score χ^2							3.7627								7.9888		
Robust regression							3.8977		***						2.2529	**	
Test de relevancia																	
Test F							46.9416		***						19.9297	***	
Test overid																	
Score χ^2							3.2708								1.8708		

Fuente: Elaboración propia. Nota: (*) significativo al 10%, (**) significativo al 5% y (***) significativo al 1%.

Tabla A 6: Resultados para la función de producción en los subsectores con códigos CIU 16 a 18

Variables explicativas	Excluyendo la variable logaritmo natural de materia prima						Incluyendo la variable logaritmo natural de materia prima									
	OLS		CLS		IV		OLS		CLS		IV					
	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.				
<i>ln l</i>	0.3734	0.8336	0.7082	0.0973	***	-1.2691	1.4069	0.5780	0.4121	0.8585	0.2442	***	-0.2379	0.7904		
<i>ln k</i>	0.1154	0.8572	0.0788	0.1981		-0.4779	1.2644	0.5201	0.2917	*	0.3984	0.2963	0.3592	0.9513		
<i>ln a</i>	0.1620	0.1606	0.2090	0.1124	*	0.0134	0.9667	0.1841	0.0876	**	0.1896	0.0698	***	-0.0933	0.5346	
<i>ln e</i>	0.0032	0.1526	0.0039	0.1445		0.3188	0.4961	-0.0682	0.0895		-0.0910	0.0826		0.1276	0.2564	
<i>ln m</i>								-0.3563	0.2632		-0.3555	0.2324		-0.4046	0.4371	
<i>ln l * ln l</i>	-0.0615	0.0654	-0.0200	0.0231		-0.1112	0.0946	0.0880	0.0504	*	0.0919	0.0395	**	0.0613	0.0669	
<i>ln k * ln k</i>	0.0063	0.0320	0.0122	0.0070	*	0.0190	0.0385	-0.0230	0.0139	*	-0.0154	0.0123		-0.0237	0.0307	
<i>ln a * ln a</i>	0.0033	0.0027	0.0036	0.0027		-0.0117	0.0291	0.0017	0.0016		0.0016	0.0016		0.0040	0.0168	
<i>ln e * ln e</i>	0.0018	0.0013	0.0022	0.0013	*	0.0090	0.0086	0.0001	0.0007		0.0000	0.0008		0.0048	0.0057	
<i>ln m * ln m</i>								0.0412	0.0043	***	0.0419	0.0040	***	0.0447	0.0066	***
<i>ln l * ln k</i>	0.0426	0.0640	0.0047	0.0077		0.1357	0.0903	0.0079	0.0398		-0.0179	0.0164		0.0673	0.0556	
<i>ln l * ln a</i>	0.0059	0.0222	0.0158	0.0096		0.1843	0.1680	0.0190	0.0140		0.0170	0.0060	***	0.0626	0.0986	
<i>ln l * ln e</i>	0.0160	0.0195	-0.0005	0.0136		-0.0093	0.0541	-0.0085	0.0147		-0.0063	0.0082		-0.0115	0.0373	
<i>ln l * ln m</i>								-0.0932	0.0435	**	-0.0846	0.0266	***	-0.0995	0.0569	*
<i>ln k * ln a</i>	-0.0120	0.0148	-0.0172	0.0093	*	-0.0198	0.0887	-0.0009	0.0102		-0.0022	0.0089		0.0243	0.0837	
<i>ln k * ln e</i>	-0.0038	0.0134	0.0003	0.0123		-0.0180	0.0391	0.0143	0.0118		0.0163	0.0097	*	-0.0056	0.0352	
<i>ln k * ln m</i>								0.0223	0.0222		0.0193	0.0161		0.0209	0.0298	
<i>ln a * ln e</i>	-0.0012	0.0025	-0.0021	0.0029		-0.0317	0.0375	0.0003	0.0014		0.0006	0.0016		-0.0218	0.0258	
<i>ln a * ln m</i>								-0.0186	0.0101	*	-0.0170	0.0090	*	-0.0257	0.0747	
<i>ln e * ln m</i>								-0.0093	0.0114		-0.0106	0.0105		0.0003	0.0384	
<i>constante</i>	7.5758	5.5290	7.0810	1.2864	***	14.4269	10.0531	5.3778	2.3877	**	5.9008	1.6209	***	8.1514	6.5113	
Nro. Obs.	501		501			501		501			501			501		
Test F	250.9100	***	1804.1900	***				460.1500	***	3972.6900	***					
R ²	0.7889					0.5667		0.9250						0.8627		
Root MSE	0.8754		0.8749			1.2354		0.5250		0.5236				0.6955		
Wald χ^2						900.3800	***							4380.9300	***	
Test endogeneidad																
Robust score χ^2						7.5479								13.0804	**	
Robust regression						1.5647								2.2448	**	
Test de relevancia																
Test F						3.3476	***							3.2942	***	
Test overid																
Score χ^2						4.6267								2.4425		

Fuente: Elaboración propia. Nota: (*) significativo al 10%, (**) significativo al 5% y (***) significativo al 1%.

Tabla A 7: Resultados para la función de producción en los subsectores con códigos CIU 19 a 22

Variables explicativas	Excluyendo la variable logaritmo natural de materia prima						Incluyendo la variable logaritmo natural de materia prima											
	OLS		CLS		IV		OLS		CLS		IV							
	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.						
<i>ln l</i>	1.0029	0.8135	0.5566	0.1060	***	0.1388	1.5002	-0.6511	0.4790	0.2541	0.2518	-1.7665	1.1628					
<i>ln k</i>	-0.2984	0.6585	-0.0163	0.1728		-0.0070	1.0975	-0.2180	0.8203	-0.7431	1.0923	0.4769	1.1249					
<i>ln a</i>	0.3587	0.1441	**	0.4768	0.1391	***	1.2064	0.9419	0.2102	0.1083	*	0.1864	0.1159	0.9008	0.5649			
<i>ln e</i>	-0.2269	0.1790		-0.0171	0.1582		-0.6270	0.5188	-0.1293	0.1318	-0.0906	0.1359	-0.5659	0.3674				
<i>ln m</i>									1.5146	1.0004	1.3932	0.9885	1.5990	0.9602	*			
<i>ln l * ln l</i>	-0.0955	0.0392	**	-0.0501	0.0189	***	-0.1353	0.0607	**	-0.0425	0.0824	0.0041	0.0328	-0.0653	0.0938			
<i>ln k * ln k</i>	0.0255	0.0271		0.0203	0.0061	***	0.0080	0.0405		0.0351	0.0419	0.0603	0.0538	0.0075	0.0518			
<i>ln a * ln a</i>	0.0032	0.0024		0.0038	0.0025		0.0171	0.0140		0.0008	0.0021	0.0016	0.0021	0.0148	0.0128			
<i>ln e * ln e</i>	-0.0001	0.0022		0.0025	0.0022		-0.0147	0.0214		0.0048	0.0027	*	0.0053	0.0026	**	0.0191	0.0244	
<i>ln m * ln m</i>										0.0225	0.0111	**	0.0226	0.0114	**	0.0206	0.0129	
<i>ln l * ln k</i>	0.0133	0.0617		0.0171	0.0075	**	0.1121	0.1124		0.1132	0.0764	0.0210	0.0290	0.0200	0.1246			
<i>ln l * ln a</i>	0.0212	0.0173		0.0362	0.0113	***	-0.2068	0.1758		0.0282	0.0143	**	0.0162	0.0102	0.0883	0.1926		
<i>ln l * ln e</i>	0.0124	0.0214		-0.0032	0.0134		0.1518	0.1036		0.0007	0.0187		-0.0047	0.0122	-0.0252	0.1046		
<i>ln l * ln m</i>										-0.0595	0.0353	*	-0.0366	0.0121	***	-0.0789	0.0662	
<i>ln k * ln a</i>	-0.0291	0.0122	**	-0.0390	0.0114	***	-0.0456	0.0696		-0.0247	0.0154		-0.0186	0.0147	-0.0833	0.0818		
<i>ln k * ln e</i>	0.0121	0.0150		0.0016	0.0133		0.0105	0.0398		0.0137	0.0122		0.0123	0.0120	0.0431	0.0345		
<i>ln k * ln m</i>										-0.0779	0.0425	*	-0.0751	0.0444	*	-0.0787	0.0470	*
<i>ln a * ln e</i>	0.0017	0.0035		-0.0009	0.0037		0.0223	0.0508		-0.0033	0.0032		-0.0036	0.0033	-0.0441	0.0662		
<i>ln a * ln m</i>										0.0065	0.0161		0.0045	0.0146	0.0154	0.0582		
<i>ln e * ln m</i>										-0.0091	0.0123		-0.0093	0.0124	-0.0043	0.0232		
constante	9.3963	4.0878	**	6.9742	1.0810	***	7.3680	7.5635		0.4562	2.1698		3.6876	2.1467	*	-4.4087	6.4855	
Nro. Obs.	569			569			569			569			569			569		
Test F	132.3600		***	837.4000		***			302.0500		**	115.4200		***				
R ²	0.6056						0.3773		0.8140						0.7126			
Root MSE	1.2069			1.2119			1.4965		0.8334			0.8376			1.0166			
Wald χ^2							595.6800		***						2067.0400		***	
Test endogeneidad																		
Robust score χ^2							4.6357								5.7228			
Robust regression							1.0411								1.1849			
Test de relevancia																		
Test de F							388.7450		***						367.3690		***	
Test overid																		
Score χ^2							7.4668								6.5060			

Fuente: Elaboración propia. Nota: (*) significativo al 10%, (**) significativo al 5% y (***) significativo al 1%.

Tabla A 8: Resultados para la función de producción en el subsector con código CIU 23

Variables explicativas	Excluyendo la variable logaritmo natural de materia prima						Incluyendo la variable logaritmo natural de materia prima												
	OLS		CLS		IV		OLS		CLS		IV								
	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.							
<i>ln l</i>	0.0218	0.5433	0.1228	0.0812	0.8687	0.8883	0.2768	0.3784	0.3636	0.1679	**	1.2475	0.8683						
<i>ln k</i>	-0.5966	0.4417	0.6871	0.1249	***	-0.7831	0.4220	*	-0.1099	0.3266	0.3259	0.3023	-0.1008	0.4822					
<i>ln a</i>	0.0836	0.1443	0.2535	0.1080	**	-0.1859	0.3938	0.0812	0.0814	0.1758	0.0573	***	-0.4587	0.3896					
<i>ln e</i>	0.0576	0.1032	-0.0635	0.0738		0.1299	0.2016	-0.0414	0.0736	-0.0357	0.0659		0.1862	0.1984					
<i>ln m</i>								-0.3115	0.3420	0.1704	0.2898		-1.1926	0.9450					
<i>ln l * ln l</i>	-0.0254	0.0263	-0.0275	0.0124	**	-0.0046	0.0364	0.0054	0.0181	0.0243	0.0179		0.0230	0.0319					
<i>ln k * ln k</i>	0.0366	0.0167	**	-0.0032	0.0045	0.0504	0.0183	***	0.0058	0.0224	0.0073	0.0164	-0.0194	0.0406					
<i>ln a * ln a</i>	0.0112	0.0021	***	0.0099	0.0021	***	0.0049	0.0072	0.0041	0.0013	***	0.0035	0.0012	***	0.0018	0.0063			
<i>ln e * ln e</i>	0.0038	0.0019	**	0.0039	0.0018	**	0.0066	0.0045	0.0010	0.0012	0.0012	0.0013	0.0034	0.0033					
<i>ln m * ln m</i>								0.0384	0.0037	***	0.0399	0.0037	***	0.0410	0.0060	***			
<i>ln l * ln k</i>	0.0252	0.0448	0.0216	0.0052	***	-0.0381	0.0708	0.0468	0.0453	0.0261	0.0078	***	0.0248	0.0650					
<i>ln l * ln a</i>	0.0152	0.0104	0.0138	0.0076	*	-0.0004	0.0303	0.0103	0.0068	0.0123	0.0044	***	-0.0068	0.0251					
<i>ln l * ln e</i>	-0.0068	0.0145	-0.0079	0.0079		-0.0003	0.0246	-0.0042	0.0081	-0.0026	0.0064		0.0005	0.0171					
<i>ln l * ln m</i>								-0.0670	0.0509	-0.0601	0.0153	***	-0.1232	0.0746	*				
<i>ln k * ln a</i>	-0.0131	0.0106	-0.0231	0.0087	***	0.0155	0.0314	-0.0135	0.0101	-0.0118	0.0091		-0.0075	0.0299					
<i>ln k * ln e</i>	-0.0029	0.0080	0.0046	0.0060		-0.0105	0.0160	0.0050	0.0081	0.0058	0.0078		0.0113	0.0186					
<i>ln k * ln m</i>								0.0037	0.0296	-0.0274	0.0190		0.0676	0.0697					
<i>ln a * ln e</i>	-0.0017	0.0040	-0.0007	0.0039		-0.0108	0.0124	-0.0011	0.0024	-0.0006	0.0024		-0.0088	0.0104					
<i>ln a * ln m</i>								0.0054	0.0095	-0.0034	0.0097		0.0490	0.0472					
<i>ln e * ln m</i>								-0.0018	0.0082	-0.0038	0.0078		-0.0287	0.0277					
constante	13.3846	3.1203	***	3.0236	0.8735	***	13.2334	2.8804	***	10.5508	2.4228	***	3.4309	1.2424	***	14.7965	4.9005	***	
Nro. Obs.	225			225			225			225			225						
Test F	82.3400		***	959.3700		**			239.8400		**	1880.3200		***					
R ²	0.7683						0.7198			0.9100					0.8596				
Root MSE	0.7836			0.7954			0.8325			0.4956			0.5036		0.5892				
Wald χ^2							1100.6900		***						1786.8700				***
Test endogeneidad																			
Robust score χ^2							2.9553								7.3430				
Robust regression							0.5412								1.2609				
Test de relevancia																			
Test F							17.3469		***						19.3951				***
Test overid																			
Score χ^2							9.6320								10.9481				

Fuente: Elaboración propia. Nota: (*) significativo al 10%, (**) significativo al 5% y (***) significativo al 1%.

Tabla A 9: Resultados para la función de producción en los subsectores con códigos CIU 24 y 25

Variables explicativas	Excluyendo la variable logaritmo natural de materia prima						Incluyendo la variable logaritmo natural de materia prima									
	OLS		CLS		IV		OLS		CLS		IV					
	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.				
<i>ln l</i>	-0.6604	0.4682	0.3759	0.1178	***	0.4925	1.0319	-0.4606	0.3090	-0.1684	0.1025	-1.0185	1.2478			
<i>ln k</i>	0.7461	0.8902	0.1173	0.2584		0.7879	1.0468	0.3481	0.4482	0.5332	0.2912	*	-0.3864	1.8191		
<i>ln a</i>	-0.1392	0.2552	0.0047	0.3025		-1.2279	1.2851	0.0075	0.1290	-0.0325	0.1192	0.3950	1.0781			
<i>ln e</i>	0.0807	0.2426	0.5020	0.2677	*	0.1692	0.6335	0.0044	0.0957	0.0120	0.1098	-0.4027	0.7457			
<i>ln m</i>								0.6415	0.2352	***	0.6558	0.2101	***	0.6139	0.8696	
<i>ln l * ln l</i>	-0.1234	0.0407	***	-0.0541	0.0332		-0.0799	0.0791	-0.0481	0.0292	-0.0460	0.0219	**	0.0079	0.0646	
<i>ln k * ln k</i>	-0.0211	0.0306		0.0188	0.0088	**	-0.0247	0.0341	0.0211	0.0209	0.0177	0.0139		0.0634	0.0845	
<i>ln a * ln a</i>	-0.0045	0.0042		-0.0023	0.0041		0.0117	0.0233	-0.0061	0.0037	*	-0.0064	0.0038	*	-0.0263	0.0238
<i>ln e * ln e</i>	0.0009	0.0030		0.0059	0.0027	**	-0.0142	0.0110	0.0040	0.0020	**	0.0042	0.0018	**	-0.0134	0.0148
<i>ln m * ln m</i>								0.0558	0.0046	***	0.0563	0.0044	***	0.0364	0.0292	
<i>ln l * ln k</i>	0.1204	0.0321	***	0.0180	0.0143		0.0476	0.0742	0.0754	0.0279	***	0.0569	0.0117	***	-0.0964	0.1691
<i>ln l * ln a</i>	0.0105	0.0235		0.0006	0.0255		-0.1638	0.0943	*	-0.0032	0.0121	0.0017	0.0098		-0.1531	0.1100
<i>ln l * ln e</i>	0.0407	0.0270		0.0356	0.0215	*	0.1398	0.0663	**	0.0069	0.0130	0.0070	0.0085		0.1098	0.0745
<i>ln l * ln m</i>								-0.0170	0.0246	-0.0196	0.0155	0.2251	0.2645			
<i>ln k * ln a</i>	0.0095	0.0209		0.0032	0.0252		0.1061	0.0850	-0.0020	0.0115	-0.0019	0.0116	0.1108	0.1167		
<i>ln k * ln e</i>	-0.0118	0.0208		-0.0400	0.0223	*	-0.0247	0.0487	0.0117	0.0120	0.0132	0.0125	-0.0400	0.0635		
<i>ln k * ln m</i>								-0.0852	0.0155	***	-0.0859	0.0127	***	-0.0982	0.0531	*
<i>ln a * ln e</i>	0.0004	0.0045		-0.0015	0.0041		-0.0163	0.0318	-0.0050	0.0035	-0.0048	0.0032	0.0188	0.0333		
<i>ln a * ln m</i>								0.0097	0.0067	0.0114	0.0064	*	-0.1258	0.1490		
<i>ln e * ln m</i>								-0.0170	0.0082	**	-0.0196	0.0079	**	0.0622	0.0833	
constante	4.3220	6.4366		5.4721	1.6958	***	4.1278	8.8457	1.5199	2.5001	-0.5271	1.1070	8.9363	12.0919		
Nro. Obs.	416		416				416		416		416		416			
Test F	76.5700		***	6.1000		***			324.5200		***	1564.6100		***		
R ²	0.5875						0.3581		0.7653				0.2860			
Root MSE	1.2246		1.2507				1.4998		0.9307		0.9263		1.5818			
Wald χ^2							527.5400		***				653.1500		***	
Test endogeneidad																
Robust score χ^2							7.3527						5.4118			
Robust regression							2.2256		*				0.7217			
Test de relevancia																
Test F							3.8590		***				3.8951		***	
Test overid																
Score χ^2							10.8965						5.8474			

Fuente: Elaboración propia. Nota: (*) significativo al 10%, (**) significativo al 5% y (***) significativo al 1%.

Tabla A 10: Resultados para la función de producción en los subsectores con códigos CIU 26 a 30

Variables explicativas	Excluyendo la variable logaritmo natural de materia prima						Incluyendo la variable logaritmo natural de materia prima									
	OLS		CLS		IV		OLS		CLS		IV					
	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.				
<i>ln l</i>	4.6580	2.3174	**	0.7578	0.1637	***	4.2450	2.9804	2.9218	1.1846	**	-0.3011	0.2703	-9.4233	10.8539	
<i>ln k</i>	1.0445	1.4838		0.7432	0.7113		3.2333	2.4696	0.7563	1.0040		2.2495	0.5579	***	5.2161	7.6016
<i>ln a</i>	-0.3339	0.3541		-0.3013	0.3790		2.5641	1.9605	-0.2528	0.2789		-0.0252	0.2773		2.1079	4.3922
<i>ln e</i>	-0.6116	0.4893		-0.1997	0.5428		-2.4026	1.3689	*	0.3127		-0.1232	0.3144		-4.3884	3.1965
<i>ln m</i>										0.2144	***	-0.7999	0.2926	***	-1.6216	2.6664
<i>ln l * ln l</i>	-0.0546	0.1188		0.0472	0.0701		0.0798	0.1961	-0.0940	0.0759		-0.1061	0.0494	**	-0.4180	0.5246
<i>ln k * ln k</i>	-0.0025	0.0561		-0.0183	0.0307		-0.0571	0.0840	-0.0136	0.0399		-0.0841	0.0244	***	-0.3532	0.4054
<i>ln a * ln a</i>	-0.0011	0.0045		0.0062	0.0093		-0.0368	0.0325	-0.0063	0.0036	*	-0.0055	0.0042		-0.1233	0.0788
<i>ln e * ln e</i>	-0.0032	0.0055		-0.0035	0.0053				0.0050	0.0032		0.0062	0.0029	**	-0.0442	0.0538
<i>ln m * ln m</i>									0.0469	0.0058	***	0.0464	0.0061	***	-0.0249	0.0591
<i>ln l * ln k</i>	-0.2531	0.1810		-0.0274	0.0299		-0.2697	0.2326	-0.1653	0.1004		0.0349	0.0206	*	0.6719	0.9536
<i>ln l * ln a</i>	-0.0395	0.0399		-0.0124	0.0284		-0.1444	0.1912	-0.0150	0.0361		0.0089	0.0243		0.1906	0.3406
<i>ln l * ln e</i>	0.1324	0.0526	**	-0.0073	0.0391		0.1365	0.0991	0.0530	0.0363		-0.0048	0.0300		-0.4443	0.3916
<i>ln l * ln m</i>									0.0389	0.0237		0.0671	0.0304	**	0.2368	0.3184
<i>ln k * ln a</i>	0.0290	0.0286		0.0206	0.0310		-0.1360	0.1253	0.0347	0.0220		0.0193	0.0218		0.2671	0.4299
<i>ln k * ln e</i>	0.0144	0.0365		0.0251	0.0506		0.1161	0.0912	0.0234	0.0238		0.0196	0.0240		0.0097	0.1931
<i>ln k * ln m</i>									0.0050	0.0137		0.0102	0.0184		0.1648	0.2335
<i>ln a * ln e</i>	0.0014	0.0060		-0.0143	0.0153		0.0989	0.0794	0.0005	0.0040		-0.0045	0.0041		0.2005	0.1756
<i>ln a * ln m</i>									-0.0137	0.0087		-0.0182	0.0106	*	-0.5373	0.3857
<i>ln e * ln m</i>									-0.0130	0.0130		-0.0166	0.0144		0.4261	0.3283
constante	-3.6886	10.7514		4.6076	3.2071		-23.2860	19.6980	3.4215	6.7997		-2.7982	2.4133		2.5775	53.1627
Nro. Obs.	298			298			298		298			298			298	
Test F	24.3300		***	3.9300		***			43.3100		***	12.9100		***		
R ²	0.4869								0.6637							
Root MSE	1.3848			1.5603			1.9655		1.1332			1.1688			4.8846	
Wald χ^2							146.9300				***				59.3600	
Test																
Robust score χ^2							4.8292								7.9043	
Robust regression							1.9442			*					1.8747	
Test de relevancia																
Test F							11.1093				***					
Test overid																
Score χ^2							6.0616								2.3057	

Fuente: Elaboración propia. Nota 1: (*) significativo al 10%, (**) significativo al 5% y (***) significativo al 1%. Nota 2: No se pudo reportar el test de relevancia para el modelo que incluye materia prima por problemas de colinealidad en los datos.

Tabla A 11: Resultados para la función de producción en los subsectores con códigos CIU sobre 30

Variables explicativas	Excluyendo la variable logaritmo natural de materia prima						Incluyendo la variable logaritmo natural de materia prima										
	OLS		CLS		IV		OLS		CLS		IV						
	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.					
<i>ln l</i>	2.2194	2.1928	0.6764	0.2946	**	-0.5500	3.8965	0.9223	1.4842	1.5050	0.4390	***	4.6919	5.5733			
<i>ln k</i>	5.2579	2.8207	*	1.3614	0.6863	**	7.2837	4.6395	7.1137	2.6914	***	2.7640	0.8365	***	6.2729	5.0266	
<i>ln a</i>	-0.4338	1.0189		-0.0682	0.7042		4.7298	4.5539	-0.7925	0.9228		-0.2928	0.6660		-4.3069	6.3169	
<i>ln e</i>	-0.5631	0.9286		-0.9695	0.7041		-2.3318	2.6121	1.1686	0.5391	**	0.3277	0.3989		3.6102	3.1696	
<i>ln m</i>									-3.2788	0.7247	***	-3.3038	0.7430	***	-2.4206	1.2548	*
<i>ln l * ln l</i>	0.2641	0.1417	*	0.1321	0.0948		0.1979	0.1988	0.2856	0.1042	***	0.1608	0.0775	**	0.5055	0.2643	*
<i>ln k * ln k</i>	-0.1625	0.1052		-0.0517	0.0278	*	-0.2199	0.1634	-0.3261	0.0957	***	-0.1883	0.0378	***	-0.2733	0.1990	
<i>ln a * ln a</i>	-0.0054	0.0134		-0.0028	0.0135		-0.0241	0.0684	-0.0190	0.0137		-0.0176	0.0142		-0.0439	0.0684	
<i>ln e * ln e</i>	0.0225	0.0103	**	0.0260	0.0082	***	0.0160	0.0408	0.0170	0.0074	**	0.0129	0.0063	**	-0.0299	0.0397	
<i>ln m * ln m</i>									0.0048	0.0126		0.0058	0.0127		0.0220	0.0263	
<i>ln l * ln k</i>	-0.1974	0.1680		-0.0367	0.0374		-0.0201	0.2525	-0.0976	0.1035		-0.0750	0.0388	*	-0.3818	0.4210	
<i>ln l * ln a</i>	0.0497	0.0651		0.0014	0.0606		0.2989	0.3777	0.0192	0.0517		-0.0278	0.0580		-0.3239	0.4441	
<i>ln l * ln e</i>	-0.0823	0.0615		-0.0967	0.0599		-0.1595	0.1640	-0.0260	0.0356		0.0192	0.0337		0.1774	0.1963	
<i>ln l * ln m</i>									-0.0644	0.0380	*	-0.0771	0.0362	**	-0.0786	0.1627	
<i>ln k * ln a</i>	0.0215	0.0797		0.0095	0.0638		-0.3689	0.3420	0.0340	0.0709		0.0120	0.0574		0.3678	0.5123	
<i>ln k * ln e</i>	0.0501	0.0667		0.0789	0.0609		0.1696	0.1945	-0.0487	0.0383		-0.0046	0.0336		-0.2560	0.2433	
<i>ln k * ln m</i>									0.2530	0.0482	***	0.2560	0.0509	***	0.1980	0.0990	**
<i>ln a * ln e</i>	-0.0025	0.0119		-0.0081	0.0101		0.0700	0.1328	0.0087	0.0079		0.0088	0.0084		0.1383	0.1222	
<i>ln a * ln m</i>									0.0244	0.0217		0.0247	0.0226		-0.0360	0.0856	
<i>ln e * ln m</i>									-0.0377	0.0137	***	-0.0362	0.0136	***	-0.0380	0.0433	
constante	-30.1438	18.757		1.7783	4.0479		-	31.510	-	18.974		6.6532	4.8580		-27.4971	32.206	
Nro. Obs.	319			319			319		319			319			319		
Test F	9.6000		***	172.730		***			22.260		***	294.850		***			
R ²	0.1542								0.4202						0.1065		
Root MSE	2.7370			2.7492			3.0180		2.2889			2.3073			2.7462		
Wald χ^2							56.450								165.700		***
Test endogeneidad																	
Robust score χ^2							3.9962								2.6365		
Robust regression							0.9704								0.4262		
Test de relevancia																	
Test F							1.9789		**								
Test overid																	
Score χ^2							8.6454								8.7311		

Fuente: Elaboración propia. Nota 1: (*) significativo al 10%, (**) significativo al 5% y (***) significativo al 1%. Nota 2: No se pudo reportar el test de relevancia para el modelo que incluye materia prima por problemas de colinealidad en los datos.

Anexo 5. Estimación del valor marginal del agua mediante el método OLS e IV

Tabla A 12: Estimación del valor marginal del agua según la función de producción nacional estimada por el OLS (en pesos)

CIU	Excluyendo la variable logaritmo natural de materia prima			Incluyendo la variable logaritmo natural de materia prima		
	Promedio	Mediana	D. Est.	Promedio	Mediana	D. Est.
Todas	17873	10875	19099	23944	13188	25988
10 y 11	14172	5000	21537	22959	10250	25060
13 a 15	22804	16281	20699	25161	17750	24927
16 a 18	36666	34188	23212	31072	25500	23411
19 a 22	30321	25750	22197	25369	13781	26160
23	40692	43063	24557	27542	17000	26132
24 y 25	2843	0	10146	15947	13125	12978
26 a 30	10815	7875	11466	24322	17375	21786
Sobre 30	22639	15313	20020	23370	15188	18244

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A 13: Estimación del valor marginal del agua según la función de producción nacional estimada por el método IV (en pesos)

CIU	Excluyendo la variable logaritmo natural de materia prima			Incluyendo la variable logaritmo natural de materia prima		
	Promedio	Mediana	D. Est.	Promedio	Mediana	D. Est.
Todas	45614	45500	29517	42848	40125	28680
10 y 11	35895	29375	28125	45010	42934	27213
13 a 15	36540	33938	24753	32733	28000	23776
16 a 18	51799	50000	29896	44565	41000	26093
19 a 22	43805	46000	27674	35191	25375	28744
23	27899	22813	23889	30352	19000	30598
24 y 25	25368	18656	25202	25877	10000	32095
26 a 30	44861	40500	25667	34096	28750	26833
Sobre 30	41198	36500	25958	34849	27375	31192

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 6. Resultados de la función de costos para cada subsector y desagregación de materia prima

Tabla A 14: Resultados para la función de costos en los subsectores con códigos CIU 10 y 11 excluyendo la variable logaritmo natural del precio de la materia prima

Variables explicativas	NLS		NLS c/restr		NLS IV c/restr		3SLS		3SLS c/restr						
	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.					
<i>Ecuación sk</i>															
<i>constante</i>	0.2467	0.0436	***	0.1431	0.0362	***	0.1370	0.0365	***	0.2402	0.0589	***	0.3659	0.0123	***
<i>ln (pk)</i>	0.1154	0.0033	***	0.0889	0.0021	***	0.0893	0.0030	***	0.1047	0.0075	***	0.0862	0.0015	***
<i>ln (pl)</i>	-0.1151	0.0043	***	-0.0736	0.0013	***	-0.0735	0.0031	***	-0.1061	0.0078	***	-0.0766	0.0011	***
<i>ln (pe)</i>	0.0033	0.0020	*	-0.0033	0.0007	***	-0.0033	0.0009	***	0.0012	0.0030		-0.0048	0.0008	***
<i>ln (pa)</i>	0.0103	0.0059	*	-0.0015	0.0004	***	-0.0016	0.0006	***	-0.1715	0.1035	*	-0.0048	0.0008	***
<i>Ecuación sl</i>															
<i>constante</i>	0.3558	0.0236	***	0.3167	0.0220	***	0.3152	0.0242	***	0.3551	0.0241	***	0.4202	0.0104	***
<i>ln (pk)</i>	-0.0627	0.0018	***	-0.0736	0.0013	***	-0.0735	0.0031	***	-0.0639	0.0031	***	-0.0766	0.0011	***
<i>ln (pl)</i>	0.0530	0.0023	***	0.0683	0.0017	***	0.0683	0.0042	***	0.0540	0.0032	***	0.0707	0.0014	***
<i>ln (pe)</i>	0.0007	0.0011		0.0001	0.0007		0.0001	0.0009		0.0004	0.0012		0.0012	0.0006	**
<i>ln (pa)</i>	0.0002	0.0032		0.0012	0.0005	**	0.0013	0.0006	**	-0.0206	0.0423		0.0048	0.0008	***
<i>Ecuación se</i>															
<i>constante</i>	0.0460	0.0141	***	0.0606	0.0132	***	0.0612	0.0138	**	0.0503	0.0300	*	0.1370	0.0074	***
<i>ln (pk)</i>	-0.0075	0.0011	***	-0.0033	0.0007	***	-0.0033	0.0009	***	-0.0003	0.0038		-0.0048	0.0008	***
<i>ln (pl)</i>	0.0058	0.0014	***	0.0001	0.0007		0.0001	0.0009		-0.0002	0.0040		0.0012	0.0006	**
<i>ln (pe)</i>	0.0022	0.0007	***	0.0023	0.0007	***	0.0023	0.0005	**	0.0036	0.0015	**	0.0030	0.0006	***
<i>ln (pa)</i>	-0.0006	0.0019		-0.0001	0.0002		-0.0001	0.0001		0.1209	0.0527	**	0.0006	0.0005	
<i>Ecuación sa</i>															
<i>constante</i>	0.0095	0.0048	**	0.0106	0.0048	**	0.0103	0.0034	***	0.0098	0.0051	*	0.0769	0.0104	***
<i>ln (pk)</i>	-0.0018	0.0004	***	-0.0015	0.0004	***	-0.0016	0.0006	***	-0.0013	0.0007	**	-0.0048	0.0008	***
<i>ln (pl)</i>	0.0015	0.0005	***	0.0012	0.0005	**	0.0013	0.0006	**	0.0011	0.0007	*	0.0048	0.0008	***
<i>ln (pe)</i>	-0.0001	0.0002		-0.0001	0.0002		-0.0001	0.0001		0.0000	0.0003		0.0006	0.0005	
<i>ln (pa)</i>	0.0003	0.0006		0.0003	0.0006		0.0001	0.0003		0.0083	0.0090		-0.0005	0.0008	
Nro. Obs.	1164			1164			1164			1164			1164		
R ² ecuación sk	0.5151			0.4705			0.4739			0.1161			0.0878		
R ² ecuación sl	0.5222			0.5026			0.5035			0.5046			-0.2578		
R ² ecuación se	0.0512			0.0361			0.0369			-3.2673			-2.3094		
R ² ecuación sa	0.0214			0.0209			0.0211			-0.107			-19.1053		
Test F							2.5400								
Test J							1.6857								

Fuente: Elaboración propia. Nota: (*) significativo al 10%, (**) significativo al 5% y (***) significativo al 1%.

Tabla A 15: Resultados para la función de costos en los subsectores con códigos CIU 10 y 11 incluyendo la variable logaritmo natural del precio de la materia prima

Variables explicativas	NLS		NLS c/restr		NLS IV c/restr		3SLS		3SLS c/restr	
	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.
<i>Ecuación sk</i>										
<i>constante</i>	0.2495	0.0432 ***	0.1454	0.0360 ***	0.1394	0.0391 ***	0.2253	0.0579 ***	0.3660	0.0123 ***
<i>ln (pk/pm)</i>	0.1155	0.0033 ***	0.0889	0.0021 ***	0.0892	0.0030 ***	0.1048	0.0072 ***	0.0862	0.0015 ***
<i>ln (pl/pm)</i>	-0.1152	0.0043 ***	-0.0736	0.0013 ***	-0.0735	0.0037 ***	-0.1063	0.0074 ***	-0.0766	0.0011 ***
<i>ln (pe/pm)</i>	0.0033	0.0020	-0.0033	0.0007 ***	-0.0033	0.0009 ***	0.0014	0.0028	-0.0048	0.0008 ***
<i>ln (pa/pm)</i>	0.0100	0.0059 *	-0.0015	0.0004 ***	-0.0016	0.0004 ***	-0.1579	0.0920 *	-0.0048	0.0008 ***
<i>Ecuación sl</i>										
<i>constante</i>	0.3551	0.0234 ***	0.3166	0.0218 ***	0.3151	0.0198 ***	0.3525	0.0244 ***	0.4200	0.0104 ***
<i>ln (pk/pm)</i>	-0.0627	0.0018 ***	-0.0736	0.0013 ***	-0.0735	0.0037 ***	-0.0639	0.0030 ***	-0.0766	0.0011 ***
<i>ln (pl/pm)</i>	0.0530	0.0023 ***	0.0683	0.0016 ***	0.0683	0.0043 ***	0.0540	0.0031 ***	0.0707	0.0014 ***
<i>ln (pe/pm)</i>	0.0007	0.0011	0.0001	0.0007	0.0001	0.0008	0.0005	0.0012	0.0012	0.0006 **
<i>ln (pa/pm)</i>	0.0002	0.0032	0.0012	0.0005 **	0.0012	0.0005 **	-0.0182	0.0387	0.0047	0.0008 ***
<i>Ecuación se</i>										
<i>constante</i>	0.0454	0.0140 ***	0.0598	0.0130 ***	0.0605	0.0129 ***	0.0615	0.0286 **	0.1369	0.0074 ***
<i>ln (pk/pm)</i>	-0.0075	0.0011 ***	-0.0033	0.0007 ***	-0.0033	0.0009 ***	-0.0004	0.0036	-0.0048	0.0008 ***
<i>ln (pl/pm)</i>	0.0058	0.0014 ***	0.0001	0.0007	0.0001	0.0008	-0.0001	0.0037	0.0012	0.0006 **
<i>ln (pe/pm)</i>	0.0022	0.0007 ***	0.0024	0.0007 ***	0.0023	0.0005 ***	0.0034	0.0014 **	0.0030	0.0006 ***
<i>ln (pa/pm)</i>	-0.0004	0.0019	-0.0001	0.0002	-0.0001	0.0001	0.1111	0.0454 **	0.0006	0.0005
<i>Ecuación sa</i>										
<i>constante</i>	0.0098	0.0048 **	0.0108	0.0048 **	0.0105	0.0036 ***	0.0109	0.0052 **	0.0772	0.0104 ***
<i>ln (pk/pm)</i>	-0.0018	0.0004 ***	-0.0015	0.0004 ***	-0.0016	0.0004 ***	-0.0013	0.0006 **	-0.0048	0.0008 ***
<i>ln (pl/pm)</i>	0.0015	0.0005 ***	0.0012	0.0005 **	0.0012	0.0005 **	0.0011	0.0007 *	0.0047	0.0008 ***
<i>ln (pe/pm)</i>	-0.0001	0.0002	-0.0001	0.0002	-0.0001	0.0001	0.0000	0.0003	0.0006	0.0005
<i>ln (pa/pm)</i>	0.0003	0.0006	0.0003	0.0006	0.0000	0.0003	0.0077	0.0082	-0.0005	0.0008
Nro. Obs.	1164		1164		1164		1164		1164	
R ² ecuación sk	0.515		0.4704		0.4738		0.1746		0.0878	
R ² ecuación sl	0.5222		0.5025		0.5035		0.5085		-0.2578	
R ² ecuación se	0.0512		0.0361		0.0368		-2.7486		-2.3095	
R ² ecuación sa	0.0214		0.0209		0.0211		-0.09		-19.1035	
Test F					2.5400					
Test J					1.4773					

Fuente: Elaboración propia. Nota: (*) significativo al 10%, (**) significativo al 5% y (***) significativo al 1%.

Tabla A 16: Resultados para la función de costos en los subsectores con códigos CIU 13 a 15 excluyendo la variable logaritmo natural del precio de la materia prima

Variables explicativas	NLS		NLS c/restr		NLS IV c/restr		3SLS		3SLS c/restr			
	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.		
<i>Ecuación sk</i>												
constante	0.1080	0.0809	0.0554	0.0788	0.0542	0.1518	0.0520	0.1371	0.3670	0.0268	***	
ln (pk)	0.1131	0.0077	***	0.1017	0.0057	***	0.1017	0.0112	***	0.1115	0.0097	***
ln (pl)	-0.0877	0.0083	***	-0.0736	0.0039	***	-0.0736	0.0162	***	-0.0840	0.0118	***
ln (pe)	-0.0062	0.0030	**	-0.0037	0.0014	**	-0.0036	0.0014	***	-0.0091	0.0061	***
ln (pa)	0.0145	0.0162		-0.0005	0.0004		-0.0005	0.0002	**	-0.1697	0.3140	***
<i>Ecuación sl</i>												
constante	0.3505	0.0543	***	0.3537	0.0544	***	0.3541	0.0685	***	0.3300	0.0808	***
ln (pk)	-0.0660	0.0051	***	-0.0736	0.0039	***	-0.0736	0.0162	***	-0.0666	0.0057	***
ln (pl)	0.0620	0.0055	***	0.0681	0.0045	***	0.0681	0.0191	***	0.0633	0.0070	***
ln (pe)	-0.0008	0.0020		0.0010	0.0013		0.0010	0.0014		-0.0019	0.0036	
ln (pa)	0.0115	0.0108		0.0002	0.0004		0.0002	0.0003		-0.0559	0.1851	**
<i>Ecuación se</i>												
constante	0.0176	0.0213		0.0300	0.0196		0.0295	0.0190		0.0688	0.0772	***
ln (pk)	-0.0037	0.0020	*	-0.0037	0.0014	**	-0.0036	0.0014	***	-0.0023	0.0055	***
ln (pl)	0.0022	0.0022		0.0010	0.0013		0.0010	0.0014		-0.0012	0.0067	
ln (pe)	0.0030	0.0008	***	0.0030	0.0008	***	0.0030	0.0007	***	0.0057	0.0034	*
ln (pa)	0.0046	0.0043		0.0001	0.0002		0.0001	0.0003		0.1728	0.1769	
<i>Ecuación sa</i>												
constante	0.0041	0.0045		0.0053	0.0044		0.0052	0.0035		0.0009	0.0077	***
ln (pk)	-0.0005	0.0004		-0.0005	0.0004		-0.0005	0.0002	**	-0.0006	0.0005	***
ln (pl)	0.0004	0.0005		0.0002	0.0004		0.0002	0.0003		0.0006	0.0007	**
ln (pe)	0.0001	0.0002		0.0001	0.0002		0.0001	0.0003		-0.0001	0.0003	
ln (pa)	0.0001	0.0009		-0.0003	0.0008		-0.0005	0.0006		-0.0105	0.0176	
Nro. Obs.	271		271		271		271		271			
R ² ecuación sk	0.4547		0.4436		0.4459		0.1931		0.1135			
R ² ecuación sl	0.4037		0.3941		0.3963		0.3185		-0.0758			
R ² ecuación se	0.067		0.0612		0.0708		-5.2975		-1.8088			
R ² ecuación sa	0.0065		0.0053		0.0080		-0.5098		-45.8329			
Test F					2.6600							
Test J					30.6609		***					

Fuente: Elaboración propia. Nota: (*) significativo al 10%, (**) significativo al 5% y (***) significativo al 1%.

Tabla A 17: Resultados para la función de costos en los subsectores con códigos CIU 13 a 15 incluyendo la variable logaritmo natural del precio de la materia prima

Variables explicativas	NLS		NLS c/restr		NLS IV c/restr		3SLS		3SLS c/restr						
	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.					
<i>Ecuación sk</i>															
constante	0.1133	0.0801	0.0592	0.0778	0.0580	0.1344	0.0282	0.1745	0.3670	0.0268	***				
ln (pk/pm)	0.1131	0.0077	***	0.1017	0.0057	***	0.1017	0.0100	***	0.1115	0.0097	***	0.0919	0.0043	***
ln (pl/pm)	-0.0877	0.0083	***	-0.0736	0.0039	***	-0.0736	0.0140	***	-0.0840	0.0118	***	-0.0776	0.0033	***
ln (pe/pm)	-0.0062	0.0030	**	-0.0037	0.0014	**	-0.0036	0.0012	***	-0.0091	0.0061		-0.0074	0.0016	***
ln (pa/pm)	0.0145	0.0162		-0.0005	0.0004		-0.0005	0.0002	**	-0.1697	0.3140		-0.0069	0.0017	***
<i>Ecuación sl</i>															
constante	0.3516	0.0537	***	0.3530	0.0538	***	0.3534	0.0694	***	0.3204	0.1029	***	0.4330	0.0222	***
ln (pk/pm)	-0.0660	0.0051	***	-0.0736	0.0039	***	-0.0736	0.0140	***	-0.0666	0.0057	***	-0.0776	0.0033	***
ln (pl/pm)	0.0620	0.0055	***	0.0681	0.0045	***	0.0681	0.0180	***	0.0633	0.0070	***	0.0721	0.0037	***
ln (pe/pm)	-0.0008	0.0020		0.0010	0.0013		0.0010	0.0012		-0.0019	0.0036		0.0020	0.0013	
ln (pa/pm)	0.0115	0.0108		0.0002	0.0004		0.0002	0.0003		-0.0559	0.1851		0.0035	0.0016	**
<i>Ecuación se</i>															
constante	0.0186	0.0211		0.0301	0.0194		0.0296	0.0152	*	0.0963	0.0983		0.1093	0.0136	***
ln (pk/pm)	-0.0037	0.0020	*	-0.0037	0.0014	**	-0.0036	0.0012	***	-0.0023	0.0055		-0.0074	0.0016	***
ln (pl/pm)	0.0022	0.0022		0.0010	0.0013		0.0010	0.0012		-0.0012	0.0067		0.0020	0.0013	
ln (pe/pm)	0.0030	0.0008	***	0.0030	0.0008	***	0.0030	0.0007	***	0.0057	0.0034	*	0.0042	0.0010	***
ln (pa/pm)	0.0046	0.0043		0.0001	0.0002		0.0001	0.0002		0.1728	0.1769		0.0012	0.0008	
<i>Ecuación sa</i>															
constante	0.0041	0.0044		0.0052	0.0044		0.0051	0.0034		-0.0008	0.0098		0.0907	0.0183	***
ln (pk/pm)	-0.0005	0.0004		-0.0005	0.0004		-0.0005	0.0002	**	-0.0006	0.0005		-0.0069	0.0017	***
ln (pl/pm)	0.0004	0.0005		0.0002	0.0004		0.0002	0.0003		0.0006	0.0007		0.0035	0.0016	**
ln (pe/pm)	0.0001	0.0002		0.0001	0.0002		0.0001	0.0002		-0.0001	0.0003		0.0012	0.0008	
ln (pa/pm)	0.0001	0.0009		-0.0003	0.0008		-0.0005	0.0008		-0.0105	0.0176		0.0021	0.0013	
Nro. Obs.	271		271		271		271		271		271				
R ² ecuación sk	0.4547		0.4436		0.4459		0.1931		0.1135						
R ² ecuación sl	0.4037		0.3941		0.3963		0.3185		-0.0758						
R ² ecuación se	0.067		0.0612		0.0708		-5.2975		-1.8088						
R ² ecuación sa	0.0065		0.0053		0.0080		-0.5098		-45.8329						
Test F					2.6600										
Test J					29.3698				***						

Fuente: Elaboración propia. Nota: (*) significativo al 10%, (**) significativo al 5% y (***) significativo al 1%.

Tabla A 18: Resultados para la función de costos en los subsectores con códigos CIU 16 a 18 excluyendo la variable logaritmo natural del precio de la materia prima

Variables explicativas	NLS		NLS c/restr		NLS IV c/restr		3SLS		3SLS c/restr	
	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.
<i>Ecuación sk</i>										
constante	0.3628	0.0551 ***	0.1914	0.0489 ***	0.1912	0.0531 ***	0.3949	0.0794 ***	0.3480	0.0175 ***
ln (pk)	0.1155	0.0049 ***	0.0914	0.0030 ***	0.0913	0.0048 ***	0.1166	0.0061 ***	0.0922	0.0023 ***
ln (pl)	-0.1170	0.0062 ***	-0.0817	0.0023 ***	-0.0816	0.0073 ***	-0.1191	0.0079 ***	-0.0829	0.0020 ***
ln (pe)	-0.0042	0.0021 *	0.0006	0.0008	0.0006	0.0010	-0.0022	0.0037	-0.0028	0.0010 ***
ln (pa)	0.0049	0.0081	-0.0009	0.0006	-0.0007	0.0008	0.1201	0.1614	-0.0064	0.0011 ***
<i>Ecuación sl</i>										
constante	0.4969	0.0348 ***	0.4156	0.0336 ***	0.4158	0.0448 ***	0.4821	0.0466 ***	0.4402	0.0155 ***
ln (pk)	-0.0682	0.0031 ***	-0.0817	0.0023 ***	-0.0816	0.0073 ***	-0.0687	0.0036 ***	-0.0829	0.0020 ***
ln (pl)	0.0523	0.0039 ***	0.0697	0.0028 ***	0.0696	0.0094 ***	0.0533	0.0046 ***	0.0765	0.0024 ***
ln (pe)	-0.0032	0.0013 **	0.0010	0.0008	0.0010	0.0009	-0.0041	0.0022 *	0.0018	0.0007 **
ln (pa)	0.0087	0.0051 *	-0.0003	0.0007	-0.0004	0.0004	-0.0446	0.0947	0.0047	0.0011 ***
<i>Ecuación se</i>										
constante	-0.0319	0.0137 **	-0.0057	0.0127	-0.0060	0.0128	0.0241	0.0768	0.1084	0.0095 ***
ln (pk)	-0.0025	0.0012 **	0.0006	0.0008	0.0006	0.0010	-0.0006	0.0059	-0.0028	0.0010 ***
ln (pl)	0.0061	0.0015 ***	0.0010	0.0008	0.0010	0.0009	0.0024	0.0077	0.0018	0.0007 **
ln (pe)	0.0019	0.0005 ***	0.0017	0.0005 ***	0.0017	0.0004 ***	0.0052	0.0036	0.0011	0.0006 *
ln (pa)	-0.0030	0.0020	0.0000	0.0003	0.0000	0.0001	0.1982	0.1561	-0.0001	0.0005
<i>Ecuación sa</i>										
constante	0.0131	0.0067 **	0.0167	0.0066 **	0.0166	0.0134	0.0168	0.0095 *	0.1034	0.0134 ***
ln (pk)	-0.0013	0.0006 **	-0.0009	0.0006	-0.0007	0.0008	-0.0012	0.0007	-0.0064	0.0011 ***
ln (pl)	0.0003	0.0007	-0.0003	0.0007	-0.0004	0.0004	0.0001	0.0009	0.0047	0.0011 ***
ln (pe)	0.0002	0.0003	0.0000	0.0003	0.0000	0.0001	0.0004	0.0004	-0.0001	0.0005
ln (pa)	-0.0029	0.0010 ***	-0.0024	0.0010 **	-0.0040	0.0042	0.0102	0.0192	0.0018	0.0010 *
Nro. Obs.	494		494		494		494		494	
R ² ecuación sk	0.5272		0.491		0.4910		0.3316		0.0833	
R ² ecuación sl	0.5126		0.4789		0.4793		0.4041		-0.2496	
R ² ecuación se	0.0614		0.0368		0.0415		-19.0115		-4.6576	
R ² ecuación sa	0.0352		0.0325		0.0371		-0.3155		-20.3986	
Test F					0.0500					
Test J					0.1216					

Fuente: Elaboración propia. Nota: (*) significativo al 10%, (**) significativo al 5% y (***) significativo al 1%.

Tabla A 19: Resultados para la función de costos en los subsectores con códigos CIU 16 a 18 incluyendo la variable logaritmo natural del precio de la materia prima

Variables explicativas	NLS		NLS c/restr		NLS IV c/restr		3SLS		3SLS c/restr						
	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.					
<i>Ecuación sk</i>															
constante	0.3774	0.0527	***	0.2057	0.0467	***	0.2057	0.0637	***	0.4367	0.0830	***	0.3441	0.0176	***
ln (pk/pm)	0.1157	0.0049	***	0.0902	0.0030	***	0.0901	0.0063	***	0.1143	0.0054	***	0.0922	0.0023	***
ln (pl/pm)	-0.1183	0.0062	***	-0.0815	0.0022	***	-0.0814	0.0083	***	-0.1190	0.0066	***	-0.0828	0.0020	***
ln (pe/pm)	-0.0046	0.0021	**	0.0008	0.0008		0.0008	0.0008		-0.0042	0.0023	*	-0.0026	0.0010	***
ln (pa/pm)	-0.0007	0.0079		-0.0005	0.0006		-0.0003	0.0005		0.0572	0.0609		-0.0068	0.0011	***
<i>Ecuación sl</i>															
constante	0.5159	0.0329	***	0.4358	0.0316	***	0.4358	0.0479	***	0.5127	0.0492	***	0.4500	0.0158	***
ln (pk/pm)	-0.0676	0.0031	***	-0.0815	0.0022	***	-0.0814	0.0083	***	-0.0675	0.0032	***	-0.0828	0.0020	***
ln (pl/pm)	0.0500	0.0039	***	0.0677	0.0028	***	0.0676	0.0115	***	0.0500	0.0039	***	0.0756	0.0024	***
ln (pe/pm)	-0.0039	0.0013	***	0.0009	0.0008		0.0009	0.0009		-0.0039	0.0013	***	0.0017	0.0007	**
ln (pa/pm)	-0.0007	0.0049		-0.0006	0.0007		-0.0008	0.0006		-0.0038	0.0361		0.0054	0.0012	***
<i>Ecuación se</i>															
constante	-0.0368	0.0131	***	-0.0085	0.0119		-0.0087	0.0120		0.0465	0.0414		0.1067	0.0095	***
ln (pk/pm)	-0.0026	0.0012	**	0.0008	0.0008		0.0008	0.0008		-0.0046	0.0027	*	-0.0026	0.0010	***
ln (pl/pm)	0.0066	0.0015	***	0.0009	0.0008		0.0009	0.0009		0.0057	0.0033	*	0.0017	0.0007	**
ln (pe/pm)	0.0021	0.0005	***	0.0019	0.0005	***	0.0019	0.0004	***	0.0027	0.0011	**	0.0011	0.0006	*
ln (pa/pm)	-0.0007	0.0020		0.0000	0.0003		0.0000	0.0001		0.0806	0.0304	***	-0.0002	0.0006	
<i>Ecuación sa</i>															
constante	0.0101	0.0064		0.0147	0.0064	**	0.0136	0.0095		0.0176	0.0101	*	0.0992	0.0137	***
ln (pk/pm)	-0.0012	0.0006	**	-0.0005	0.0006		-0.0003	0.0005		-0.0014	0.0007	**	-0.0068	0.0011	***
ln (pl/pm)	0.0004	0.0008		-0.0006	0.0007		-0.0008	0.0006		0.0003	0.0008		0.0054	0.0012	***
ln (pe/pm)	0.0002	0.0003		0.0000	0.0003		0.0000	0.0001		0.0003	0.0003		-0.0002	0.0006	
ln (pa/pm)	-0.0026	0.0010	***	-0.0026	0.0009	***	-0.0041	0.0037		0.0047	0.0074		0.0015	0.0010	
Nro. Obs.	494			494			494			494			494		
R ² ecuación sk	0.528			0.4883			0.4882			0.4765			0.0829		
R ² ecuación sl	0.5252			0.4911			0.4917			0.5248			-0.2452		
R ² ecuación se	0.0707			0.0443			0.0489			-3.171			-4.6538		
R ² ecuación sa	0.0316			0.0274			0.0286			-0.0828			-20.4705		
Test F							0.0500								
Test J							0.1747								

Fuente: Elaboración propia. Nota: (*) significativo al 10%, (**) significativo al 5% y (***) significativo al 1%.

Tabla A 20: Resultados para la función de costos en los subsectores con códigos CIU 19 a 22 excluyendo la variable logaritmo natural del precio de la materia prima

Variables explicativas	NLS		NLS c/restr		NLS IV c/restr		3SLS		3SLS c/restr						
	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.					
<i>Ecuación sk</i>															
constante	0.3377	0.0644	***	0.2626	0.0594	***	0.2616	0.0747	***	0.2557	0.1330	*	0.3937	0.0214	***
ln (pk)	0.0977	0.0056	***	0.0803	0.0036	***	0.0804	0.0058	***	0.1003	0.0088	***	0.0812	0.0027	***
ln (pl)	-0.1041	0.0068	***	-0.0772	0.0023	***	-0.0771	0.0043	***	-0.1084	0.0113	***	-0.0784	0.0019	***
ln (pe)	0.0040	0.0024	*	-0.0002	0.0012		-0.0002	0.0016		0.0078	0.0056		0.0006	0.0013	
ln (pa)	0.0035	0.0064		-0.0002	0.0002		-0.0002	0.0001	*	-0.1655	0.1889		-0.0034	0.0013	***
<i>Ecuación sl</i>															
constante	0.3659	0.0358	***	0.3540	0.0354	***	0.3535	0.0406	***	0.3263	0.0687	***	0.4522	0.0167	***
ln (pk)	-0.0683	0.0031	***	-0.0772	0.0023	***	-0.0771	0.0043	***	-0.0671	0.0046	***	-0.0784	0.0019	***
ln (pl)	0.0559	0.0038	***	0.0680	0.0027	***	0.0680	0.0056	***	0.0538	0.0058	***	0.0698	0.0022	***
ln (pe)	0.0042	0.0014	***	0.0015	0.0010		0.0015	0.0008	*	0.0061	0.0029	**	0.0022	0.0008	***
ln (pa)	0.0009	0.0036		-0.0001	0.0002		-0.0001	0.0003		-0.0806	0.0975		0.0064	0.0012	***
<i>Ecuación se</i>															
constante	0.0662	0.0247	***	0.0336	0.0211		0.0341	0.0202	*	0.1506	0.1075		0.1019	0.0121	***
ln (pk)	0.0021	0.0021		-0.0002	0.0012		-0.0002	0.0016		-0.0005	0.0071		0.0006	0.0013	
ln (pl)	-0.0035	0.0026		0.0015	0.0010		0.0015	0.0008	*	0.0009	0.0091		0.0022	0.0008	***
ln (pe)	-0.0018	0.0009	*	-0.0019	0.0009	**	-0.0019	0.0013		-0.0057	0.0045		-0.0022	0.0010	**
ln (pa)	-0.0007	0.0025		0.0000	0.0001		0.0000	0.0001		0.1734	0.1527		-0.0006	0.0007	
<i>Ecuación sa</i>															
constante	0.0063	0.0019	***	0.0062	0.0019	***	0.0061	0.0026	**	0.0053	0.0029	*	0.0522	0.0162	***
ln (pk)	-0.0003	0.0002		-0.0002	0.0002		-0.0002	0.0001	*	-0.0002	0.0002		-0.0034	0.0013	***
ln (pl)	-0.0001	0.0002		-0.0001	0.0002		-0.0001	0.0003		-0.0001	0.0002		0.0064	0.0012	***
ln (pe)	0.0000	0.0001		0.0000	0.0001		0.0000	0.0001		0.0000	0.0001		-0.0006	0.0007	
ln (pa)	0.0002	0.0002		0.0002	0.0002		0.0000	0.0002		-0.0017	0.0041		-0.0024	0.0012	**
Nro. Obs.	557			557			557.0000			557			557		
R ² ecuación sk	0.3707			0.3499			0.3518			-0.4129			-0.1875		
R ² ecuación sl	0.4698			0.4561			0.4587			-0.028			-0.4875		
R ² ecuación se	0.011			0.0039			0.0050			-8.8665			-2.2946		
R ² ecuación sa	0.014			0.014			0.0198			-0.1581			344.3895		
Test F							0.3300								
Test J							0.6591								

Fuente: Elaboración propia. Nota: (*) significativo al 10%, (**) significativo al 5% y (***) significativo al 1%.

Tabla A 21: Resultados para la función de costos en los subsectores con códigos CIU 19 a 22 incluyendo la variable logaritmo natural del precio de la materia prima

Variables explicativas	NLS		NLS c/restr		NLS IV c/restr		3SLS		3SLS c/restr	
	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.
<i>Ecuación sk</i>										
constante	0.3428	0.0635 ***	0.2656	0.0586 ***	0.2646	0.0509 ***	0.2189	0.1769	0.3945	0.0214 ***
ln (pk/pm)	0.0977	0.0056 ***	0.0801	0.0036 ***	0.0802	0.0050 ***	0.1028	0.0107 ***	0.0811	0.0027 ***
ln (pl/pm)	-0.1044	0.0068 ***	-0.0771	0.0023 ***	-0.0771	0.0044 ***	-0.1100	0.0126 ***	-0.0784	0.0019 ***
ln (pe/pm)	0.0040	0.0024	-0.0002	0.0012	-0.0003	0.0015	0.0087	0.0067	0.0006	0.0013
ln (pa/pm)	0.0028	0.0064	-0.0002	0.0002	-0.0002	0.0001	-0.1814	0.2172	-0.0034	0.0013 ***
<i>Ecuación sl</i>										
constante	0.3659	0.0353 ***	0.3527	0.0349 ***	0.3521	0.0456 ***	0.3056	0.0912 ***	0.4523	0.0167 ***
ln (pk/pm)	-0.0682	0.0031 ***	-0.0771	0.0023 ***	-0.0771	0.0044 ***	-0.0657	0.0055 ***	-0.0784	0.0019 ***
ln (pl/pm)	0.0558	0.0038 ***	0.0680	0.0027 ***	0.0680	0.0066 ***	0.0531	0.0065 ***	0.0698	0.0022 ***
ln (pe/pm)	0.0042	0.0014 ***	0.0016	0.0010	0.0015	0.0010	0.0065	0.0035 *	0.0022	0.0008 ***
ln (pa/pm)	0.0007	0.0036	-0.0001	0.0002	-0.0001	0.0003	-0.0890	0.1120	0.0064	0.0012 ***
<i>Ecuación se</i>										
constante	0.0665	0.0244 ***	0.0343	0.0209 *	0.0349	0.0170 **	0.1943	0.1475	0.1020	0.0121 ***
ln (pk/pm)	0.0022	0.0021	-0.0002	0.0012	-0.0003	0.0015	-0.0031	0.0089	0.0006	0.0013
ln (pl/pm)	-0.0036	0.0026	0.0016	0.0010	0.0015	0.0010	0.0021	0.0105	0.0022	0.0008 ***
ln (pe/pm)	-0.0018	0.0009 *	-0.0019	0.0009 **	-0.0019	0.0014	-0.0066	0.0056	-0.0022	0.0010 **
ln (pa/pm)	-0.0008	0.0025	0.0000	0.0001	0.0000	0.0001	0.1893	0.1811	-0.0006	0.0007
<i>Ecuación sa</i>										
constante	0.0061	0.0019 ***	0.0061	0.0019 ***	0.0059	0.0021 ***	0.0047	0.0037	0.0511	0.0163 ***
ln (pk/pm)	-0.0002	0.0002	-0.0002	0.0002	-0.0002	0.0001	-0.0002	0.0002	-0.0034	0.0013 ***
ln (pl/pm)	-0.0001	0.0002	-0.0001	0.0002	-0.0001	0.0003	-0.0001	0.0003	0.0064	0.0012 ***
ln (pe/pm)	0.0000	0.0001	0.0000	0.0001	0.0000	0.0001	0.0000	0.0001	-0.0006	0.0007
ln (pa/pm)	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0000	0.0002	-0.0019	0.0046	-0.0024	0.0012 **
Nro. Obs.	557		557		557		557		557	
R ² ecuación sk	0.3707		0.3497		0.3516		-0.5614		-0.1875	
R ² ecuación sl	0.4701		0.4562		0.4587		-0.1335		-0.4876	
R ² ecuación se	0.0113		0.004		0.0051		-10.5908		-2.2946	
R ² ecuación sa	0.0138		0.0138		0.0190		-0.1977		344.4185	
Test F					0.3300					
Test J					0.5373					

Fuente: Elaboración propia. Nota: (*) significativo al 10%, (**) significativo al 5% y (***) significativo al 1%.

Tabla A 22: Resultados para la función de costos en el subsector con código CIU 23 excluyendo la variable logaritmo natural del precio de la materia prima

Variables explicativas	NLS		NLS c/restr		NLS IV c/restr		3SLS		3SLS c/restr					
	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.				
<i>Ecuación sk</i>														
constante	-0.2029	0.0997	**	-0.1844	0.0892	**	-0.1957	0.1379	-1.3594	67.1735	0.2820	0.0320	***	
ln (pk)	0.0837	0.0076	***	0.0914	0.0056	***	0.0919	0.0075	***	0.0795	0.2632	0.0773	0.0041	***
ln (pl)	-0.0502	0.0082	***	-0.0624	0.0032	***	-0.0620	0.0063	***	0.0611	6.4639	-0.0666	0.0027	***
ln (pe)	0.0067	0.0045		0.0085	0.0017	***	0.0083	0.0027	***	0.1061	5.7741	0.0004	0.0020	
ln (pa)	0.0433	0.0193	**	-0.0009	0.0003	***	-0.0008	0.0003	***	3.9700	228.0261	-0.0111	0.0020	***
<i>Ecuación sl</i>														
constante	0.3798	0.0543	***	0.3584	0.0515	***	0.3455	0.0719	***	-1.1534	88.8558	0.4228	0.0229	***
ln (pk)	-0.0666	0.0041	***	-0.0624	0.0032	***	-0.0620	0.0063	***	-0.0722	0.3482	-0.0666	0.0027	***
ln (pl)	0.0589	0.0045	***	0.0536	0.0035	***	0.0541	0.0091	***	0.2064	8.5503	0.0602	0.0031	***
ln (pe)	-0.0036	0.0024		-0.0014	0.0015		-0.0014	0.0014		0.1282	7.6378	0.0006	0.0014	
ln (pa)	0.0249	0.0105	**	-0.0005	0.0004		-0.0005	0.0006		5.2306	301.6287	0.0059	0.0016	***
<i>Ecuación se</i>														
constante	-0.0907	0.0294	***	-0.0810	0.0273	***	-0.0788	0.0402	**	0.0388	7.6406	0.1111	0.0181	***
ln (pk)	0.0076	0.0022	***	0.0085	0.0017	***	0.0083	0.0027	***	0.0081	0.0299	0.0004	0.0020	
ln (pl)	0.0002	0.0024		-0.0014	0.0015		-0.0014	0.0014		-0.0123	0.7352	0.0006	0.0014	
ln (pe)	0.0025	0.0013	*	0.0025	0.0013	*	0.0024	0.0009	***	-0.0086	0.6568	0.0006	0.0014	
ln (pa)	-0.0021	0.0057		0.0003	0.0002		0.0003	0.0001	**	-0.4418	25.9368	-0.0015	0.0011	
<i>Ecuación sa</i>														
constante	0.0179	0.0044	***	0.0182	0.0044	***	0.0172	0.0067	***	-0.7548	44.7621	0.1840	0.0242	***
ln (pk)	-0.0008	0.0003	**	-0.0009	0.0003	***	-0.0008	0.0003	***	-0.0036	0.1754	-0.0111	0.0020	***
ln (pl)	-0.0006	0.0004	*	-0.0005	0.0004		-0.0005	0.0006		0.0738	4.3073	0.0059	0.0016	***
ln (pe)	0.0003	0.0002	*	0.0003	0.0002		0.0003	0.0001	**	0.0668	3.8476	-0.0015	0.0011	
ln (pa)	-0.0008	0.0009		-0.0003	0.0008		-0.0025	0.0012	**	2.6228	151.9488	0.0066	0.0017	***
Nro. Obs.	224			224			224			224		224		
R ² ecuación sk	0.3628			0.342			0.3474			117.6169		-0.2629		
R ² ecuación sl	0.5585			0.5424			0.5513			484.1608		-0.2451		
R ² ecuación se	0.0949			0.0921			0.0965			-24.1027		-3.5371		
R ² ecuación sa	0.0934			0.0912			0.1035			3.84E+04		162.3261		
Test F							0.3700							
Test J							11.6468		***					

Fuente: Elaboración propia. Nota: (*) significativo al 10%, (**) significativo al 5% y (***) significativo al 1%.

Tabla A 23: Resultados para la función de costos en el subsector con código CIU 23 incluyendo la variable logaritmo natural del precio de la materia prima

Variables explicativas	NLS		NLS c/restr		NLS IV c/restr		3SLS		3SLS c/restr					
	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.				
<i>Ecuación sk</i>														
constante	-0.1957	0.0990	**	-0.1812	0.0886	**	-0.1925	0.1364	-0.9960	46.4948	0.2820	0.0320	***	
ln (pk/pm)	0.0837	0.0076	***	0.0914	0.0056	***	0.0919	0.0080	***	0.0795	0.2632	0.0773	0.0041	***
ln (pl/pm)	-0.0502	0.0082	***	-0.0624	0.0032	***	-0.0620	0.0071	***	0.0611	6.4639	-0.0666	0.0027	***
ln (pe/pm)	0.0067	0.0045		0.0085	0.0017	***	0.0083	0.0025	***	0.1061	5.7740	0.0004	0.0020	
ln (pa/pm)	0.0433	0.0193	**	-0.0009	0.0003	***	-0.0008	0.0003	***	3.9699	228.0257	-0.0111	0.0020	***
<i>Ecuación sl</i>														
constante	0.3810	0.0539	***	0.3575	0.0511	***	0.3447	0.0729	***	-0.6800	61.5024	0.4228	0.0229	***
ln (pk/pm)	-0.0666	0.0041	***	-0.0624	0.0032	***	-0.0620	0.0071	***	-0.0722	0.3482	-0.0666	0.0027	***
ln (pl/pm)	0.0589	0.0045	***	0.0536	0.0035	***	0.0541	0.0117	***	0.2064	8.5503	0.0602	0.0031	***
ln (pe/pm)	-0.0036	0.0024		-0.0014	0.0015		-0.0014	0.0015		0.1282	7.6378	0.0006	0.0014	
ln (pa/pm)	0.0249	0.0105	**	-0.0005	0.0004		-0.0005	0.0006		5.2306	301.6280	0.0059	0.0016	***
<i>Ecuación se</i>														
constante	-0.0900	0.0292	***	-0.0802	0.0271	***	-0.0780	0.0317	**	-0.0004	5.2886	0.1111	0.0181	***
ln (pk/pm)	0.0076	0.0022	***	0.0085	0.0017	***	0.0083	0.0025	***	0.0081	0.0299	0.0004	0.0020	
ln (pl/pm)	0.0002	0.0024		-0.0014	0.0015		-0.0014	0.0015		-0.0123	0.7352	0.0006	0.0014	
ln (pe/pm)	0.0025	0.0013	*	0.0025	0.0013	*	0.0024	0.0008	***	-0.0086	0.6568	0.0006	0.0014	
ln (pa/pm)	-0.0021	0.0057		0.0003	0.0002		0.0003	0.0002	*	-0.4418	25.9368	-0.0015	0.0011	
<i>Ecuación sa</i>														
constante	0.0177	0.0044	***	0.0181	0.0044	***	0.0169	0.0053	***	-0.5170	30.9825	0.1841	0.0242	***
ln (pk/pm)	-0.0008	0.0003	**	-0.0009	0.0003	***	-0.0008	0.0003	***	-0.0036	0.1754	-0.0111	0.0020	***
ln (pl/pm)	-0.0006	0.0004	*	-0.0005	0.0004		-0.0005	0.0006		0.0738	4.3073	0.0059	0.0016	***
ln (pe/pm)	0.0003	0.0002	*	0.0003	0.0002		0.0003	0.0002	*	0.0668	3.8476	-0.0015	0.0011	
ln (pa/pm)	-0.0008	0.0009		-0.0003	0.0008		-0.0025	0.0013	**	2.6228	151.9485	0.0066	0.0017	***
Nro. Obs.	224			224			224			224		224		
R ² ecuación sk	0.3628			0.342			0.3474			117.6168		-0.2629		
R ² ecuación sl	0.5585			0.5424			0.5513			-484.16		-0.2451		
R ² ecuación se	0.0949			0.0921			0.0965			-24.1027		-3.537		
R ² ecuación sa	0.0934			0.0912			0.1035			3.84E+04		162.3299		
Test F							0.3700							
Test J							11.9495		***					

Fuente: Elaboración propia. Nota: (*) significativo al 10%, (**) significativo al 5% y (***) significativo al 1%.

Tabla A 24: Resultados para la función de costos en los subsectores con códigos CIU 24 y 25 excluyendo la variable logaritmo natural del precio de la materia prima

Variables explicativas	NLS		NLS c/restr		NLS IV c/restr		3SLS		3SLS c/restr						
	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.					
<i>Ecuación sk</i>															
constante	0.3379	0.0728	***	0.2970	0.0676	***	0.2959	0.0737	***	0.3690	0.4286	0.4335	0.0221	***	
ln (pk)	0.1137	0.0063	***	0.0920	0.0043	***	0.0921	0.0076	***	0.1114	0.0320	***	0.0920	0.0032	***
ln (pl)	-0.1177	0.0069	***	-0.0888	0.0030	***	-0.0889	0.0090	***	-0.1168	0.0136	***	-0.0891	0.0024	***
ln (pe)	0.0045	0.0028		0.0011	0.0011		0.0012	0.0019		0.0045	0.0028		-0.0006	0.0013	
ln (pa)	-0.0013	0.0072		0.0015	0.0003	***	0.0015	0.0013		0.0242	0.3453		-0.0024	0.0014	*
<i>Ecuación sl</i>															
constante	0.3624	0.0485	***	0.3707	0.0468	***	0.3745	0.0500	***	0.4472	0.3448	0.4154	0.0175	***	
ln (pk)	-0.0753	0.0042	***	-0.0888	0.0030	***	-0.0889	0.0090	***	-0.0816	0.0257	***	-0.0891	0.0024	***
ln (pl)	0.0663	0.0046	***	0.0809	0.0033	***	0.0807	0.0108	***	0.0686	0.0109	***	0.0847	0.0027	***
ln (pe)	0.0030	0.0019	*	0.0015	0.0011		0.0014	0.0013		0.0030	0.0023		0.0024	0.0010	**
ln (pa)	0.0009	0.0048		-0.0024	0.0003	***	-0.0024	0.0019		0.0703	0.2778		0.0020	0.0012	
<i>Ecuación se</i>															
constante	-0.0218	0.0186		-0.0243	0.0174		-0.0248	0.0346		0.0501	0.2007	0.0658	0.0116	***	
ln (pk)	0.0002	0.0016		0.0011	0.0011		0.0012	0.0019		-0.0052	0.0150		-0.0006	0.0013	
ln (pl)	0.0023	0.0018		0.0015	0.0011		0.0014	0.0013		0.0043	0.0064		0.0024	0.0010	**
ln (pe)	0.0014	0.0007	*	0.0014	0.0007	**	0.0015	0.0004	***	0.0013	0.0013		-0.0003	0.0009	
ln (pa)	0.0000	0.0018		0.0002	0.0001		0.0002	0.0001		0.0588	0.1617		-0.0015	0.0007	**
<i>Ecuación sa</i>															
constante	0.0086	0.0034	**	0.0096	0.0034	***	0.0099	0.0050	**	-0.0103	0.0486	0.0853	0.0168	***	
ln (pk)	0.0015	0.0003	***	0.0015	0.0003	***	0.0015	0.0013		0.0029	0.0036		-0.0024	0.0014	*
ln (pl)	-0.0022	0.0003	***	-0.0024	0.0003	***	-0.0024	0.0019		-0.0028	0.0015	*	0.0020	0.0012	
ln (pe)	0.0002	0.0001		0.0002	0.0001		0.0002	0.0001		0.0002	0.0003		-0.0015	0.0007	**
ln (pa)	0.0000	0.0003		-0.0001	0.0003		0.0003	0.0003		-0.0154	0.0392		0.0018	0.0012	
Nro. Obs.	418			418			418			418			418		
R ² ecuación sk	0.4714			0.4472			0.4475			0.4555			0.076		
R ² ecuación sl	0.45			0.4321			0.4347			0.1726			-0.1409		
R ² ecuación se	0.0184			0.0175			0.0180			-2.4041			-2.8862		
R ² ecuación sa	0.1069			0.106			0.1080			-4.4105			-78.4942		
Test F							0.2300								
Test J							7.6106		***						

Fuente: Elaboración propia. Nota: (*) significativo al 10%, (**) significativo al 5% y (***) significativo al 1%.

Tabla A 25: Resultados para la función de costos en los subsectores con códigos CIU 24 y 25 incluyendo la variable logaritmo natural del precio de la materia prima

Variables explicativas	NLS		NLS c/restr		NLS IV c/restr		3SLS		3SLS c/restr						
	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.					
<i>Ecuación sk</i>															
constante	0.3374	0.0721	***	0.2974	0.0669	***	0.2963	0.0695	***	0.3717	0.4679	0.4335	0.0221	***	
ln (pk/pm)	0.1137	0.0063	***	0.0920	0.0043	***	0.0922	0.0088	***	0.1114	0.0316	***	0.0921	0.0032	***
ln (pl/pm)	-0.1176	0.0069	***	-0.0888	0.0030	***	-0.0889	0.0085	***	-0.1168	0.0135	***	-0.0891	0.0024	***
ln (pe/pm)	0.0045	0.0028		0.0011	0.0011		0.0012	0.0023		0.0045	0.0028		-0.0006	0.0013	
ln (pa/pm)	-0.0012	0.0072		0.0015	0.0003	***	0.0015	0.0013		0.0242	0.3424		-0.0024	0.0014	*
<i>Ecuación sl</i>															
constante	0.3615	0.0480	***	0.3693	0.0463	***	0.3731	0.0521	***	0.4545	0.3756	0.4154	0.0175	***	
ln (pk/pm)	-0.0753	0.0042	***	-0.0888	0.0030	***	-0.0889	0.0085	***	-0.0816	0.0254	***	-0.0891	0.0024	***
ln (pl/pm)	0.0663	0.0046	***	0.0809	0.0033	***	0.0807	0.0111	***	0.0686	0.0109	***	0.0847	0.0027	***
ln (pe/pm)	0.0031	0.0019	*	0.0015	0.0011		0.0014	0.0013		0.0030	0.0023		0.0024	0.0010	**
ln (pa/pm)	0.0010	0.0048		-0.0024	0.0003	***	-0.0024	0.0018		0.0699	0.2749		0.0020	0.0012	
<i>Ecuación se</i>															
constante	-0.0212	0.0184		-0.0237	0.0172		-0.0241	0.0418		0.0575	0.2176	0.0658	0.0116	***	
ln (pk/pm)	0.0002	0.0016		0.0011	0.0011		0.0012	0.0023		-0.0051	0.0147	-0.0006	0.0013		
ln (pl/pm)	0.0023	0.0018		0.0015	0.0011		0.0014	0.0013		0.0043	0.0063	0.0024	0.0010	**	
ln (pe/pm)	0.0014	0.0007	*	0.0014	0.0007	**	0.0015	0.0004	***	0.0013	0.0013	-0.0003	0.0009		
ln (pa/pm)	0.0000	0.0018		0.0002	0.0001		0.0002	0.0001	*	0.0583	0.1592	-0.0015	0.0007	**	
<i>Ecuación sa</i>															
constante	0.0085	0.0034	**	0.0095	0.0033	***	0.0099	0.0050	**	-0.0121	0.0527	0.0853	0.0168	***	
ln (pk/pm)	0.0015	0.0003	***	0.0015	0.0003	***	0.0015	0.0013		0.0028	0.0036	-0.0024	0.0014	*	
ln (pl/pm)	-0.0022	0.0003	***	-0.0024	0.0003	***	-0.0024	0.0018		-0.0028	0.0015	*	0.0020	0.0012	
ln (pe/pm)	0.0002	0.0001		0.0002	0.0001		0.0002	0.0001	*	0.0002	0.0003	-0.0015	0.0007	**	
ln (pa/pm)	0.0000	0.0003		-0.0001	0.0003		0.0003	0.0003		-0.0153	0.0386	0.0018	0.0012		
Nro. Obs.	418			418			418			418		418			
R ² ecuación sk	0.4714			0.4472			0.4475			0.4555		0.076			
R ² ecuación sl	0.45			0.4321			0.4347			0.1762		-0.1409			
R ² ecuación se	0.0184			0.0174			0.0179			-2.3564		-2.8862			
R ² ecuación sa	0.1069			0.106			0.1080			-4.3305		-78.4939			
Test F							0.2300								
Test J							7.8859		***						

Fuente: Elaboración propia. Nota: (*) significativo al 10%, (**) significativo al 5% y (***) significativo al 1%.

Tabla A 26: Resultados para la función de costos en los subsectores con códigos CIU 26 a 30 excluyendo la variable logaritmo natural del precio de la materia prima

Variables explicativas	NLS		NLS c/restr		NLS IV c/restr		3SLS		3SLS c/restr						
	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.					
<i>Ecuación sk</i>															
constante	0.1079	0.0843	0.1412	0.0802	*	0.1386	0.0981	-0.0403	0.7147	0.3940	0.0273	***			
ln (pk)	0.1008	0.0078	***	0.0926	0.0053	***	0.0925	0.0108	***	0.0998	0.0117	***	0.0829	0.0039	***
ln (pl)	-0.0852	0.0076	***	-0.0753	0.0034	***	-0.0750	0.0124	***	-0.0742	0.0533	-0.0740	0.0030	***	
ln (pe)	0.0032	0.0034		-0.0019	0.0011	*	-0.0018	0.0012		-0.0006	0.0187	-0.0045	0.0015	***	
ln (pa)	-0.0032	0.0071		-0.0002	0.0001	***	-0.0002	0.0001	*	-0.1182	0.5475	-0.0043	0.0017	**	
<i>Ecuación sl</i>															
constante	0.4525	0.0548	***	0.4777	0.0527	***	0.4736	0.0725	***	0.2620	0.7163	0.4631	0.0217	***	
ln (pk)	-0.0714	0.0050	***	-0.0753	0.0034	***	-0.0750	0.0124	***	-0.0726	0.0117	***	-0.0740	0.0030	***
ln (pl)	0.0561	0.0049	***	0.0590	0.0035	***	0.0590	0.0158	***	0.0702	0.0534	0.0640	0.0034	***	
ln (pe)	0.0020	0.0022		0.0014	0.0010		0.0014	0.0009		-0.0029	0.0187	0.0048	0.0012	***	
ln (pa)	-0.0095	0.0046	**	-0.0001	0.0001		-0.0001	0.0002		-0.1574	0.5488	0.0053	0.0015	***	
<i>Ecuación se</i>															
constante	0.0201	0.0156		0.0176	0.0152		0.0174	0.0162		0.0373	0.1118	0.0801	0.0137	***	
ln (pk)	-0.0031	0.0014	**	-0.0019	0.0011	*	-0.0018	0.0012		-0.0030	0.0018	*	-0.0045	0.0015	***
ln (pl)	0.0026	0.0014	*	0.0014	0.0010		0.0014	0.0009		0.0014	0.0083	0.0048	0.0012	***	
ln (pe)	0.0004	0.0006		0.0006	0.0006		0.0006	0.0005		0.0009	0.0029	0.0002	0.0009		
ln (pa)	-0.0010	0.0013		0.0000	0.0000		0.0000	0.0000		0.0123	0.0856	-0.0005	0.0008		
<i>Ecuación sa</i>															
constante	0.0049	0.0008	***	0.0049	0.0008	***	0.0049	0.0011	***	-0.0077	0.0422	0.0628	0.0199	***	
ln (pk)	-0.0002	0.0001	***	-0.0002	0.0001	***	-0.0002	0.0001	*	-0.0003	0.0007	-0.0043	0.0017	**	
ln (pl)	-0.0001	0.0001		-0.0001	0.0001		-0.0001	0.0002		0.0009	0.0031	0.0053	0.0015	***	
ln (pe)	0.0000	0.0000		0.0000	0.0000		0.0000	0.0000		-0.0003	0.0011	-0.0005	0.0008		
ln (pa)	0.0000	0.0001		0.0000	0.0001		0.0000	0.0001		-0.0098	0.0323	-0.0004	0.0014		
Nro. Obs.	296		296		296		296		296		296				
R ² ecuación sk	0.3824		0.3749		0.3752		-0.1719		-0.1172						
R ² ecuación sl	0.4297		0.4201		0.4269		-1.5713		-0.3131						
R ² ecuación se	0.0231		0.0185		0.0192		-0.3193		-7.371						
R ² ecuación sa	0.0796		0.0788		0.0840		-67.8523		2687.238						
Test F						0.0300									
Test J						0.1563									

Fuente: Elaboración propia. Nota: (*) significativo al 10%, (**) significativo al 5% y (***) significativo al 1%.

Tabla A 27: Resultados para la función de costos en los subsectores con códigos CIU 26 a 30 incluyendo la variable logaritmo natural del precio de la materia prima

Variables explicativas	NLS		NLS c/restr		NLS IV c/restr		3SLS		3SLS c/restr						
	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.					
<i>Ecuación sk</i>															
constante	0.1699	0.0866	**	0.2138	0.0830	***	0.2129	0.0965	**	0.1206	0.6011	0.4175	0.0288	***	
ln (pk/pm)	0.0921	0.0081	***	0.0850	0.0056	***	0.0850	0.0110	***	0.0914	0.0118	***	0.0768	0.0041	***
ln (pl/pm)	-0.0822	0.0077	***	-0.0735	0.0036	***	-0.0735	0.0140	***	-0.0783	0.0475	*	-0.0707	0.0030	***
ln (pe/pm)	0.0046	0.0035		-0.0015	0.0012		-0.0014	0.0010		0.0028	0.0216		-0.0031	0.0016	**
ln (pa/pm)	-0.0020	0.0071		-0.0002	0.0001	**	-0.0002	0.0001	*	-0.0387	0.4429		-0.0029	0.0018	
<i>Ecuación sl</i>															
constante	0.4604	0.0567	***	0.4875	0.0543	***	0.4860	0.0695	***	0.2548	0.8341	0.4541	0.0224	***	
ln (pk/pm)	-0.0705	0.0053	***	-0.0735	0.0036	***	-0.0735	0.0140	***	-0.0733	0.0164	***	-0.0707	0.0030	***
ln (pl/pm)	0.0541	0.0050	***	0.0561	0.0035	***	0.0562	0.0182	***	0.0703	0.0659	0.0614	0.0034	***	
ln (pe/pm)	0.0018	0.0023		0.0011	0.0011		0.0011	0.0008		-0.0056	0.0300	0.0044	0.0012	***	
ln (pa/pm)	-0.0096	0.0046	**	-0.0001	0.0001		-0.0001	0.0001		-0.1628	0.6145	0.0049	0.0015	***	
<i>Ecuación se</i>															
constante	0.0208	0.0166		0.0161	0.0161		0.0161	0.0172		0.0411	0.1320	0.0732	0.0144	***	
ln (pk/pm)	-0.0032	0.0016	**	-0.0015	0.0012		-0.0014	0.0010		-0.0029	0.0026	-0.0031	0.0016	**	
ln (pl/pm)	0.0027	0.0015	*	0.0011	0.0011		0.0011	0.0008		0.0011	0.0104	0.0044	0.0012	***	
ln (pe/pm)	0.0004	0.0007		0.0006	0.0006		0.0006	0.0006		0.0011	0.0047	-0.0003	0.0009		
ln (pa/pm)	-0.0012	0.0014		0.0000	0.0000		0.0000	0.0000		0.0140	0.0973	-0.0010	0.0009		
<i>Ecuación sa</i>															
constante	0.0050	0.0008	***	0.0050	0.0008	***	0.0049	0.0012	***	-0.0091	0.0512	0.0552	0.0209	***	
ln (pk/pm)	-0.0002	0.0001	**	-0.0002	0.0001	**	-0.0002	0.0001	*	-0.0004	0.0010	-0.0029	0.0018		
ln (pl/pm)	-0.0001	0.0001		-0.0001	0.0001		-0.0001	0.0001		0.0010	0.0041	0.0049	0.0015	***	
ln (pe/pm)	0.0000	0.0000		0.0000	0.0000		0.0000	0.0000		-0.0005	0.0018	-0.0010	0.0009		
ln (pa/pm)	0.0000	0.0001		0.0000	0.0001		0.0000	0.0001		-0.0105	0.0377	-0.0009	0.0015		
Nro. Obs.	278			278			278			278		278			
R ² ecuación sk	0.3454			0.3362			0.3366			0.2821		-0.1963			
R ² ecuación sl	0.4112			0.4011			0.4072			-1.8993		-0.3809			
R ² ecuación se	0.0222			0.0152			0.0160			-0.4151		-7.4231			
R ² ecuación sa	0.0819			0.081			0.0861			-79.292		2741.067			
Test F							0.0300								
Test J							0.1950								

Fuente: Elaboración propia. Nota: (*) significativo al 10%, (**) significativo al 5% y (***) significativo al 1%.

Tabla A 28: Resultados para la función de costos en los subsectores con códigos CIU sobre 30 excluyendo la variable logaritmo natural del precio de la materia prima

Variables explicativas	NLS		NLS c/restr		NLS IV c/restr		3SLS		3SLS c/restr						
	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.					
<i>Ecuación sk</i>															
<i>constante</i>	0.2056	0.0642	***	0.2112	0.0639	***	0.2094	0.0580	***	0.3074	0.2435	0.4522	0.0217	***	
<i>ln (pk)</i>	0.1445	0.0070	***	0.1215	0.0041	***	0.1215	0.0076	***	0.1563	0.0272	***	0.1148	0.0031	***
<i>ln (pl)</i>	-0.1331	0.0071	***	-0.1054	0.0029	***	-0.1053	0.0081	***	-0.1517	0.0370	***	-0.1098	0.0024	***
<i>ln (pe)</i>	0.0014	0.0025		-0.0045	0.0011	***	-0.0045	0.0011	***	0.0095	0.0154		-0.0043	0.0012	***
<i>ln (pa)</i>	0.0165	0.0063	***	-0.0005	0.0002	**	-0.0005	0.0002	***	0.3343	0.5467		-0.0007	0.0015	
<i>Ecuación sl</i>															
<i>constante</i>	0.2327	0.0437	***	0.2456	0.0437	***	0.2434	0.0342	***	0.2623	0.0907	***	0.4077	0.0168	***
<i>ln (pk)</i>	-0.0898	0.0047	***	-0.1054	0.0029	***	-0.1053	0.0081	***	-0.0864	0.0101	***	-0.1098	0.0024	***
<i>ln (pl)</i>	0.0941	0.0048	***	0.1106	0.0030	***	0.1105	0.0090	***	0.0887	0.0138	***	0.1084	0.0025	***
<i>ln (pe)</i>	0.0037	0.0017	**	0.0016	0.0009	*	0.0018	0.0012		0.0061	0.0058		0.0019	0.0009	**
<i>ln (pa)</i>	0.0143	0.0043	***	0.0000	0.0002		0.0000	0.0002		0.1064	0.2036		-0.0005	0.0012	
<i>Ecuación se</i>															
<i>constante</i>	0.0609	0.0167	***	0.0530	0.0160	***	0.0519	0.0198	***	0.0093	0.1166		0.0841	0.0114	***
<i>ln (pk)</i>	-0.0090	0.0018	***	-0.0045	0.0011	***	-0.0045	0.0011	***	-0.0150	0.0130		-0.0043	0.0012	***
<i>ln (pl)</i>	0.0059	0.0018	***	0.0016	0.0009	*	0.0018	0.0012		0.0153	0.0177		0.0019	0.0009	**
<i>ln (pe)</i>	0.0004	0.0007		0.0005	0.0007		0.0005	0.0008		-0.0037	0.0074		0.0015	0.0009	*
<i>ln (pa)</i>	0.0009	0.0016		0.0000	0.0001		0.0000	0.0000		-0.1600	0.2618		0.0009	0.0007	
<i>Ecuación sa</i>															
<i>constante</i>	0.0071	0.0020	***	0.0069	0.0020	***	0.0069	0.0027	***	0.0088	0.0047	*	0.0560	0.0155	***
<i>ln (pk)</i>	-0.0005	0.0002	**	-0.0005	0.0002	**	-0.0005	0.0002	***	-0.0003	0.0005		-0.0007	0.0015	
<i>ln (pl)</i>	0.0000	0.0002		0.0000	0.0002		0.0000	0.0002		-0.0003	0.0007		-0.0005	0.0012	
<i>ln (pe)</i>	0.0000	0.0001		0.0000	0.0001		0.0000	0.0000		0.0002	0.0003		0.0009	0.0007	
<i>ln (pa)</i>	0.0002	0.0002		0.0001	0.0002		0.0001	0.0001		0.0055	0.0107		0.0004	0.0011	
Nro. Obs.	422			422			422			422			422		
R ² ecuación sk	0.5198			0.4908			0.4963			-2.3356			0.1552		
R ² ecuación sl	0.5155			0.4886			0.4992			-0.0062			0.0168		
R ² ecuación se	0.0586			0.0427			0.0431			-21.1919			-2.0502		
R ² ecuación sa	0.0283			0.0278			0.0283			-1.7389			155.6287		
Test F							2.0000								
Test J							34.3075		***						

Fuente: Elaboración propia. Nota: (*) significativo al 10%, (**) significativo al 5% y (***) significativo al 1%.

Tabla A 29: Resultados para la función de costos en los subsectores con códigos CIU sobre 30 incluyendo la variable logaritmo natural del precio de la materia prima

Variables explicativas	NLS		NLS c/restr		NLS IV c/restr		3SLS		3SLS c/restr						
	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.	Coef.	D. Est.					
<i>Ecuación sk</i>															
constante	0.2127	0.0643	***	0.2124	0.0638	***	0.2110	0.0636	***	0.4854	0.8045	0.4537	0.0221	***	
ln (pk/pm)	0.1432	0.0070	***	0.1217	0.0041	***	0.1218	0.0093	***	0.1509	0.0321	***	0.1149	0.0032	***
ln (pl/pm)	-0.1316	0.0071	***	-0.1055	0.0029	***	-0.1054	0.0093	***	-0.1530	0.0655	**	-0.1098	0.0024	***
ln (pe/pm)	0.0012	0.0026		-0.0045	0.0010	***	-0.0045	0.0013	***	0.0109	0.0289		-0.0044	0.0012	***
ln (pa/pm)	0.0165	0.0065	**	-0.0005	0.0002	**	-0.0005	0.0002	***	0.4366	1.1944		-0.0007	0.0015	
<i>Ecuación sl</i>															
constante	0.2374	0.0434	***	0.2449	0.0433	***	0.2432	0.0449	***	0.2609	0.1759	0.4076	0.0169	***	
ln (pk/pm)	-0.0912	0.0048	***	-0.1055	0.0029	***	-0.1054	0.0093	***	-0.0905	0.0070	***	-0.1098	0.0024	***
ln (pl/pm)	0.0956	0.0048	***	0.1108	0.0030	***	0.1108	0.0099	***	0.0937	0.0143	***	0.1085	0.0026	***
ln (pe/pm)	0.0037	0.0017	**	0.0017	0.0009	*	0.0018	0.0010	*	0.0045	0.0063		0.0019	0.0009	**
ln (pa/pm)	0.0139	0.0044	***	0.0000	0.0002		0.0000	0.0002		0.0501	0.2611		-0.0006	0.0012	
<i>Ecuación se</i>															
constante	0.0594	0.0160	***	0.0520	0.0154	***	0.0510	0.0193	***	-0.0953	0.4394	0.0837	0.0114	***	
ln (pk/pm)	-0.0085	0.0018	***	-0.0045	0.0010	***	-0.0045	0.0013	***	-0.0128	0.0175		-0.0044	0.0012	***
ln (pl/pm)	0.0053	0.0018	***	0.0017	0.0009	*	0.0018	0.0010	*	0.0175	0.0358		0.0019	0.0009	**
ln (pe/pm)	0.0004	0.0006		0.0005	0.0006		0.0005	0.0010		-0.0051	0.0158		0.0015	0.0009	*
ln (pa/pm)	0.0011	0.0016		0.0000	0.0001		0.0000	0.0000		-0.2372	0.6524		0.0009	0.0007	
<i>Ecuación sa</i>															
constante	0.0072	0.0020	***	0.0069	0.0020	***	0.0070	0.0027	***	0.0129	0.0178	0.0550	0.0157	***	
ln (pk/pm)	-0.0005	0.0002	**	-0.0005	0.0002	**	-0.0005	0.0002	***	-0.0004	0.0007		-0.0007	0.0015	
ln (pl/pm)	0.0000	0.0002		0.0000	0.0002		0.0000	0.0002		-0.0004	0.0015		-0.0006	0.0012	
ln (pe/pm)	0.0000	0.0001		0.0000	0.0001		0.0000	0.0000		0.0002	0.0006		0.0009	0.0007	
ln (pa/pm)	0.0002	0.0002		0.0001	0.0002		0.0001	0.0001		0.0091	0.0265		0.0004	0.0011	
Nro. Obs.	410			410			410			410			410		
R ² ecuación sk	0.5174			0.4903			0.4953			-4.3579			0.1585		
R ² ecuación sl	0.5284			0.5044			0.5140			0.451			0.0516		
R ² ecuación se	0.0569			0.0436			0.0439			-49.0892			-2.1587		
R ² ecuación sa	0.0289			0.0283			0.0289			-4.5623			146.6902		
Test F							1.4000								
Test J							27.5900		***						

Fuente: Elaboración propia. Nota: (*) significativo al 10%, (**) significativo al 5% y (***) significativo al 1%.

Anexo 7. Resultados de la estimación de elasticidades para cada subsector

Tabla A 30: Resultados para la estimación de elasticidades en los subsectores de código CIU 10 y 11

Elasticidad	Excluyendo variable de precio de materia prima					Incluyendo variable de precio de materia prima				
	NLS	NLS c/restr	NLS IV c/restr	3SLS	3SLS c/restr	NLS	NLS c/restr	NLS IV c/restr	3SLS	3SLS c/restr
η_{aa}	-0.9062	-0.9091	-0.9747	1.3676	-1.1428	-0.9224	-0.9254	-1.0062	1.1957	-1.1356
η_{ee}	-0.9054 ***	-0.9014 ***	-0.9016 **	-0.8698 **	-0.8834 ***	-0.9050 ***	-0.9008 ***	-0.9010 ***	-0.8739 **	-0.8833 ***
η_{ll}	-0.5257 ***	-0.4408 ***	-0.4407 ***	-0.5200 ***	-0.4276 ***	-0.5256 ***	-0.4408 ***	-0.4407 ***	-0.5202 ***	-0.4275 ***
η_{kk}	-0.3141 ***	-0.3822 ***	-0.3812 ***	-0.3415 ***	-0.3891 ***	-0.3140 ***	-0.3823 ***	-0.3813 ***	-0.3414 ***	-0.3891 ***
θ_{kl}	-0.0208 ***	-0.0016 ***	-0.0015 ***	-0.0166 ***	-0.0030 ***	-0.0208 ***	-0.0016 ***	-0.0016 ***	-0.0167 ***	-0.0030 ***
θ_{ke}	0.0019 *	0.0012 ***	0.0012 ***	0.0017	0.0010 ***	0.0019	0.0012 ***	0.0012 ***	0.0017	0.0010 ***
θ_{ka}	0.0001 *	0.0000 ***	0.0000 ***	-0.0015 *	0.0000 ***	0.0001 *	0.0000 ***	0.0000 ***	-0.0014 *	0.0000 ***
θ_{lk}	0.0162 ***	-0.0074 ***	-0.0072 ***	0.0136 ***	-0.0139 ***	0.0161 ***	-0.0075 ***	-0.0073 ***	0.0136 ***	-0.0139 ***
θ_{le}	0.0017	0.0015	0.0015	0.0016	0.0018 **	0.0017	0.0015	0.0015	0.0016	0.0018 **
θ_{la}	0.0000	0.0000 **	0.0000 **	-0.0004	0.0001 ***	0.0000	0.0000 **	0.0000 **	-0.0003	0.0001 ***
θ_{ek}	0.0774 ***	0.1187 ***	0.1185 ***	0.1484	0.1041 ***	0.0775 ***	0.1188 ***	0.1185 ***	0.1482	0.1042 ***
θ_{el}	0.0591 ***	0.0328	0.0327	0.0313	0.0378 **	0.0592 ***	0.0329	0.0328	0.0320	0.0379 **
θ_{ea}	0.0000	0.0000	0.0000	0.0109 **	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0101 **	0.0001
θ_{ak}	-0.0446 ***	-0.0166 ***	-0.0226 ***	0.0074 **	-0.3807 ***	-0.0451 ***	-0.0173 ***	-0.0235 ***	0.0074 **	-0.3802 ***
θ_{al}	0.1112 ***	0.0931 **	0.0963 **	0.0909 *	0.2751 ***	0.1107 ***	0.0927 **	0.0961 **	0.0905 *	0.2742 ***
θ_{ae}	0.0002	0.0002	0.0003	0.0012	0.0080	0.0001	0.0001	0.0003	0.0010	0.0079

Fuente: Elaboración propia. Nota: (*) significativo al 10%, (**) significativo al 5% y (***) significativo al 1%.

Tabla A 31: Resultados para la estimación de elasticidades en los subsectores de código CIU 13 a 15

Elasticidad	Excluyendo variable de precio de materia prima					Incluyendo variable de precio de materia prima				
	NLS	NLS c/restr	NLS IV c/restr	3SLS	3SLS c/restr	NLS	NLS c/restr	NLS IV c/restr	3SLS	3SLS c/restr
η_{aa}	-0.9479	-1.0964	-1.1694	-4.8938	-0.2007	-0.9479	-1.0964	-1.1694	-4.8938	-0.2007
η_{ee}	-0.8416 ***	-0.8427 ***	-0.8406 ***	-0.7226 *	-0.7881 ***	-0.8416 ***	-0.8427 ***	-0.8406 ***	-0.7226 *	-0.7881 ***
η_{ll}	-0.5020 ***	-0.4781 ***	-0.4781 ***	-0.4967 ***	-0.4624 ***	-0.5020 ***	-0.4781 ***	-0.4781 ***	-0.4967 ***	-0.4624 ***
η_{kk}	-0.3113 ***	-0.3387 ***	-0.3385 ***	-0.3150 ***	-0.3620 ***	-0.3113 ***	-0.3387 ***	-0.3385 ***	-0.3150 ***	-0.3620 ***
θ_{kl}	0.0116 ***	0.0203 ***	0.0203 ***	0.0139 ***	0.0178 ***	0.0116 ***	0.0203 ***	0.0203 ***	0.0139 ***	0.0178 ***
θ_{ke}	0.0002 **	0.0003 **	0.0003 ***	0.0000	0.0001 ***	0.0002 **	0.0003 **	0.0003 ***	0.0000	0.0001 ***
θ_{ka}	0.0001	0.0000	0.0000 **	-0.0011	0.0000 ***	0.0001	0.0000	0.0000 **	-0.0011	0.0000 ***
θ_{lk}	0.0668 ***	0.0544 ***	0.0544 ***	0.0659 ***	0.0479 ***	0.0668 ***	0.0544 ***	0.0544 ***	0.0659 ***	0.0479 ***
θ_{le}	0.0004	0.0006	0.0006	0.0003	0.0007	0.0004	0.0006	0.0006	0.0003	0.0007
θ_{la}	0.0001	0.0000	0.0000	-0.0006	0.0000 **	0.0001	0.0000	0.0000	-0.0006	0.0000 **
θ_{ek}	0.1054 *	0.1060 **	0.1071 ***	0.1322	0.0350 ***	0.1054 *	0.1060 **	0.1071 ***	0.1322	0.0350 ***
θ_{el}	0.0905	0.0771	0.0765	0.0518	0.0881	0.0905	0.0771	0.0765	0.0518	0.0881
θ_{ea}	0.0006	0.0000	0.0000	0.0209	0.0000	0.0006	0.0000	0.0000	0.0209	0.0002
θ_{ak}	0.0955	0.1003	0.1014 **	0.0815	-0.8968 ***	0.0955	0.1003	0.1014 **	0.0815	-0.8968 ***
θ_{al}	0.0988	0.0857	0.0849	0.1189	0.3993 **	0.0988	0.0857	0.0849	0.1189	0.3993 **
θ_{ae}	0.0013	0.0012	0.0012	-0.0001	0.0106	0.0013	0.0012	0.0012	-0.0001	0.0106

Fuente: Elaboración propia. Nota: (*) significativo al 10%, (**) significativo al 5% y (***) significativo al 1%.

Tabla A 32: Resultados para la estimación de elasticidades en los subsectores de código CIU 16 a 18

Elasticidad	Excluyendo variable de precio de materia prima					Incluyendo variable de precio de materia prima				
	NLS	NLS c/restr	NLS IV c/restr	3SLS	3SLS c/restr	NLS	NLS c/restr	NLS IV c/restr	3SLS	3SLS c/restr
η_{aa}	-2.3326 ***	-2.1000 **	-2.8197	3.6206	-0.1639 *	-2.1876 ***	-2.1590 ***	-2.8563	1.1444	-0.3083
η_{ee}	-0.9075 ***	-0.9135 ***	-0.9124 ***	-0.7964	-0.9325 **	-0.9017 ***	-0.9084 ***	-0.9074 ***	-0.8806 **	-0.9341 *
η_{ll}	-0.5416 ***	-0.4605 ***	-0.4610 ***	-0.5370 ***	-0.4289 ***	-0.5525 ***	-0.4698 ***	-0.4703 ***	-0.5523 ***	-0.4330 ***
η_{kk}	-0.3150 ***	-0.3777 ***	-0.3778 ***	-0.3122 ***	-0.3757 ***	-0.3145 ***	-0.3807 ***	-0.3809 ***	-0.3182 ***	-0.3756 ***
θ_{kl}	-0.0192 ***	0.0005 ***	0.0006 ***	-0.0204 ***	-0.0002 ***	-0.0199 ***	0.0006 ***	0.0007 ***	-0.0203 ***	-0.0001 ***
θ_{ke}	0.0006 *	0.0010	0.0010	0.0007	0.0007 ***	0.0006 **	0.0010	0.0010	0.0006 *	0.0007 ***
θ_{ka}	0.0000	0.0000	0.0000	0.0007	0.0000 ***	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0000 ***
θ_{lk}	0.0259 ***	0.0017 ***	0.0018 ***	0.0250 ***	-0.0006 ***	0.0269 ***	0.0020 ***	0.0021 ***	0.0270 ***	-0.0004 ***
θ_{le}	0.0005 **	0.0011	0.0011	0.0003 *	0.0012 **	0.0004 ***	0.0010	0.0010	0.0004 ***	0.0012 **
θ_{la}	0.0001 *	0.0000	0.0000	-0.0005	0.0001 ***	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001 ***
θ_{ek}	0.1165 **	0.1554	0.1553	0.1402	0.1124 ***	0.1147 **	0.1587	0.1587	0.0896 *	0.1147 ***
θ_{el}	0.0891 ***	0.0532	0.0533	0.0628	0.0585 **	0.0933 ***	0.0527	0.0527	0.0863 *	0.0584 **
θ_{ea}	-0.0002	0.0000	0.0000	0.0145	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0059 ***	0.0000
θ_{ak}	-0.0782 **	-0.0004	0.0194	-0.0570	-0.9731 ***	-0.0579 **	0.0618	0.0956	-0.0889 **	-1.0336 ***
θ_{al}	0.0788	0.0190	0.0044	0.0553	0.5003 ***	0.0803	-0.0139	-0.0327	0.0716	0.5751 ***
θ_{ae}	0.0031	0.0008	0.0007	0.0061	-0.0002	0.0038	0.0013	0.0014	0.0045	-0.0016

Fuente: Elaboración propia. Nota: (*) significativo al 10%, (**) significativo al 5% y (***) significativo al 1%.

Tabla A 33: Resultados para la estimación de elasticidades en los subsectores de código CIU 19 a 22

Elasticidad	Excluyendo variable de precio de materia prima					Incluyendo variable de precio de materia prima				
	NLS	NLS c/restr	NLS IV c/restr	3SLS	3SLS c/restr	NLS	NLS c/restr	NLS IV c/restr	3SLS	3SLS c/restr
η_{aa}	-0.8572	-0.8522	-1.0261	-2.1073	-2.5395 **	-0.8439	-0.8391	-1.0038	-2.2290	-2.5964 **
η_{ee}	-1.0175 *	-1.0212 **	-1.0206	-1.1317	-1.0303 **	-1.0175 *	-1.0216 **	-1.0210	-1.1595	-1.0305 **
η_{ll}	-0.5169 ***	-0.4539 ***	-0.4538 ***	-0.5276 ***	-0.4447 ***	-0.5175 ***	-0.4537 ***	-0.4536 ***	-0.5316 ***	-0.4447 ***
η_{kk}	-0.3682 ***	-0.4164 ***	-0.4163 ***	-0.3611 ***	-0.4142 ***	-0.3684 ***	-0.4170 ***	-0.4168 ***	-0.3542 ***	-0.4143 ***
θ_{kl}	-0.0185 ***	-0.0042 ***	-0.0042 ***	-0.0208 ***	-0.0048 ***	-0.0187 ***	-0.0042 ***	-0.0041 ***	-0.0216 ***	-0.0048 ***
θ_{ke}	0.0015 *	0.0011	0.0011	0.0019	0.0012	0.0015	0.0011	0.0011	0.0020	0.0012
θ_{ka}	0.0000	0.0000	0.0000 *	-0.0007	0.0000 ***	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0008	0.0000 ***
θ_{lk}	0.0019 ***	-0.0148 ***	-0.0147 ***	0.0042 ***	-0.0170 ***	0.0020 ***	-0.0147 ***	-0.0147 ***	0.0067 ***	-0.0170 ***
θ_{le}	0.0019 ***	0.0014	0.0014 *	0.0022 **	0.0016 ***	0.0019 ***	0.0014	0.0014	0.0023 *	0.0016 ***
θ_{la}	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0006	0.0001 ***	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0007	0.0001 ***
θ_{ek}	0.1530	0.1284	0.1282	0.1249	0.1369	0.1534	0.1279	0.1276	0.0973	0.1370
θ_{el}	0.0171	0.0456	0.0453 *	0.0418	0.0492 ***	0.0166	0.0456	0.0454	0.0488	0.0492 ***
θ_{ea}	0.0000	0.0000	0.0000	0.0078	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0085	0.0000
θ_{ak}	0.0712	0.0719	0.0743 *	0.0781	-0.6758 ***	0.0719	0.0723	0.0754	0.0858	-0.6615 ***
θ_{al}	0.0278	0.0277	0.0262	0.0218	0.8393 ***	0.0289	0.0289	0.0274	0.0209	0.8411 ***
θ_{ae}	0.0006	0.0006	0.0006	0.0015	-0.0127	0.0006	0.0006	0.0006	0.0018	-0.0124

Fuente: Elaboración propia. Nota: (*) significativo al 10%, (**) significativo al 5% y (***) significativo al 1%.

Tabla A 34: Resultados para la estimación de elasticidades en el subsector de código CIU 23

Elasticidad	Excluyendo variable de precio de materia prima					Incluyendo variable de precio de materia prima				
	NLS	NLS c/restr	NLS IV c/restr	3SLS	3SLS c/restr	NLS	NLS c/restr	NLS IV c/restr	3SLS	3SLS c/restr
η_{aa}	-1.2398	-1.0871	-1.7419 **	765.8993	0.9413 ***	-1.2398	-1.0871	-1.7419 **	765.8990	0.9413 ***
η_{ee}	-0.8985	-0.8986	-0.9007	-1.1604	-0.9444	-0.8985	-0.8986	-0.9007	-1.1604	-0.9444
η_{ll}	-0.4815 ***	-0.5128 ***	-0.5097 ***	0.3977 ***	-0.4737 ***	-0.4815 ***	-0.5128 ***	-0.5097 ***	0.3977 ***	-0.4737 ***
η_{kk}	-0.4063 ***	-0.3852 ***	-0.3837 ***	-0.4178 ***	-0.4239 ***	-0.4063 ***	-0.3852 ***	-0.3837 ***	-0.4178 ***	-0.4239 ***
θ_{kl}	0.0050 ***	-0.0007 ***	-0.0005 ***	0.0564 ***	-0.0026 ***	0.0050 ***	-0.0007 ***	-0.0005 ***	0.0564 ***	-0.0026 ***
θ_{ke}	0.0026	0.0028 ***	0.0028 ***	0.0142	0.0019	0.0026	0.0028 ***	0.0028 ***	0.0142	0.0019
θ_{ka}	0.0004 **	0.0000 ***	0.0000 ***	0.0374 ***	-0.0001	0.0004 **	0.0000 ***	0.0000 ***	0.0374	-0.0001 ***
θ_{lk}	-0.0123 ***	-0.0032 ***	-0.0023 ***	-0.0243 ***	-0.0123 ***	-0.0123 ***	-0.0032 ***	-0.0023 ***	-0.0243 ***	-0.0123 ***
θ_{le}	0.0009	0.0014	0.0015	0.0343	0.0020	0.0009	0.0014	0.0015	0.0343	0.0020
θ_{la}	0.0005 **	0.0000	0.0000	0.1066 ***	0.0001	0.0005 **	0.0000	0.0000	0.1066	0.0001 ***
θ_{ek}	0.1970 ***	0.2042 ***	0.2030 ***	0.2010	0.1351	0.1970 ***	0.2042 ***	0.2030 ***	0.2010	0.1351
θ_{el}	0.0289	0.0225	0.0228	-0.0203	0.0304	0.0289	0.0225	0.0228	-0.0203	0.0304
θ_{ea}	-0.0002	0.0000	0.0000 **	-0.0355	-0.0001	-0.0002	0.0000	0.0000 *	-0.0355	-0.0001
θ_{ak}	0.0491 **	0.0400 ***	0.0464 ***	-0.2467 ***	-1.0426	0.0491 **	0.0400 ***	0.0464 ***	-0.2467	-1.0426 ***
θ_{al}	-0.0013 *	0.0045	0.0022	3.6475 ***	0.3189	-0.0013 *	0.0045	0.0022	3.6475	0.3189 ***
θ_{ae}	0.0061 *	0.0055	0.0056 **	0.8320	-0.0168	0.0061 *	0.0055	0.0056 *	0.8320	-0.0168

Fuente: Elaboración propia. Nota: (*) significativo al 10%, (**) significativo al 5% y (***) significativo al 1%.

Tabla A 35: Resultados para la estimación de elasticidades en los subsectores de código CIU 24 y 25

Elasticidad	Excluyendo variable de precio de materia prima					Incluyendo variable de precio de materia prima				
	NLS	NLS c/restr	NLS IV c/restr	3SLS	3SLS c/restr	NLS	NLS c/restr	NLS IV c/restr	3SLS	3SLS c/restr
η_{aa}	-0.9854	-1.0784	-0.8063	-10.6053	0.1535	-0.9856	-1.0784	-0.8061	-10.5210	0.1525
η_{ee}	-0.9182 *	-0.9144 **	-0.9141 ***	-0.9189	-0.9917	-0.9183 *	-0.9145 **	-0.9142 ***	-0.9192	-0.9917
η_{ll}	-0.4815 ***	-0.4175 ***	-0.4182 ***	-0.4713 ***	-0.4008 ***	-0.4814 ***	-0.4175 ***	-0.4182 ***	-0.4712 ***	-0.4008 ***
η_{kk}	-0.3133 ***	-0.3666 ***	-0.3662 ***	-0.3189 ***	-0.3664 ***	-0.3132 ***	-0.3665 ***	-0.3661 ***	-0.3189 ***	-0.3664 ***
θ_{kl}	-0.0137 ***	0.0025 ***	0.0024 ***	-0.0132 ***	0.0023 ***	-0.0136 ***	0.0025 ***	0.0025 ***	-0.0132 ***	0.0023 ***
θ_{ke}	0.0008	0.0006	0.0006	0.0008	0.0005	0.0008	0.0006	0.0006	0.0008	0.0005
θ_{ka}	0.0000	0.0000 ***	0.0000	0.0001	0.0000 *	0.0000	0.0000 ***	0.0000	0.0001	0.0000 *
θ_{lk}	0.0320 ***	0.0080 ***	0.0078 ***	0.0208 ***	0.0075 ***	0.0320 ***	0.0080 ***	0.0078 ***	0.0209 ***	0.0075 ***
θ_{le}	0.0008 *	0.0007	0.0007	0.0008	0.0008 **	0.0008 *	0.0007	0.0007	0.0008	0.0008 **
θ_{la}	0.0000	0.0000 ***	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000 ***	0.0000	0.0005	0.0000
θ_{ek}	0.1695	0.1862	0.1870	0.0756	0.1564	0.1695	0.1862	0.1870	0.0768	0.1563
θ_{el}	0.0751	0.0667	0.0665	0.0947	0.0757 **	0.0751	0.0666	0.0665	0.0946	0.0757 **
θ_{ea}	0.0000	0.0000	0.0000	0.0041	-0.0001 **	0.0000	0.0000	0.0000 *	0.0040	-0.0001 **
θ_{ak}	0.5391 ***	0.5418 ***	0.5453	0.8950	-0.4402 *	0.5391 ***	0.5417 ***	0.5453	0.8907	-0.4404 *
θ_{al}	-0.2679 ***	-0.2832 ***	-0.2876	-0.3420 *	0.3360	-0.2679 ***	-0.2832 ***	-0.2876	-0.3419 *	0.3361
θ_{ae}	0.0033	0.0035	0.0036	0.0033	-0.0205 **	0.0033	0.0035	0.0036 *	0.0034	-0.0204 **

Fuente: Elaboración propia. Nota: (*) significativo al 10%, (**) significativo al 5% y (***) significativo al 1%.

Tabla A 36: Resultados para la estimación de elasticidades en los subsectores de código CIU 26 a 30

Elasticidad	Excluyendo variable de precio de materia prima					Incluyendo variable de precio de materia prima				
	NLS	NLS c/restr	NLS IV c/restr	3SLS	3SLS c/restr	NLS	NLS c/restr	NLS IV c/restr	3SLS	3SLS c/restr
η_{aa}	-0.9868	-0.9562	-1.0272	-10.4566	-1.4229	-0.9939	-0.9649	-1.0312	-11.1826	-1.9096
η_{ee}	-0.9573	-0.9465	-0.9467	-0.9309	-0.9690	-0.9586	-0.9459	-0.9462	-0.9162	-0.9996
η_{ll}	-0.5264 ***	-0.5142 ***	-0.5142 ***	-0.4680	-0.4937 ***	-0.5349 ***	-0.5262 ***	-0.5260 ***	-0.4668	-0.5040 ***
η_{kk}	-0.3497 ***	-0.3704 ***	-0.3707 ***	-0.3522 ***	-0.3950 ***	-0.3725 ***	-0.3905 ***	-0.3905 ***	-0.3742 ***	-0.4115 ***
θ_{kl}	0.0063 ***	0.0123 ***	0.0125 ***	0.0130	0.0131 ***	0.0069 ***	0.0122 ***	0.0122 ***	0.0093 *	0.0138 ***
θ_{ke}	0.0004	0.0002 *	0.0002	0.0003	0.0001 ***	0.0005	0.0002	0.0002	0.0004	0.0002 **
θ_{ka}	0.0000	0.0000 ***	0.0000 *	-0.0003	0.0000 **	0.0000	0.0000 **	0.0000 *	-0.0001	0.0000
θ_{lk}	0.0395 ***	0.0330 ***	0.0335 ***	0.0374 ***	0.0351 ***	0.0382 ***	0.0332 ***	0.0333 ***	0.0336 ***	0.0378 ***
θ_{le}	0.0004	0.0004	0.0004	0.0001	0.0006 ***	0.0004	0.0004	0.0004	-0.0001	0.0006 ***
θ_{la}	0.0000 **	0.0000	0.0000	-0.0007	0.0000 ***	0.0000 **	0.0000	0.0000	-0.0007	0.0000 ***
θ_{ek}	0.0821 **	0.1117 *	0.1126	0.0848 *	0.0497 ***	0.0817 **	0.1211	0.1218	0.0881	0.0836 **
θ_{el}	0.0964 *	0.0790	0.0786	0.0781	0.1277 ***	0.0934 *	0.0723	0.0720	0.0713	0.1181 ***
θ_{ea}	-0.0001	0.0000	0.0000	0.0008	0.0000	-0.0001	0.0000	0.0000	0.0008	-0.0001
θ_{ak}	0.0758 ***	0.0799 ***	0.0770 *	0.0437	-1.4896 **	0.0785 **	0.0853 **	0.0841 *	0.0047	-0.9632
θ_{al}	0.0411	0.0382	0.0405	0.2592	1.2905 ***	0.0336	0.0297	0.0314	0.2901	1.1909 ***
θ_{ae}	0.0001	0.0001	0.0001	-0.0051	-0.0083	0.0001	0.0001	0.0000	-0.0083	-0.0171

Fuente: Elaboración propia. Nota: (*) significativo al 10%, (**) significativo al 5% y (***) significativo al 1%.

Tabla A 37: Resultados para la estimación de elasticidades en los subsectores de código CIU sobre 30

Elasticidad	Excluyendo variable de precio de materia prima					Incluyendo variable de precio de materia prima				
	NLS	NLS c/restr	NLS IV c/restr	3SLS	3SLS c/restr	NLS	NLS c/restr	NLS IV c/restr	3SLS	3SLS c/restr
η_{aa}	-0.8805	-0.9499	-0.8982	3.1588	-0.6952	-0.8665	-0.9372	-0.8879	5.7351	-0.7191
η_{ee}	-0.9602	-0.9542	-0.9543	-1.1646	-0.9059 *	-0.9602	-0.9552	-0.9554	-1.2444	-0.9024 *
η_{ll}	-0.3835 ***	-0.3240 ***	-0.3241 ***	-0.4029 ***	-0.3319 ***	-0.3783 ***	-0.3235 ***	-0.3236 ***	-0.3849 ***	-0.3319 ***
η_{kk}	-0.2344 ***	-0.2883 ***	-0.2882 ***	-0.2070 ***	-0.3040 ***	-0.2371 ***	-0.2869 ***	-0.2868 ***	-0.2191 ***	-0.3028 ***
θ_{kl}	-0.0094 ***	0.0085 ***	0.0086 ***	-0.0215 ***	0.0057 ***	-0.0077 ***	0.0092 ***	0.0093 ***	-0.0216 **	0.0064 ***
θ_{ke}	0.0005	0.0002 ***	0.0002 ***	0.0009	0.0002 ***	0.0004	0.0002 ***	0.0002 ***	0.0009	0.0002 ***
θ_{ka}	0.0001 ***	0.0000 **	0.0000 ***	0.0010	0.0000	0.0001 **	0.0000 **	0.0000 ***	0.0014	0.0000
θ_{lk}	0.0443 ***	0.0202 ***	0.0204 ***	0.0496 ***	0.0136 ***	0.0440 ***	0.0220 ***	0.0221 ***	0.0451 ***	0.0152 ***
θ_{le}	0.0007 **	0.0005 *	0.0005	0.0008	0.0005 **	0.0006 **	0.0005 *	0.0005 *	0.0007	0.0005 **
θ_{la}	0.0001 ***	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000	0.0001 ***	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000
θ_{ek}	-0.0094 ***	0.0875 ***	0.0870 ***	-0.1356	0.0915 ***	-0.0031 ***	0.0846 ***	0.0840 ***	-0.1003	0.0879 ***
θ_{el}	0.1578 ***	0.0996 *	0.1011	0.2878	0.1036 **	0.1540 ***	0.1020 *	0.1034 *	0.3291	0.1053 **
θ_{ea}	0.0001	0.0000	0.0000	-0.0106	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	-0.0165	0.0001
θ_{ak}	0.0219 **	0.0277 **	0.0322 ***	0.0855	-0.0544	0.0197 **	0.0279 **	0.0318 ***	0.0718	-0.0396
θ_{al}	0.0840	0.0845	0.0807	0.0184	-0.0336	0.0868	0.0859	0.0825	-0.0071	-0.0452
θ_{ae}	0.0011	0.0010	0.0009	0.0031	0.0135	0.0010	0.0009	0.0009	0.0039	0.0136

Fuente: Elaboración propia. Nota: (*) significativo al 10%, (**) significativo al 5% y (***) significativo al 1%.

UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN – FACULTAD DE INGENIERIA

RESUMEN DE MEMORIA DE TITULO

Departamento	: Departamento de Ingeniería Industrial.
Carrera	: Ingeniería Civil Industrial.
Nombre del memorista	: Antonia Paz Orellana Chávez
Título de la memoria	: Estimación de demanda industrial de agua en Chile con métodos de regresión lineales y no lineales.
Fecha de la presentación oral	: martes 24 de enero, 2023
Profesor(es) Guía	: Cristian Alejandro Mardones Poblete
Profesor(es) Revisor(es)	: Sebastián Astroza Tagle
Concepto	:
Calificación	:

Resumen (máximo 200 palabras)

La escasez hídrica en muchos países, incluido Chile, ha provocado preocupación e interés por estudiar si es posible incentivar políticas e iniciativas que modifiquen el consumo de agua. Este estudio aporta en este objetivo estimando la demanda de este recurso a través de una función de producción y una función de costos que utilizan como base de datos la Encuesta Nacional Industrial Anual 2018. La primera función permite obtener un valor marginal para el agua de aproximadamente \$7.000 CLP, mientras que la segunda función posibilita llegar a concluir que políticas de precios como impuestos o subsidios no contribuirían de forma relevante a mejorar la gestión del recurso en ningún subsector industrial, exceptuando el de madera, papel e imprenta. Por otro lado, también hace ver que no existe flexibilidad en la sustitución entre insumos y factores productivos, sino más bien una complementariedad con el agua. Este estudio, a diferencia de literatura previa chilena, innova al incluir una variable instrumental que soluciona posibles problemas de endogeneidad (nivel de precipitaciones por región) y al restringir los modelos de regresión para cumplir con aspectos de la teoría de la firma.

