

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

ESCUELA DE POSGRADO

**MAESTRÍA EN ECONOMÍA DE LOS RECURSOS
NATURALES Y DEL AMBIENTE**



**“PROPUESTA DE UN SISTEMA DE DERECHOS DE PESCA
PARA EL CASO DE LA INDUSTRIA PESQUERA DE
EXTRACCIÓN DE ANCHOVETA”**

**Presentada por:
CINDY SILVA VIVANCO**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO
MAGISTER SCIENTIAE EN ECONOMÍA DE LOS RECURSOS
NATURALES Y DEL AMBIENTE**

Lima - Perú

2024

Tesis Maestria Cindy Silva

INFORME DE ORIGINALIDAD

17%

INDICE DE SIMILITUD

16%

FUENTES DE INTERNET

10%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	www.consar.gob.mx Fuente de Internet	<1%
2	archive.org Fuente de Internet	<1%
3	Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Peru Trabajo del estudiante	<1%
4	docplayer.es Fuente de Internet	<1%
5	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1%
6	www.aulavirtualusmp.pe Fuente de Internet	<1%
7	Risi Mussio, Jorge Alejandro. "Los Nuevos Derechos de Pesca del Recurso Anchoqueta para Chi: El Aumento fue Justificado o ¿El Afán Recaudatorio Superó al Análisis Técnico?", Pontificia Universidad Catolica del Peru (Peru), 2022 Publicación	<1%

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN ECONOMÍA DE LOS RECURSOS
NATURALES Y DEL AMBIENTE**

**“PROPUESTA DE UN SISTEMA DE DERECHOS DE PESCA
PARA EL CASO DE LA INDUSTRIA PESQUERA DE
EXTRACCIÓN DE ANCHOVETA”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO
MAGISTER SCIENTIAE**

Presentada por:

CINDY SILVA VIVANCO

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Mg.Sc. Ramón Diez Matallana
PRESIDENTE

Dr. Carlos Orihuela Romero
ASESOR

Dr. Roger Loyola Gonzales
MIEMBRO

Mg.Sc. Hugo Luna Astorga
MIEMBRO

DEDICATORIA

A mi familia, a los diez gatos que la conforman, al ecosistema marino y a la música.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco profundamente al profesor Carlos Orihuela por su apoyo incondicional y orientación académica durante todo el proceso de elaboración de este documento. Agradezco además a Roger Loyola, Alvaro Ortiz, Hugo Luna, Luis Chaparro, Ramon Diez y Anzony Quispe quienes con sus sugerencias y observaciones contribuyeron a una mejor versión del texto.

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.	Objetivos.....	7
1.1.1.	Objetivo general.....	7
1.1.2.	Objetivos específicos	8
1.2.	Justificación de la investigación	8
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	10
2.1.	Antecedentes.....	10
2.1.1.	Antecedentes sobre estudios que han cuestionado la metodología de los derechos de pesca	10
2.1.2.	Antecedentes sobre estudios que han evaluado las economías de escala en la actividad pesquera	12
2.2.	Reseña histórica de la industria pesquera peruana de extracción anchoveta	14
2.3.	Estructura de la industria pesquera peruana de extracción de anchoveta	16
2.4.	Marco teórico.....	19
2.2.1.	Concepto de economías de escala	19
2.2.1.1.	Determinación de las economías de escala	20
2.2.2.	Función de costo total	22
2.2.3.	Función de costo total Translog	22
2.2.3.1.	Propiedades en la estructura de la producción.....	24
2.2.3.2.	Condiciones que debe cumplir una función de costo total bien comportada.....	29
2.2.3.3.	Economías de escala en la función de costo total tipo Translog	35
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	37
3.1.	Hipótesis	37
3.1.1.	Hipótesis general.....	37
3.1.2.	Hipótesis específicas	37
3.2.	Tipo de investigación.....	37

3.3. Muestra y periodo de estudio	38
3.4. Procedimiento	43
3.4.1. Evaluación de series de tiempo de las variables de estudio	44
3.4.2. Estimación de la función de costo total de extracción Translog	45
3.4.3. Validación estadística de los modelos de la función de costo total de extracción tipo Translog ..	46
3.4.4. Validación de propiedades de la estructura de producción de extracción de la industria pesquera peruana de anchoveta.....	52
3.4.5. Validación de las condiciones de una función de costo bien comportada.....	52
3.4.6. Evaluación de las economías de escala.....	53
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES	55
4.1. Evaluación de series de tiempo de las variables de estudio.....	55
4.2. Estimación de la función de costo total de extracción tipo Translog.....	55
4.3. Validación estadística de los modelos de la función de costo total de extracción tipo Translog	57
4.4. Validación de propiedades de la estructura de producción de extracción de la industria pesquera peruana de anchoveta.....	57
4.5. Validación de las condiciones de una función de costo bien comportada	59
4.6. Interpretación de resultados de la función costo total de extracción Translog	59
4.7. Evaluación de las economías de escala.....	61
4.8. Discusión de resultados	65
V. CONCLUSIONES.....	67
VI. RECOMENDACIONES	69
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70
VIII. ANEXOS	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Evolución del derecho de pesca por la extracción de anchoveta	1
Tabla 2: Derecho de pesca de recaudado y renta del recurso de anchoveta según periodo (S/corrientes)	1
Tabla 3: Relación entre las economías de escala, el costo medio y el costo marginal	22
Tabla 4: Modelos de la función de costo total Translog según las propiedades de la estructura de la producción	30
Tabla 5: Resumen de fuentes de información de las variables empleadas	42
Tabla 6: Variables de estudio	43
Tabla 7: Modelos de la función de costo total de extracción Translog	47
Tabla 8: Estimación de los coeficientes de los modelos de la función de costo total de extracción tipo Translog para el periodo 1988-2020	56
Tabla 9: Validación de las propiedades en q de los modelos tipo Translog	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Biomasa y desembarques de anchoveta durante los períodos 1970-2021 y 1950-2021 respectivamente (en millones de TM)	15
Figura 2: Concentración de la capacidad de bodega y de las embarcaciones de las 7 principales empresas pesqueras durante los años 1998, 2007 y 2009 - 2020.....	17
Figura 3: Porcentaje de embarcaciones industriales de acero y de madera divididos por capacidad de bodega [32 - 270 m ³] y < 270 - 450 m ³ > y las de madera que van desde [32 - 200 m ³] durante el periodo 2009-2020	19
Figura 4: Economías de escala y deseconomías de escala	21
Figura 5: Costo medio y costo marginal de extracción estimado y ajustado en la función Translog con elasticidades sustitución unitarias (Modelo C).....	62
Figura 6: Costo medio y costo marginal de extracción estimado y ajustado en la función Translog homotético y con elasticidades sustitución unitarias en la producción (Modelo D)	63
Figura 7: Análisis de economía de escala por nivel de desembarque de la pesquería peruana industrial de anchoveta en el periodo 1988-2020	64

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Estimación de los derechos de pesca y comparación con la renta económica del recurso	79
Anexo 2: Estimación de la tasa del costo de oportunidad de la industria pesquera peruana	80
Anexo 3: Capacidad de bodega de la flota pesquera de las empresas de extracción pesquera	81
Anexo 4: Número de embarcaciones por empresas de extracción pesquera.....	82
Anexo 5: Regresión mediante mínimo cuadrados ordinarios de las variables económicas en niveles.....	83
Anexo 6: Prueba de Dickey-Fuller a los errores.....	83
Anexo 7: Regresiones de las variables económicas de estudio con respecto al tiempo.....	84
Anexo 8: Validación de las condiciones de una función de costo bien comportada.....	84

RESUMEN

Desde el año 2006 hasta el 2019, PRODUCE cobra los derechos de pesca por la extracción de recursos hidrobiológicos destinados al consumo humano indirecto mediante una tarifa *plana* del 0.25% del valor FOB por tonelada de harina de pescado. Desde el año 2019 esta tarifa plana aumentó al 0.43%. La presente investigación tiene como objetivo identificar si hay o no economías de escala en la industria pesquera peruana de extracción de anchoveta después de la implementación de los Límites Máximos de Captura por Embarcación (LMCE) en el año 2008. Para este propósito, se procedió primero a estimar una forma funcional específica tipo Translog del costo total de extracción de la industria pesquera peruana de anchoveta empleando información anual en el periodo 1986-2020. Los resultados revelaron que la función de costo total de extracción de anchoveta Translog presenta tanto características de no homoteticidad, así como de elasticidades de sustitución unitarias en la estructura de producción. Esto indica que el costo total de extracción puede o no verse influenciado por cambios en la producción por cambios en los precios, sin embargo, no se ve afectado por los efectos propios y cruzados de dichos precios. Además, se encontró evidencia de economías de escala en la industria pesquera peruana de extracción de anchoveta después de la implementación de la LMCE 2008. Estos hallazgos sugieren la necesidad de establecer un sistema de tarifas diferenciadas para los derechos de pesca, adaptado a las características específicas de cada segmento de la industria.

Palabras claves: Economías de escala, Costo total de extracción de anchoveta, Forma funcional Translog, Derechos de pesca.

ABSTRACT

From 2006 to 2019, PRODUCE collects fees for fishing for the extraction of hydrobiological resources destined for indirect human consumption through a *flat* rate of 0.25% of the FOB value per ton of fishmeal. As of 2019 this *flat* rate increased to 0.43%. The objective of this research is to identify whether there are economies of scale in the Peruvian anchoveta fishing industry after the implementation of the Maximum Catch Limits per Vessel law in 2008 (LMCE 2008). For this purpose, we first proceeded to estimate a specific Translog functional form total extraction cost function for the anchoveta fishery industry using annual information in 1986-2020. The results revealed that the Translog total extraction cost function has both non-homothetic and homothetic characteristics with unit elasticities of substitution in the production structure. This indicates that the total extraction cost may or may not be influenced by changes in production due to changes in input prices, and it is not affected by the own and cross input prices effects. In addition, it was found evidence of economies of scale in the Peruvian anchoveta fishing industry after the implementation of the LMCE 2008. These findings suggest the need to establish a system of differentiated tariffs for fishing fees, adapted to the specific characteristics of each segment of the industry.

Key words: Economies of scale, Total anchoveta extraction cost, Translog functional form, Fishing fees

I. INTRODUCCIÓN

El Perú es un país de relevancia mundial en materia pesquera. En el año 2020 ocupó el séptimo lugar de las capturas de pescado a nivel mundial (FAO, 2024). La mayor parte de esta extracción corresponde a la anchoveta (*Engraulis ringens*), a partir de la cual se produce aceite y harina. De hecho, Perú es el principal país exportador de harina a nivel global (INDEXMUNDI, 2024), cuyos ingresos fluctuaron entre USD 1,707 y USD 2,381 millones durante el periodo 2013-2022, los mismos que concentraron, en promedio, el 5% del valor de las exportaciones tradicionales del Perú en ese lapso (BCRP, 2024a).

A pesar de la importancia mundial en la producción de harina de anchoveta, la contribución del sector pesquero peruano a la economía nacional es escasa. El producto bruto interno pesquero representó apenas, en promedio, el 0.44% del producto bruto interno total durante el periodo 2013-2022 (BCRP, 2024b). Para el año 2022 este sector generó 90,041 puestos de trabajo, de los cuales 57,713 corresponden a la pesquería marítima (lo cual equivale al 0.33% de la población económicamente activa), cuya mayor parte está asociada a la pesca de anchoveta. En efecto, la mayor parte de las capturas del sector pesquero peruano corresponde al desembarque de anchoveta. En el periodo 2013-2022 la captura de anchoveta concentró el 66-88% del total (PRODUCE, 2023).

Todo esto denota la particular importancia de la extracción de la anchoveta y por ello es importante establecer medidas regulatorias que garanticen su adecuado manejo a fin de lograr la sostenibilidad del activo natural, en este caso particular, la biomasa de anchoveta. Sin embargo, la gestión de las pesquerías es muy particular debido al intrínseco régimen de propiedad.

Las pesquerías marítimas constituyen recursos de propiedad común (bienes comunales), los cuales tienen dos características: rivalidad y no exclusión. La primera indica que el uso del recurso por un agente disminuye la cantidad o calidad de la disposición del recurso para otros agentes. La segunda consiste en que ningún agente puede ser excluido fácilmente de utilizarlo (Harris & Roach, 2018). Dadas estas características y en ausencia de regulación, es de esperar que las embarcaciones estén envueltas en una carrera por una mayor captura del recurso, lo cual conducirá a ineficiencias debido al mayor esfuerzo pesquero (excesivo empleo de los factores como capital y trabajo), sobrepesca, disipación de la renta económica en el largo plazo, y una extracción excesiva de la biomasa (Dasgupta, 1982).

Una alternativa para enfrentar este problema es la aplicación de un régimen de cuotas individuales, en la cual el gobierno establece una captura total máxima permitida (equivalente a la captura eficiente del sector pesquero) la cual permite a cada pescador acceder a una fracción (cuota) de esa captura total (Stavins, 2011). Puesto que esta captura total debe ser eficiente para el sector pesquero, se desprende que esta permitirá maximizar el beneficio neto sectorial condicionado a la sostenibilidad de la biomasa. Nótese que esta regulación no establece un derecho de propiedad sobre la biomasa pesquera sino un derecho para extraerla (Paredes, 2013).

Esta regulación ha sido implementada en el Perú desde el año 2008 para el caso de la captura de anchoveta bajo el nombre de Límites Máximos de Captura por Embarcación (de ahora en adelante, LMCE 2008).¹ Esta normativa asigna una cuota individual máxima para la extracción de anchoveta por embarcación de acuerdo con su capacidad de bodega. La asignación de derechos de propiedad generados por el sistema de cuotas individuales motiva a las empresas pesqueras a focalizarse exclusivamente en alcanzar su cuota individual, reduciendo el esfuerzo pesquero, lo cual conlleva a la reducción de capacidad y sobreinversiones de la flota pesquera (Galarza & Collado, 2013). Es por ello por lo que a

¹ Decreto Legislativo N° 1084. Se presume que el efecto de esta normativa comienza en el año 2009, debido a que es la fecha en la cual se hizo.

partir de la implementación de la ley LMCE 2008, la renta del recurso pesquero tendería a ser la máxima posible.

Otra medida regulatoria del sector pesquero de anchoveta es la implementación de un derecho de pesca² (Decreto Supremo N° 012-2001-PE), pago que la pesquería industrial debe efectuar por la extracción de ese recurso. Desde el año 2001, el Ministerio de la Producción (PRODUCE) recauda este derecho, cuyo objetivo es alcanzar el 25% de la renta del recurso pesquero (Resolución Ministerial N° 150-2019-PRODUCE).

El monto de este pago ha cambiado en el tiempo (Tabla 1). Desde el año 2019 la tasa del derecho de pesca aumentó de 0.25 a 0.43% (como fracción del precio FOB de la harina de anchoveta) lo cual podría significar, principalmente, que la renta del recurso pesquero está aumentando o que el derecho de pesca previo era muy bajo y se pretende nivelarlo. Existen estudios que sugieren que el monto del actual derecho de pesca de anchoveta está subestimado (Paredes, 2012; Galarza & Collado, 2013).

La recaudación por concepto de derecho de pesca de anchoveta apenas abarcó el 3.18 hasta 15.3% de la renta del recurso, cuyo bajo monto estaría asociado a la metodología del cálculo de ese derecho (Paredes, 2012; Galarza & Collado, 2013). En base a cálculos propios (Tabla 2), se estimó gruesamente la renta del recurso de la anchoveta a nivel agregado³ y se comparó con la recaudación del derecho de pesca respectivo⁴ (Tabla 1). Los resultados indican que lo recaudado, según periodo, ha oscilado apenas entre 3.18 y 9% de la renta en análisis, lo cual va en línea con los resultados de Paredes (2012) y Galarza & Collado (2013). Más aún, ese porcentaje se redujo significativamente en los periodos posteriores a la implementación de

² Dado que la anchoveta es recurso comunal, que no presenta precio de mercado, los agentes pesqueros extraen este recurso sin retribuir a este factor. En este sentido, la intervención del regular al implementar una regalía como el derecho de pesca, pretende eliminar esta falla de mercado, para así poder alcanzar la eficiencia social.

³ La estimación del derecho de pesca se estima de acuerdo con la fórmula mencionada en la Tabla 1, para ello se emplea las cotizaciones internacionales de la harina de pescado (BCRP, 2024c) (Anexo 1).

⁴ La renta del recurso se estima como la diferencia entre el excedente de explotación (EE) y el EE descontado de la tasa del costo de oportunidad de la industria pesquera. La información sobre EE, en el periodo 1986-1990 se obtuvo de INEI (1992)⁴ y para el periodo 1991-2020 de INEI (varios años) (Anexo 1). La estimación de la tasa del costo de oportunidad de la industria pesquera se muestra en el Anexo 2.

la ley LMCE 2008. El resultado sugiere que el objetivo de PRODUCE, según la normativa vigente (Resolución Ministerial N° 150-2019-PRODUCE) está lejos de cumplirse.

Al margen de si el monto recaudado del derecho de pesca de anchoveta es bajo en comparación a la renta del recurso correspondiente, el cobro de un derecho de pesca basado en una tasa *plana* sobre el precio FOB de la harina de anchoveta es también cuestionable ya que ello asume tácitamente que todas las embarcaciones que extraen anchoveta generan la misma renta del recurso⁵. Ese supuesto implicaría un alto nivel de homogeneidad al interior de la industria pesquera de anchoveta ya sea en recibir cuotas individuales, así como en términos de capacidad de bodega, uso eficiente de recursos, etc. Evidentemente, este no es el caso de la pesquería peruana de anchoveta.

Asumiendo que el objetivo del regulador es maximizar el valor presente de los ingresos a ser percibidos por concepto de derecho de pesca de anchoveta, entonces este derecho debería ser proporcionalmente mayor en la medida que mayor sea la renta del recurso generada. Si el agente A genera una mayor renta que el agente B, entonces A estará en capacidad de pagar una mayor fracción de su renta en comparación a B.

Cabe resaltar que en este escenario pretender apropiarse de una mayor parte de la renta mediante los derechos de pesca, no debería alterar el comportamiento normal de los agentes pesqueros, en el sentido en que estos agentes no estarían percibiendo menores ganancias de las esperadas, dado que la renta del recurso constituye aquellos beneficios económicos que se obtienen por encima de los retornos normales al capital empleado. En otras palabras, incrementar el porcentaje que se obtiene mediante los derechos de pesca de acuerdo con la rentabilidad de cada agente pesquero, no distorsiona el nivel óptimo de producción y por lo tanto no afecta a la eficiencia económica del sector.

⁵ Nótese que aun cuando esta regalía corresponde a la extracción de anchoveta, su monto, conforme a la reciente normativa (Decreto Supremo N° 007-2019-PRODUCE) es calculado en base a la transformación de anchoveta mediante una tasa fija sobre el precio de la harina de anchoveta. Esto constituye otro aspecto que cuestiona la pertinencia de un derecho de pesca basado en una tasa del precio FOB de la harina de anchoveta.

Tabla 1: Evolución del derecho de pesca por la extracción de anchoveta

Vigencia	Fórmula para el cálculo derecho de pesca	Normativa
2001-2003	$0.075\% \text{ }^a \times \text{UIT/TM} \times \text{Cantidad de desembarque de anchoveta (TM)}$	DS N° 012-2001-PE
2003-2006	$0.116\% \text{ }^a \times \text{UIT/TM} \times \text{Cantidad de desembarque de anchoveta (TM)}$	DS N°011-2002-PRODUCE
2006-2019	$0.25\% \text{ }^a \times \text{Precio FOB de harina de pescado (USD//TM)} \times \text{Cantidad de desembarque de anchoveta (TM)}$	DS N° 0024-2006-PRODUCE
2019- actualidad	$0.43\% \text{ }^a \times \text{Precio FOB de harina de pescado (USD/TM)} \times \text{Cantidad de desembarque de anchoveta (TM)}$	DSN° 007-2019-PRODUCE

^a Tasa plana.

Tabla 2: Derecho de pesca de recaudado y renta del recurso de anchoveta según periodo (S/ corrientes)

Periodo	Derecho de pesca recaudado (millones S/)	Derecho de pesca recaudado (S/TM)	Renta del recurso (millones S/)	Derecho de pesca como fracción de la renta del recurso (%)
2001-2003	159.3	8.06	2,670.6	5.97
2004-2006	296.4	12.71	3,276.4	9.05
2007-2019	535.5	10.98	18,546.8	2.89
2019-2022	287.5	22.34	9,045.7	3.18

Nota: La elección de los períodos corresponde a los lapsos donde imperó una diferente tasa del derecho de pesca. El derecho de pesca por periodo fue obtenido en millones de S/ (segunda columna) y posteriormente dividido entre el desembarque del periodo en análisis (tercera columna).

Entonces, si no hay homogeneidad en la industria, la renta sería diferente para cada embarcación, de manera que la tasa *plana* del derecho de pesca de la anchoveta establecida mediante la ley LMCE 2008 no permitiría capturar la mayor fracción posible de la renta de cada agente. Países como Chile e Islandia, donde se ha implementado el sistema de cuotas individuales se aplican regalías o derecho de pesca en función de la rentabilidad o el nivel de cuota asignado a cada empresa o armador pesquero (Gunnlaugsson et al., 2018; Plencovich, 2020).

Una forma de detectar la presencia de rentas diferenciadas es mediante la identificación de economías de escala, lo cual indicaría que el costo medio de extracción se redujo a partir de la implementación de la ley LMCE 2008. Este ha sido el caso de países que aplicaron un sistema cuotas individuales a la extracción pesquera (Salvanes, 1989; Basch et al., 1999; Nedelea, 2007; Lazkano, 2008; Landa, 2014; Chaparro, 2020; Cho & Nam, 2020) Entonces, si la industria está operando bajo economías de escala, es decir, donde el costo medio de extracción de cada embarcación difiere en función a su nivel de captura (cuota individual asignada), entonces la renta de cada agente debe ser diferente (Gunnlaugsson et al., 2018).

Si el regulador establece una regalía o derecho de pesca subestimado, ello implica una menor recaudación o pérdida impositiva para el Estado. Estos recursos perdidos pudieron ser destinados a acciones que maximizan el bienestar social. En tal sentido, para determinar si el regulador (PRODUCE) debería considerar la aplicación de una tasa diferenciada en el derecho de pesca de la extracción de anchoveta⁶, esta investigación examina la presencia de economías de escala en la industria pesquera peruana de anchoveta (de ahora en adelante, pesquería de anchoveta) en la implementación de la ley LMCE 2008, lo cual no ha sido evaluada en previos estudios. Se presume que esta industria presentó economías de escala al menos desde el año 2009, fecha de aplicación de la mencionada ley.

A fin de detectar la presencia de economías de escala en la industria pesquera peruana de extracción de anchoveta, se estima una función de costo total de extracción de anchoveta del tipo Translog, a partir de la cual se desprenden las respectivas funciones de costo medio y

⁶ Se asume que la propuesta aplica solo a la pesca industrial de anchoveta dado que la pesca artesanal no está sometida a una cuota individual.

costo marginal de extracción. Este tipo de forma funcional es la más aplicada y apropiada para evaluar economías de escala en pesquerías (Salvanes, 1989; Basch et al., 1999; Nøstbakken, 2006; Lazkano, 2008; Gunnlaugsson et al., 2018).

Para estimar la función de costo total de extracción de anchoveta, el periodo de análisis corresponde a la etapa en la cual comenzó la industrialización del sector hasta la actualidad (1986-2020) (Galarza & Malarín, 1994; Santibañez & Santibañez, 2003). Ello permitirá resaltar la presencia de economías de escala como resultado de la implementación de la ley LMCE 2008, con respecto al período pre-reforma del sector.

A diferencia de otros estudios en la literatura que utilizan información desagregada de costos de extracción pesquera del tipo corte transversal para estimar la función de costo total, en este estudio se emplearon datos de series de tiempo provenientes de las cuentas nacionales, como una aproximación.

El alcance de este análisis se centra en la industria pesquera peruana de extracción de anchoveta, la cual opera a lo largo de todo el litoral del país y está regulada por la ley LMCE 2008. Esta legislación se aplica específicamente a la pesca de anchoveta destinada a la transformación en harina de pescado, la cual es llevada a cabo por embarcaciones industriales. Por lo tanto, el análisis se limita a la pesca industrial, excluyendo la pesca artesanal.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

Determinar si bajo un esquema de eficiencia económica, la tasa asignada en la metodología de derechos de pesca para la extracción anchoveta, debería ser una tasa diferenciada para cada agente pesquero.

1.1.2. Objetivos específicos

- Estimar la función de costo total de extracción de la industria pesquera peruana de anchoveta desde los inicios de la industrialización del sector hasta la fecha actual (período 1986 - 2020), mediante una forma funcional tipo Translog.
- Determinar la presencia de economías de escala en la industria pesquera peruana de extracción de anchoveta después de la implementación de la ley LMCE 2008.
- Evaluar la posibilidad de implementar un diferenciado de cuota pesquera de anchoveta.

1.2. Justificación de la investigación

La presente investigación, a través de la identificación de la presencia de las economías de escala en la industria pesquera peruana de extracción de anchoveta, revelaría la necesidad de revisar la metodología del derecho de pesca, ya que la tasa *plana* (ley LMCE 2008) no sería la adecuada desde la perspectiva de la eficiencia en la recaudación fiscal.

Si bien existe evidencia que sugiere que el monto actual de derecho de extracción de anchoveta es bajo en comparación a su renta generada (Paredes, 2013; Galarza y Collado, 2013), estos estudios proponen elevar ese monto, tácitamente, de forma *constante* para todos los agentes. Sin embargo, esta opción no necesariamente es la más eficiente. El presente estudio va más allá y permite determinar si tal monto puede ser *creciente*. Esta es la principal contribución del estudio.

De otro lado, si bien existen diversos estudios que han abordado aspectos económicos de la pesquería peruana (Paredes, 2013; Paredes & Gutierrez, 2008; Galarza & Collado, 2013; Landa, 2014; Natividad, 2016; Kroetz et al., 2019; Ruiz, 2020; Chaparro, 2020) ninguno de

ellos ha evaluado la presencia de economías de escala en la extracción de anchoveta⁷. En este sentido, el presente estudio constituye una contribución a la literatura en este aspecto.

⁷ Dos estudios evaluaron economías de escala en el sector pesquero peruano, aunque no para el caso de la anchoveta. Chaparro evaluó economías de escala para la pesquería peruana como un todo mientras que Landa (2014) lo hizo para la producción de harina de anchoveta.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

En esta subsección se resumen los estudios que han cuestionado la metodología de los derechos de pesca y también aquellos que han evaluado las economías de escala en el sector pesquero.

2.1.1. Antecedentes sobre estudios que han cuestionado la metodología de los derechos de pesca

Algunos estudios (Paredes, 2012; Galarza & Collado, 2013) después de la incorporación de la ley LMCE 2008, han cuestionado la metodología para calcular el monto de derecho de pesca (establecida en la Resolución Ministerial N° 150-2019-PRODUCE) enfatizando que no refleja la renta económica que genera el recurso pesquero.

La renta económica del recurso pesquero es el retorno económico de largo plazo que se obtiene por encima del retorno normal de las inversiones (Nicholson, 2007; Greaker et al., 2017) que se percibe por el derecho de utilizar un recurso natural. Este retorno económico depende de las condiciones o características únicas del mar y debe ser pagada al dueño del recurso, que es el Estado. Este pago no debería afectar al retorno de las inversiones de las empresas a las cuales se les ha cedido este recurso. En otras palabras, la captura de la renta pesquera por parte del estado debe permitir que las firmas cubran todos los pagos a los factores de la producción en los que incurren para la actividad de extracción, incluyendo el costo del capital invertido (Garnaut, 2010).

En cuanto a los argumentos para señalar que este monto no refleja las rentas del recurso es que en primer lugar señalan que el monto del derecho de pesca⁸ es relativamente bajo en comparación al precio de extracción de la anchoveta (Paredes, 2012). Además, tampoco permite capturar la variabilidad de los precios, ni las condiciones de captura del recurso en el tiempo (Galarza & Collado, 2013).

Para corroborar que la metodología de los derechos de pesca no refleja la renta económica del recurso, Paredes (2012) determina la renta del recurso por tonelada de anchoveta desembarcada, a partir de la estimación de la disposición a pagar por los derechos de pesca por empresario, equivalente a lo que el empresario estaría dispuesto a pagar por obtener una cuota de pesca. Esta disposición estimó en 182.09 USD/TM. Así, el derecho de pesca equivalía a 1.86% (3.39 USD/TM⁹) de la renta del recurso.

Por otra parte, Galarza & Collado (2013) determinan la renta del recurso en el año 2011 empleando el modelo económico Gordon-Schaefer. Los resultados señalan que la renta en el año 2011 fue 22.15 USD/TM, concluyendo que los derechos de pesca equivalen al 15.3% de la renta económica del recurso.

En este contexto, algunos estudios (Galarza & Collado, 2013; Ruiz, 2020) proponen una metodología distinta de los derechos de pesca. Galarza & Collado (2013) sugieren el método de cobro flexible en donde el 40% de los derechos de pesca se compongan del costo de la capacidad de bodega de la embarcación y el 60% restante por los ingresos de la captura de anchoveta. Por otra parte, Ruiz (2020) propone una metodología basada en el modelo bioeconómico de optimización dinámica de Clark y Munro para el periodo 2004-2008¹⁰.

En resumen, hasta la fecha existen estudios que han cuestionado la metodología de los derechos de pesca, debido a que no refleja el precio de extracción de anchoveta y porque no captura la variabilidad de los precios y ni las condiciones de captura, estos mismos estudios

⁸ Es decir, la multiplicación entre la tasa flat de 0.25% y el valor FOB por TM de harina anchoveta en el año 2011.

⁹ Ídem.

¹⁰ La propuesta inicial era estimar las rentas económicas en el periodo 2004-2017, sin embargo, no pudo estimar estas rentas durante el periodo 2009-2017 por asimetría en la información.

han estimado la renta del recurso para compararla con lo recaudado por los derechos de pesca. Asimismo, han propuesto metodologías distintas, un método flexible compuesto por los ingresos y costos y otro calculado a partir del modelo bioeconómico dinámico. A diferencia de estos estudios, este análisis propone que se imponga una tasa diferenciada por armador pesquero, dado que cada armador pesquero estaría obteniendo una renta diferenciada según su cuota de captura.

2.1.2. Antecedentes sobre estudios que han evaluado las economías de escala en la actividad pesquera

La literatura documenta una amplia gama de estudios que han evaluado economías de escala en la actividad pesquera, principalmente en países principalmente con grandes pesquerías como Noruega (Salvanes, 1989; Bjørndal & Gordon, 2000; Nøstbakken, 2006; Asche et al., 2009), País Vasco (Lazkano, 2008), Indonesia (Adnan et al., 2021), Chile (Basch et al., 1999), en Corea (Cho & Nam, 2020), Estados Unidos (Nedelea, 2007) y Perú (Chaparro, 2020; Landa, 2014).

La mayor parte de estos estudios han aplicado este análisis a la pesquería de especies pelágicas (Nøstbakken, 2006; Bjørndal & Gordon, 2000; Salvanes, 1989; Lazkano, 2008; Basch et al., 1999; Cho & Nam, 2020; Asche et al., 2009), mientras que algunos estudios lo han realizado para todo el sector pesquero en general (Chaparro, 2020; Adnan et al., 2021; Nedelea, 2007), o para la industria de transformación de la anchoveta a harina de pescado (Landa, 2014).

Algunos de estos estudios han realizado esta evaluación cuando en el país de estudio ya se había implementado el sistema de cuotas individuales (Salvanes, 1989; Basch et al., 1999; Bjørndal & Gordon, 2000; Nøstbakken, 2006; Nedelea, 2007; Lazkano, 2008; Asche et al., 2009; Landa, 2014; Chaparro, 2020; Adnan et al., 2021), mientras que en otros cuando sólo presentan un sistema de cuotas globales de captura (Cho & Nam, 2020).

Muchas investigaciones evalúan las economías de escala a través de funciones de costo total de extracción (Salvanes, 1989; Basch et al., 1999; Nøstbakken, 2006; Nedelea, 2007; Asche et al., 2009; Landa, 2014; Cho & Nam, 2020), mientras que otros estudios deducen las

economías de escala mediante la identificación de los rendimientos crecientes a escala¹¹ a través de la función de producción (Adnan et al., 2021).

Para estimar la función de costos se han empleado formas funcionales Cobb-Douglas (Basch et al., 1999), tipo Translog (Salvanes, 1989; Nøstbakken, 2006; Nedelea, 2007; Lazkano, 2008; Asche et al., 2009; Landa, 2014; Cho & Nam, 2020) y funciones lineales (Chaparro, 2020). Para la construcción de la función de costos con estas formas funcionales han utilizado data de corte transversal (Nedelea, 2007), data panel para un periodo corto de tiempo (Salvanes, 1989; Basch et al., 1999; Bjørndal & Gordon, 2000; Nøstbakken, 2006; Lazkano, 2008; Asche et al., 2009; Cho & Nam, 2020) o series de tiempo (Landa, 2014; Chaparro, 2020).

La mayor parte de estos estudios tuvieron la finalidad de evaluar si el sector económico está operando en economías de escala (Salvanes, 1989; Basch et al., 1999; Nedelea, 2007; Landa, 2014; Chaparro, 2020; Cho & Nam, 2020), otros para evaluar si tienen la capacidad de generarlas (Adnan et al., 2021). Otros para evaluar el efecto del sistema de cuotas individuales (Nøstbakken, 2006; Asche et al., 2009) sobre la renta económica (Asche et al., 2009), y otros estudios tenían el objetivo de identificar el punto en el cual se logra la eficiencia de la producción en el largo plazo (Landa, 2014; Lazkano, 2008) y evaluar la estructura de la producción del sector (Lazkano, 2008).

La mayor parte de estos estudios identificaron la presencia de las economías de escala en el sector pesquero en estudio (Salvanes, 1989; Basch et al., 1999; Bjørndal & Gordon, 2000; Nøstbakken, 2006; Nedelea, 2007; Lazkano, 2008; Chaparro, 2020; Cho & Nam, 2020; Asche et al., 2009). En muy pocos no se identificaron la presencia de las economías de escala, lo cual se debió principalmente a las reducidas cuotas individuales impuestas (Bjørndal & Gordon, 2000; Cho & Nam, 2020; Adnan et al., 2021).

En resumen, la mayor parte de estudios evalúan las economías de escala mediante la estimación de una función de costo total de extracción tipo Translog y la mayor parte ellos

¹¹ Los rendimientos marginales crecientes ocurren cuando la producción aumenta por el incremento de los factores de la producción, pero a una tasa creciente (Besanko & Braeutigam, 2020). A través de estos rendimientos se puede identificar la capacidad que las empresas poseen para generar economías de escala (Nguyen & Reznec, 1991).

han identificado esta presencia en el sector pesquero de estudio. En el Perú para evaluar las economías de escala hasta la fecha no se ha construido una función de costo total de extracción tipo Translog. Asimismo, la mayor parte de estos estudios utilizan data panel o de corte transversal.

2.2. Reseña histórica de la industria pesquera peruana de extracción anchoveta

La evolución histórica de la pesquería de anchoveta se ha dividido en varias etapas, las cuales se pueden identificar por el comportamiento histórico de los volúmenes de desembarque de anchoveta (Figura 1). Tuvo una etapa inicial de crecimiento (1956-1970), una etapa de crisis y estancamiento (1971-1985) y a partir del año 1986 comenzó la etapa de capitalización del sector y reconversión industrial (Galarza & Malarín, 1994; Santibañez & Santibañez, 2003; Landa, 2014; Bouchon, 2018; Espinoza & Saavedra, 2021).

El auge de la anchoveta en el año 1954 ocurrió gracias a la elevada demanda internacional de harina de anchoveta para fines de ganadería, la abundante disponibilidad del recurso, y la capitalización del sector (Landa, 2014; Bouchon, 2018; Espinoza & Saavedra, 2021). No obstante, la inexistente regulación en el sector pesquero permitió la captura desmedida del recurso hasta el año 1970, lo cual generó el colapso del sector pesquero a partir del año 1972 (Figura 1).

En este contexto, la sobreexplotación del recurso junto al Fenómeno del Niño¹² del año 1973 generó una marcada reducción de la disponibilidad de anchoveta. Frente a ello, se tomó como medida estatizar la industria harinera de pescado, dejando la actividad de la extracción a manos de la industria privada. Sin embargo, esta medida condujo a la descapitalización de la industria de extracción. Todos estos factores condujeron al colapso y estancamiento del sector pesquero. Esta situación perduró en toda la década de los 70s hasta casi mediados de la década de los 80s (Figura 1).

¹² El fenómeno del Niño provoca un aumento de la temperatura en la superficie del mar en el Pacífico sudoriental, lo que inhibe el afloramiento de agua fría y nutritiva, afectando el hábitat del macrozooplancton, principal fuente de alimento de la anchoveta. Como consecuencia directa, se observa una disminución en la población de anchoveta (Tveteras et al., 2011).

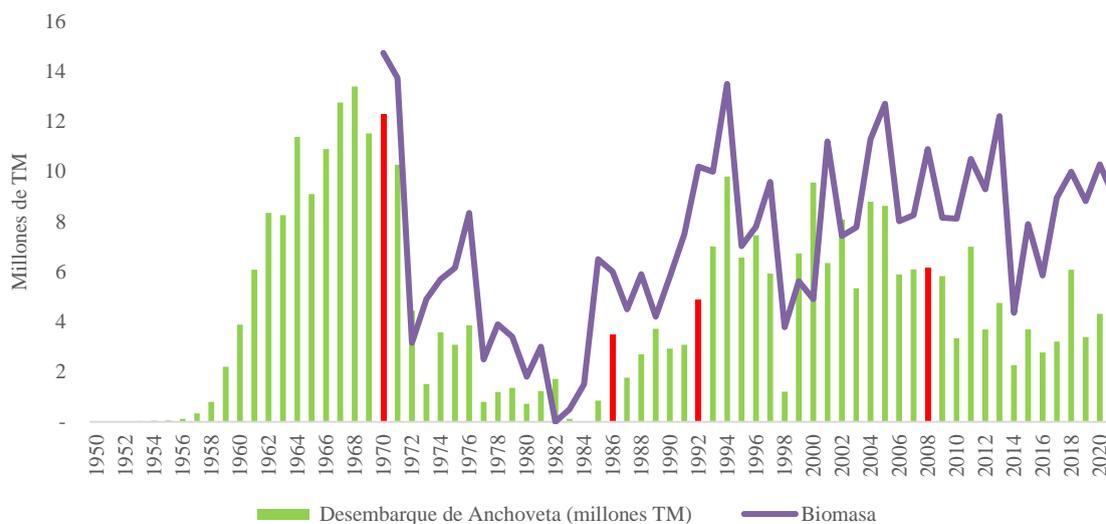


Figura 1: Biomasa y desembarques de anchoveta durante los períodos 1970-2021 y 1950-2021 respectivamente (en millones de TM)

Nota: No se tiene información de la biomasa de anchoveta antes de 1970.

A inicios de los 80s el colapso del sector se vio acentuado por el Fenómeno del Niño del año 1982 y 1983. Debido a esto se optó por reemplazar la anchoveta por sardina para la producción de harina de pescado. Incluso surgió un mercado para la industria conservera de sardina. No obstante, estos cambios no permitieron la recuperación del sector pesquero hasta el año 1985 (Galarza & Malarín, 1994).

En el año 1986, la biomasa de anchoveta comenzó a recuperarse (Figura 1). Paralelamente surgieron nuevos mercados internacionales para la exportación de harina de pescado. Asimismo, la industria harinera de pescado ya se había privatizado completamente, lo que contribuyó al proceso de capitalización en el sector de extracción, lo que a su vez permitió la industrialización de la flota pesquera (Santibáñez & Santibáñez, 2003). Estos hechos generaron el incremento de los desembarques de anchoveta (Figura 1).

Sin embargo, a partir del año 1992, los desembarques de anchoveta tuvieron un incremento sustancial. Esto se asocia a la implementación de las cuotas globales de captura (Ley de Pesca General del año 1992), lo cual condujo a que las empresas pesqueras se concentren en capturar lo máximo en el menor tiempo posible a fin de acaparar con toda la cuota (Paredes & Gutiérrez, 2008; Paredes, 2010; Paredes, 2012). Esta conducta fue interrumpida por el Fenómeno del Niño en el año 1997 (Tveteras et al., 2011), pero prevaleció hasta el año 2008 (Figura 1).

Con la introducción de la ley LMCE 2008 (Decreto Legislativo N° 1084) en el año 2009, nuevamente se registra una caída significativa en los desembarques, pero también una diferencia marcada entre desembarques y la biomasa del recurso (Figura 1).

En resumen, antes del año 1986, la pesquería de extracción de anchoveta no presentaba una estructura productiva consistente, debido a la ausencia de regulación estatal y la estatización de la industria harinera de anchoveta. Después de este periodo la industria comenzó un proceso de capitalización e industrialización de la flota pesquera y con la ley General de Pesca del año 1992, hubo una reestructuración por la mayor regulación en la industria extractiva de anchoveta y de transformación. En tal sentido para estimar una función de costo total, se debería emplear información desde el periodo en el que hubo un incremento de capitales en el sector y un proceso de industrialización (1986).

2.3. Estructura de la industria pesquera peruana de extracción de anchoveta

En este apartado se realiza un análisis de la industria pesquera peruana de extracción de anchoveta, después del año 1986. Cabe resaltar que este análisis, solo se enfoca en la industria que está sujeto a un cobro de derechos de pesca desde el año 2001 y que se rige por la ley LMCE 2008, la cual normativamente, es aquella que exclusivamente se dedica a la extracción para el CHI y la que cuenta con la flota pesquera industrial. Sin embargo, desde el 1986 hasta el 2001, no existía una regulación que señalara el tipo de embarcaciones que pueden extraer la anchoveta para el CHI. En este sentido, a partir del año 1986 se pueden identificar dos tipos de estructuras en la industria pesquera peruana de extracción de anchoveta: periodo 1986-2001 y 2001-hasta la fecha actual.

Antes del año 2009, no se tiene información sobre las empresas que conforman la industria pesquera peruana de extracción de anchoveta dedicadas al CHI. Solo en el año 1998 se identificó que las empresas extractivas más grandes poseían más de 10 embarcaciones (Anexo 4), concentrando el 3% de la flota en toda la industria y el 19% de la capacidad de bodega (Figura 2).

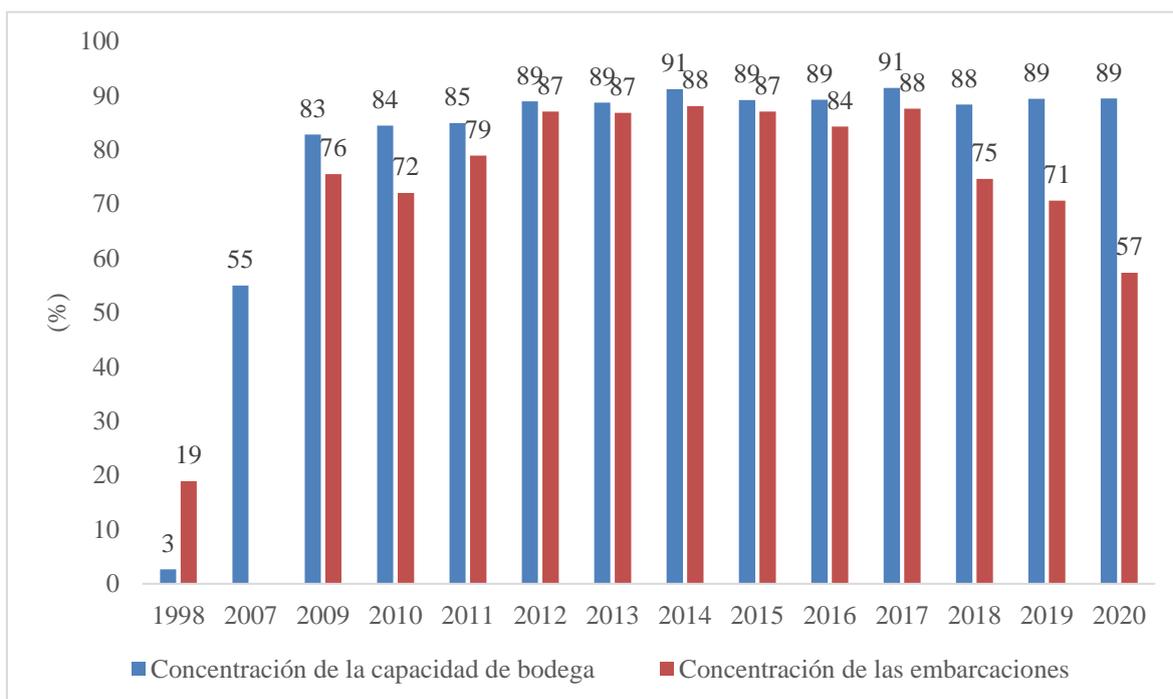


Figura 2: Concentración de la capacidad de bodega y de las embarcaciones de las 7 principales empresas pesqueras durante los años 1998, 2007 y 2009 - 2020

Nota: Información completa sobre la capacidad de bodega por empresas en el Anexo 3 y sobre número de embarcaciones por empresas en el Anexo 4.

En la figura 2, se muestra que en comparación al año 1998, en el año 2007, la industria pesquera ya estaba dominada por 7 grandes empresas que poseían plantas harineras como su propia flota pesquera (Tecnológica de Alimentos S.A., Corporación Pesquera Inca S.A.C, Pesquera Diamante S.A., Austral Group S.A.A., Pesquera Hayduk S.A., C.F.G. Investment S.A.C. y Pesquera Exalmar S.A.). En este año concentraban entre el 50 - 55% de la capacidad de bodega de todo el sector (Landa, 2014; Bouchon, 2018). Sin embargo, en este año, no se tiene información sobre el número de embarcaciones que posee cada empresa.

Después de la ley LMCE 2008, en el año 2009 estas 7 principales empresas concentraban el 76% de las embarcaciones industriales, que conjuntamente poseían el 87% de la capacidad de bodega de todo el sector. En el periodo 2009-2020, el porcentaje en el número de embarcaciones industriales se ha reducido hasta alcanzar el 57% de la concentración de la flota pesquera. Sin embargo, la capacidad de bodega ha aumentado gradualmente bordeando el 91% de la capacidad de bodega.

A partir del año 2009¹³ se registra el número de embarcaciones industriales de acero y de madera y su capacidad de bodega (Figura 3). La capacidad de bodega de las embarcaciones de acero oscila desde 32m³ hasta 450 m³, mientras que las de madera fluctúa entre 32 a 200m³. En el periodo 2009-2020, como se puede visualizar en la Figura 3, las embarcaciones de acero con capacidad de bodega inferior a 270 m³ se ha reducido, mientras que las que poseen mayor capacidad a 270 m³ se ha incrementado gradualmente. No se registran variaciones significativas para el caso de las embarcaciones de madera de 32-200m³.

En resumen, en el año 1998 se puede identificar una escasa concentración de las empresas sobre las embarcaciones y la capacidad de bodega. En el año 2007 ya se puede identificar una marcada concentración de las empresas sobre las embarcaciones y su capacidad de bodega. Después de la implementación de la ley LMCE 2008, se ha observado que la mayor parte de la captura de anchoveta es efectuada por pocas empresas, incluso con una cantidad de embarcaciones cada vez menor. Esto se explica porque estas embarcaciones están reemplazando sus embarcaciones de menor tamaño por otras de mayor tamaño¹⁴. En esto se puede evidenciar las economías de escala al ahorrar en costos fijos por embarcación.

¹³ Desde el año 2009, se comenzó a registrar los tipos de embarcaciones y su capacidad de bodega.

¹⁴ Este cambio podría estar relacionado con la posibilidad otorgada por la ley LMCE 2008 de transferir cuotas individuales dentro de la flota de acero, lo que ha permitido la retirada de embarcaciones redundantes, principalmente de menor tamaño. Se presume que este ajuste ha contribuido a mejorar la eficiencia de gestión de la flota de acero (Paredes, 2012). En el caso de las embarcaciones de madera no se aplican las cuotas individuales transferibles (Paredes, 2012), por ello no se ha podido eliminar esta flota.

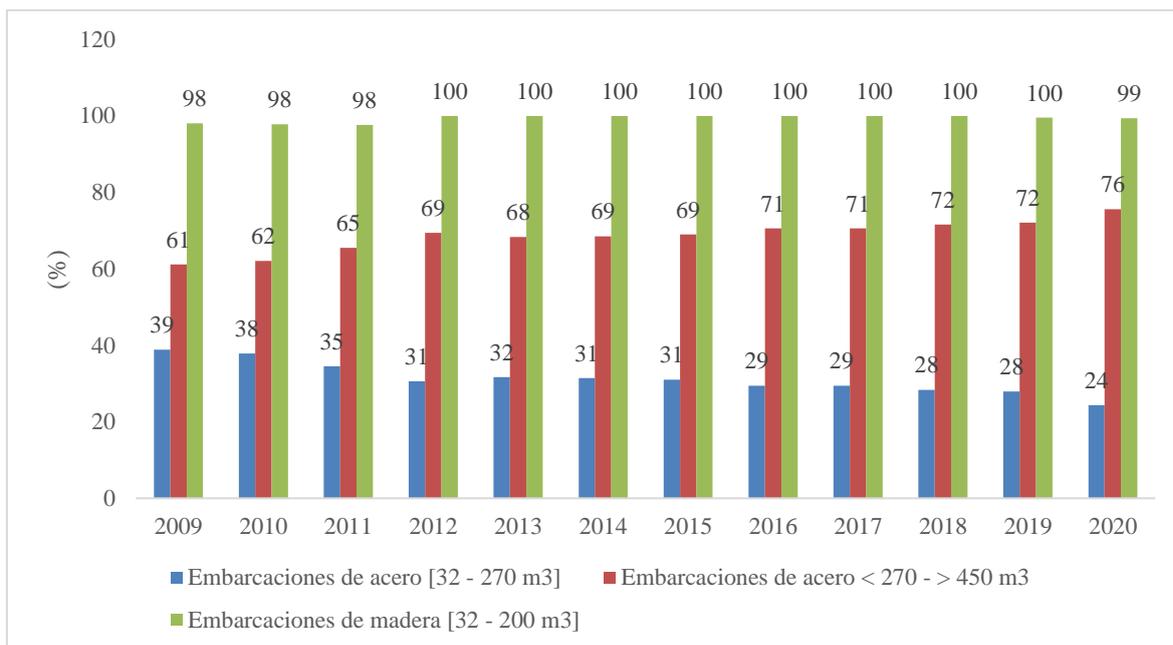


Figura 3: Porcentaje de embarcaciones industriales de acero y de madera divididos por capacidad de bodega [32 - 270 m3] y < 270 - 450 m3 > y las de madera que van desde [32 - 200 m3] durante el periodo 2009-2020

2.4. Marco teórico

En esta subsección se definen los conceptos teóricos generales y particulares que permitirán comprender la discusión de la investigación.

2.2.1. Concepto de economías de escala

Las economías de escala son características que experimentan las unidades de producción (plantas, empresas o industrias) cuando tienen la capacidad de aumentar su producción a un menor costo por unidad de producción. Estas características conducen al aumento en la eficiencia productiva y la rentabilidad de la empresa (Cabral, 2000).

Estas características pueden ocurrir por los motivos expuestos a continuación, los cuales conducen a la reducción de los costos operativos por unidad de producto (Silberston, 1972).

- La estructura de la producción de la unidad productiva permite la especialización de los factores de la producción o de la tecnología, los cuales producen mayor cantidad de producto por unidad de tiempo.
- La presencia de costos fijos constantes, ya que al incrementar la escala de la producción se pueden incrementar los costos variables, pero a una proporción menor.
- La existencia de vinculación vertical entre etapas sucesivas de producción puede conllevar a ahorrar costos si estas etapas presentan los mismos procesos productivos.

2.2.1.1. Determinación de las economías de escala

Las economías de escala (E_c) se pueden identificar a través del cambio porcentual del costo total $\Delta\%CT$ ante el aumento porcentual de una unidad en el nivel de producción $\Delta\%q$, asumiendo que los precios de los factores de la producción son constantes en cada nivel de q (expresión 1).

$$E_c = \frac{\Delta\%CT}{\Delta\%q} \quad (1)$$

Cuando el $\Delta\%CT$ es menor frente al $\Delta\%q$, es decir cuando $E_c < 1$, hay presencia de economías de escala en la estructura de costos de la unidad de producción. Cuando el $\Delta\%CT$ es mayor que el $\Delta\%q$, es decir cuando $E_c > 1$, hay presencia de deseconomías de escala. Cuando el $\Delta\%CT$ es igual que el $\Delta\%q$, es decir cuando $E_c = 1$, no se presenta ni economías ni deseconomías de escala (Besanko & Braeutigam, 2020).

La $\Delta\%CT$ equivale al costo adicional ΔCT entre CT y $\Delta\%q$ equivale al costo adicional (Δq) entre q . Reordenando estos términos se tiene la relación entre $\Delta CT/\Delta q$ que es igual al costo marginal (CMg), y la relación entre CT/q que es igual al costo medio (CMe) (Expresión 2). El CMg mide el impacto incremental de la última unidad de q sobre el CT , mientras que el CMe mide el costo por unidad de q . En tal sentido, otra forma de estimar la E_c es mediante la relación entre CMg y el CMe (Besanko & Braeutigam, 2020).

$$E_c = \frac{\frac{\Delta CT}{CT}}{\frac{\Delta q}{q}} = \frac{\frac{\Delta CT}{\Delta q}}{\frac{CT}{q}} = \frac{CMg}{CMe} \quad (2)$$

En la Figura 4 se puede visualizar el comportamiento de las curvas de CMe y CMg, cuando aumenta q (Besanko & Braeutigam, 2020):

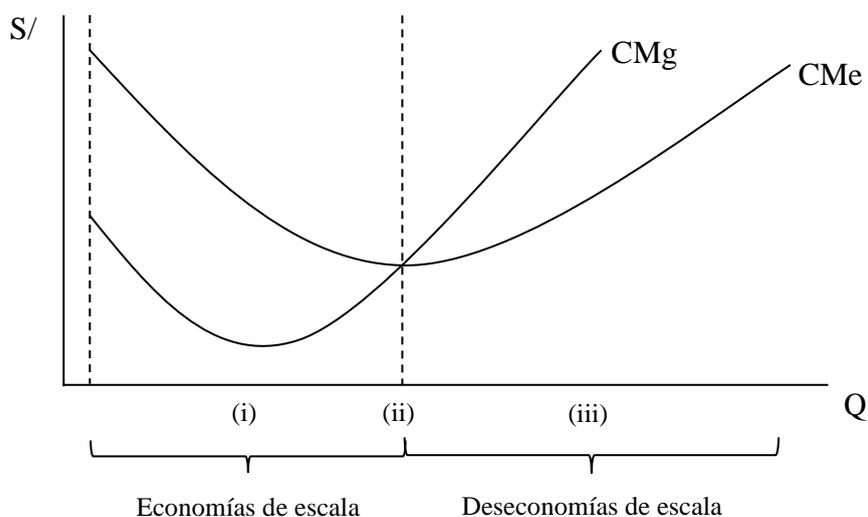


Figura 4: Economías de escala y deseconomías de escala

Fuente: Besanko & Braeutigam (2020).

(i) Un tramo en el cual CMe y CMg se reducen, pero el CMe es mayor que CMg. De acuerdo con la expresión (2), la relación en este tramo sería inferior a 1, presentándose economías de escala.

(ii) Un punto de encuentro entre ambas curvas, en donde el CMe es igual al CMg, donde $E_c = 1$, y por lo tanto no hay presencia de economías ni de economías de escala. Asimismo, a este punto se le denomina punto de escala mínima eficiente, en donde se obtiene un nivel de q en el que el CMe de largo plazo alcanza su punto mínimo.

(iii) Un tramo en el que CMe y CMg aumentan, pero el aumento en CMe es menor que CMg, y por lo tanto el $E_c > 1$ y por consiguiente hay presencia de deseconomías de escala.

Esta clasificación se resume en la Tabla 3.

Tabla 3: Relación entre las economías de escala, el costo medio y el costo marginal

Tipos de economías de escala	Ec	$\Delta\%CT$ vs $\Delta\%q$	CMe vs CMg
Economías de escala	$Ec = [0-1]$	$\Delta\%CT < \Delta\%q$	$CMe > CMg$
Ni economías, ni deseconomías de escala	$Ec = 1$	$\Delta\%CT = \Delta\%q$	$CMe = CMg$
Deseconomías de escala	$Ec > 1$	$\Delta\%CT > \Delta\%q$	$CMe < CMg$

Fuente: Besanko & Braeutigam (2020).

2.2.2. Función de costo total

Para evaluar la Ec , se debe estimar la función CT , el cual mide el costo mínimo de obtener un determinado nivel de q , dados los m precios de los factores de la producción (p_i) (Expresión 3). Los factores de la producción son los recursos empleados para producir bienes y servicios, los cuales básicamente se dividen en tierra, mano de obra y capital (Besanko & Braeutigam, 2020).

$$CT = f(q; p_i); \text{ siendo } i = 1, 2, \dots, m \quad (3)$$

Esta función f (expresión 3) puede presentar cualquier forma funcional de CT (elasticidad constante de sustitución, Cobb-Douglas, Leontief generalizado, Translog, cuadrática, entre otras) que explican distintos tipos de relaciones entre las variables (CT ; q ; p_i).

Para la evaluación de la Ec usualmente se emplea una función de CT con forma funcional de tipo Translog, ya que permite identificar los niveles de q en los cuales se presentan economías o deseconomías de escala (Christensen & Greene, 1976). Asimismo, esta forma funcional ha sido empleada en diversos estudios para la evaluación de Ec tanto en el sector pesquero (Salvanes, 1989; Basch et al., 1999; Nøstbakken, 2006; Nedelea, 2007; Lazkano, 2008; Asche et al., 2009; Landa, 2014; Cho & Nam, 2020) como en otras industrias (Christensen & Greene, 1976; Viton, 1981; Ray, 1982; Moss et al., 2003; Alivelu, 2007; Salgado & Bernal, 2010).

2.2.3. Función de costo total Translog

Una forma funcional Translog se establece como una función desconocida que se aproxima mediante las series de Taylor de segundo orden¹⁵, y se expresa en logaritmos naturales (ln). A continuación, se presenta la especificación más generalizada de la función de CT tipo Translog (expresión 4):

$$\begin{aligned} \ln CT &= \beta_0 + \beta_q \ln q + \frac{1}{2} \beta_{qq} \ln q^2 + \sum_{i=1}^m \beta_i \ln p_i + \sum_{i=1}^m \beta_{qi} \ln q \ln p_i \\ &+ \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \beta_{ij} \ln p_i \ln p_j; \text{ siendo } i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n; m \\ &= n \text{ y } \beta_{ij} = \beta_{ji} \end{aligned} \quad (4)$$

Donde β_0 es el término constante, β_q y β_{qq} son los parámetros que explican la relación lineal y cuadrática entre $\ln CT$ y $\ln q$, respectivamente. Los β_i son los parámetros que explican la relación lineal entre $\ln CT$ y los $\ln p_i$ donde $i = 1, 2, \dots, m$. Los β_{qi} determinan el efecto que ocurre en $\ln CT$ por la interacción de $\ln q$ y $\ln p_i$, donde $i = 1, 2, \dots, m$. Los β_{ij} explican los efectos que ocurren en $\ln CT$ por la interacción entre $\ln p_i$ y $\ln p_j$, cuando $i = j$ y cuando $i \neq j$, donde $i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$, y la cantidad de factores m es igual a n . Por el teorema de Young, los efectos cruzados en una función Translog son simétricos, es decir, ya sea que la multiplicación sea entre $\ln p_i$ y $\ln p_j$ o al revés, entre $\ln p_j$ y $\ln p_i$ los parámetros β_{ij} y β_{ji} son los mismos.

Como se puede apreciar en una función de CT de forma funcional Translog, se pueden evaluar distintas relaciones que ocurren entre CT y sus variables independientes (q y p_i). Por un lado, se evalúan las relaciones lineales entre CT y las variables explicativas (β_q, β_i),

¹⁵ La expansión de cualquier función desconocida ($g(x)$) en series de Taylor, consiste en expandirse alrededor de un punto x_0 . Esta expansión significa transformar esa función en una forma polinómica en la que los coeficientes de las distintas variables son expresados en términos de las funciones de sus derivadas en el punto de expansión x_0 : $g'(x_0)$; $g''(x_0)$, etc (Chiang, 1984).

pero a diferencia de otras formas funcionales, en esta forma funcional se incluye una relación no lineal (β_{qq}) y se incluyen los efectos que se generan por diferentes interrelaciones entre las variables explicativas (β_{qi} y β_{ij}). Estos últimos efectos tienen interpretaciones particulares, las cuales se explican a continuación:

- La interpretación de los β_{qi} se puede entender de la siguiente manera: de acuerdo con la teoría económica, si, por ejemplo, p_i aumenta, la demanda por el factor de la producción i (x_i) se reduce, esta reducción hace que la producción sea menor, en otras palabras, la relación entre p_i y q es negativa, pero el efecto que causa sobre CT esta interacción puede ser positivo ($\beta_{qi} > 0$) o negativo ($\beta_{qi} < 0$). Si este efecto es positivo, la reducción de q genera la reducción de CT; lo cual significa que la reducción del q es tan grande que pese a que los p_i aumenten genera una reducción en CT. Si es negativo, la reducción de q provoca un aumento de CT, lo cual señala que el gasto es mayor por el aumento de los precios.
- Cuando $i = j$ los β_{ij} se denominan efectos propios porque ocurren en los mismos $\ln p_i$; cuando $i \neq j$ los β_{ij} se denominan efectos cruzados porque ocurren entre $\ln p_i$ y $\ln p_j$ (Ray, 1982; Geer, 2010). Estos efectos propios y cruzados explican la relación de sustitución entre los mismos factores y entre distintos factores en la función de CT, respectivamente. Esta relación se puede identificar a través de las elasticidades sustitución entre los x_i . Con respecto a los efectos propios, dado que son el mismo factor si p_i aumenta, x_i se debe reducir. Esta reducción en x_i puede causar el aumento ($\beta_{ij} < 0$) o la reducción ($\beta_{ij} > 0$) de CT. En cuanto a los efectos cruzados, si cuando p_i aumenta, x_j se reduce (complementarios)/aumenta (sustitutos); esta variación puede causar el aumento ($\beta_{ij} < 0$ / $\beta_{ij} > 0$) o la reducción ($\beta_{ij} > 0$ / $\beta_{ij} < 0$) de CT.

Por otra parte, se debe considerar que dado que toda función de CT se define como una función dual de una función de q mediante el Lema de Shepard (Besanko & Braeutigam, 2020), las propiedades que se cumplen en la estructura de q se deben cumplir en la función CT. Las propiedades que se pueden evaluar en la estructura de q con una especificación en CT Translog son las propiedades de homoteticidad, homogeneidad y la presencia de elasticidades sustitución unitarias, las cuales están relacionadas con la relación no lineal

(β_{qq}) y los efectos que se generan por diferentes interrelaciones entre las variables explicativas (β_{qi} y β_{ij}). Mediante la evaluación de estas propiedades se puede identificar la estructura subyacente de q , lo que, a su vez, ayuda a identificar la estructura de la función de CT (Ver la sección 2.2.3.1 para la explicación de estas propiedades).

Además, para validar la especificación de la función de CT Translog, se debe evaluar que esta función cumpla con ciertas condiciones que la definen como una función de CT bien comportada. En las siguientes subsecciones se explica en qué consiste cada una de las propiedades de la estructura de q y también las condiciones que CT debe cumplir.

2.2.3.1. Propiedades en la estructura de la producción

(i) Homoteticidad

La función de q muestra las distintas cantidades de q que se puede obtener combinando distintas cantidades de los factores de la producción (x_j), dado cierto nivel de conocimientos o tecnología (Vargas, 2014).

$$q = g(x_i, x_j); \text{ siendo } i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n; m = n \quad (5)$$

La función de q está conformada por las isocuantas, las cuales son curvas que muestran todas las combinaciones posibles de x_i que pueden producir una misma cantidad de producto (\bar{q}) (6).

$$\bar{q} = g(x_i, x_j); \text{ siendo } i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n; m = n \quad (6)$$

La pendiente de una isocuanta se denomina tasa marginal de sustitución técnica (TMST) y determina a través de una relación h (expresión 7) la cantidad de un insumo x_i que se puede sustituir por una unidad adicional de x_j para obtener un \bar{q} . Esta relación es igual al ratio de los precios de los mismos factores $\left(\frac{p_j}{p_i}\right)$.

$$\text{TMS} = h(x_i, x_j) \quad (7)$$

Teóricamente, la homoteticidad en la función de q indica que las isocuantas presentan TMST homogéneas de grado 0. Si en la función h cada uno de x_i, x_j es multiplicado por una constante t , esta función h debería verse incrementada por un factor t^k (expresión 8), donde k es el grado de la homogeneidad. Dado que en este caso la homogeneidad es igual a 0, esto implica que cuando se escala en los x_i la función h no se ve alterada (expresión 9). En otras palabras, esto significa que ante cualquier incremento en los x_i para alcanzar otro nivel de q la combinación entre los x_i permanecerá inalterada (Reyes, 2006).

$$h(t \times x_i, t \times x_j) = t^k \times h(x_i, x_j); \text{ para todo } t > 0 \quad (8)$$

$$h(t \times x_i, t \times x_j) = t^0 \times h(x_i, x_j) = h(x_i, x_j) \quad (9)$$

En la función de CT, la homoteticidad en q se evalúa a través del efecto β_{qi} . Variaciones en los p_i generan cambios en las cantidades de los x_i sin embargo no altera el nivel de q , dada la TMST constante en y entre las isocuantas (Reyes, 2006). Esto genera un efecto nulo sobre CT ($\beta_{qi} = 0$).

Reemplazado $\beta_{qi} = 0$ en la expresión (4), se tiene la especificación de una función de CT Translog homotética en q (10):

$$\ln CT = \beta_0 + \beta_q \ln q + \frac{1}{2} \beta_{qq} \ln q^2 + \sum_{i=1}^m \beta_i \ln p_i + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \beta_{ij} \ln p_i \ln p_j \quad (10)$$

(ii) Homogeneidad

La homogeneidad en la estructura de la q implica que la función g (expresión 5) sea homogénea de grado k . Es decir, si se multiplican los x_i por un escalar t , la función de q queda multiplicada por t^k (expresión 11). k puede tomar cualquier valor real.

$$q = g(t \times x_1, t \times x_2, \dots, t \times x_n) = t^k \times g(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (11)$$

Este resultado implica que la relación que existe en la estructura de la q con relación a x_i es lineal, esto quiere decir que no es afectada por algún componente no lineal, por lo tanto $\beta_{qq} = 0$. Asimismo, la homogeneidad en q implica que la función es necesariamente homotética ($\beta_{qi} = 0$) (Martinez-Giralt, 2008). En consecuencia, la expresión (4) especificada como una función de CT Translog homogénea en q , se representa como (12):

$$\ln CT = \beta_0 + \beta_q \ln q + \sum_{i=1}^m \beta_i \ln p_i + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \beta_{ij} \ln p_i \ln p_j \quad (12)$$

(iii) Elasticidades sustitución unitarias

La elasticidad de sustitución entre los x_i mide la magnitud de la variación relativa en la utilización de los diferentes grupos de los factores en el proceso productivo de una empresa. Este indicador muestra el cambio porcentual de la razón de los factores, ante un cambio porcentual en la relación de los precios de estos (Hurtado, 1995).

En la función de CT Translog, para calcular las elasticidades sustitución entre los x_i se utilizan las elasticidades sustitución de Hicks - Allen (σ_{ij}) que son medidas de sustitución simétricas entre los x_i y x_j (López & Alviar, 2001). La especificación de las σ_{ij} son las siguientes:

$$\sigma_{ij} = \frac{\beta_{ij} + (S_i \times S_j)}{S_i \times S_j} = \sigma_{ji}, \text{ para } i \neq j \quad (13)$$

$$\sigma_{ij} = \frac{\beta_{ij} + S_i \times (S_i - 1)}{S_i^2}, \text{ para } i = j \quad (14)$$

Donde β_{ij} son los efectos cruzados ($i \neq j$) o efectos propios ($i = j$), S_i y S_j son las participaciones del gasto de cada factor i, j en el CT.

Los S_i y S_j se obtienen a partir del CT cuando se expresa como la suma de gastos de x_i y x_j .

En otras palabras, como la suma producto entre los x_i y p_i (15):

$$CT = \sum_{i=1}^m x_i p_i \quad (15)$$

Cuando en la expresión (15) se divide ambos lados entre CT, se obtiene la sumatoria de los S_i de cada factor de la producción (18).

$$\frac{CT}{CT} = \sum_{i=1}^m \frac{x_i p_i}{CT} \quad (16)$$

$$S_i = \frac{x_i p_i}{CT} \quad (17)$$

Donde:

$$1 = \sum_{i=1}^m S_i \quad (18)$$

Cuando las σ_{ij} cuando $i \neq j$ son unitarias, el cambio porcentual de la razón de los x_i , presenta la misma magnitud que el cambio porcentual en la relación de los precios p_i , esto implica que la combinación de dichos x_i mantienen una relación directamente proporcional o de proporciones fijas al interior de la estructura productiva del sector (Hurtado, 1995).

Si las σ_{ij} cuando $i \neq j$ son unitarias, la sustitución de un factor por otro en la misma proporción no genera un efecto en el CT, por ello los β_{ij} cuando $i \neq j$ son nulos. Reemplazando $\beta_{ij} = 0$ en la expresión (12), se tiene que (19):

$$\sigma_{ij} = \frac{S_i * S_j}{S_i * S_j} = 1 = \sigma_{ji}, \text{ para } i \neq j \quad (19)$$

Asimismo, dado que $\beta_{ij} = 0$ cuando $i \neq j$, los efectos propios (β_{ij} cuando $i = j$) también deben ser nulos. Esto es porque toda función de CT bien comportada debe cumplir con la condición de la Homogeneidad lineal en p_i (Para mayor detalle ver sección más adelante: Condición 2: Homogeneidad lineal en p_i), y para cumplir con esta condición se imponen las restricciones mencionadas en las expresiones (31-33), en donde se establece que la suma de los efectos cruzados y propios debe ser nula. Para ilustrar esto, desglosando la expresión (30) se tiene que:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \beta_{ij} = \beta_{11} + \beta_{12} + \dots + \beta_{1n} = 0 \quad (20)$$

Si en la expresión (20), los efectos cruzados: $\beta_{12}, \dots, \beta_{1n} = 0$, entonces β_{11} debe ser igual a 0.

En resumen, si la estructura de la q presenta $\sigma_{ij} = 1$, cuando $i \neq j$, implica que en la expresión (4): $\beta_{ij} = \beta_{ji} = 0$, cuando $i = j$ e $i \neq j$. La especificación de una función CT Translog con elasticidades sustitución unitarias en q , se representa como (21):

$$\ln CT = \beta_0 + \beta_q \ln q + \frac{1}{2} \beta_{qq} \ln q^2 + \sum_{i=1}^m \beta_i \ln p_i + \sum_{i=1}^m \beta_{qi} \ln q \ln p_i \quad (21)$$

En la Tabla 4, se muestran las distintas especificaciones de la función *CT* Translog que se pueden obtener al imponer separadamente las propiedades de homoteticidad, homogeneidad y elasticidades sustitución unitarias y sus combinaciones (homoteticidad con elasticidades sustitución unitarias, homogeneidad con elasticidades sustitución unitarias).

2.2.3.2. Condiciones que debe cumplir una función de costo total bien comportada

Las condiciones que una función de CT dual bien comportado debe satisfacer son las siguientes (Christensen & Greene, 1976; Evans & Heckman, 1984; Ray, 1982; Salgado & Bernal, 2017):

Condición 1: Las demandas de los x_i deben tener pendiente descendente.

Condición 2: Homogeneidad lineal en p_i .

Condición 3: Monotonicidad en q .

Condición 4: Monotonicidad creciente en p_i .

Condición 5: Concavidad en p_i .

Condición 1: Las demandas de los x_i deben tener pendiente descendente

El lema de Sheppard señala que a partir de cualquier función CT que haya sido obtenida mediante el proceso de minimización, se obtienen las funciones de demandas individuales de los x_i (x_i^*) (expresión 22), las cuales presentan una pendiente descendente con respecto a los p_i (Besanko & Braeutigam, 2020).

$$\frac{\partial CT}{\partial p_i} = x_i^* = g(q, p_i) \quad (22)$$

Conforme a lo señalado en el párrafo anterior esta condición se cumple en cualquier función CT que haya sido obtenida mediante un proceso de optimización.

Condición 2: Homogeneidad lineal en p_i

La homogeneidad lineal en p_i en una función de CT, implica que si la función f (expresión 3) es una función homogénea de grado k en p_i , cuando los p_i son multiplicados por un factor t , esto debe ser equivalente a la función f multiplicada por un factor t^k , donde k es igual a 1 (24).

Tabla 4: Modelos de la función de costo total Translog según las propiedades de la estructura de la producción

Propiedad en la producción	Efecto en la función de costo total	Función de costo total Translog
No homogénea	Ninguna	$\ln CT = \beta_0 + \beta_q \ln q + \frac{1}{2} \beta_{qq} \ln^2 q + \sum_{i=1}^m \beta_i \ln p_i + \sum_{i=1}^m \beta_{qi} \ln q \ln p_i + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \beta_{ij} \ln p_i \ln p_j$ $\beta_{ij} = \beta_{ji} \text{ y } m = n \text{ (Expresión 4)}$
Homotético	$\beta_{qi} = 0$	$\ln CT = \beta_0 + \beta_q \ln q + \frac{1}{2} \beta_{qq} \ln^2 q + \sum_{i=1}^m \beta_i \ln p_i + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \beta_{ij} \ln p_i \ln p_j$ $\beta_{ij} = \beta_{ji} \text{ y } m = n \text{ (Expresión 9)}$
Homogéneo	$\beta_{qq} = 0 ; \beta_{qi} = 0$	$\ln CT = \beta_0 + \beta_q \ln q + \sum_{i=1}^m \beta_i \ln p_i + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \beta_{ij} \ln p_i \ln p_j$ $\beta_{ij} = \beta_{ji} \text{ y } m = n \text{ (Expresión 12)}$
Elasticidades sustitución unitarias	$\beta_{ij} = \beta_{ji} = 0$	$\ln CT = \beta_0 + \beta_q \ln q + \frac{1}{2} \beta_{qq} \ln^2 q + \sum_{i=1}^m \beta_i \ln p_i + \sum_{i=1}^m \beta_{qi} \ln q \ln p_i$ (Expresión 21)
Homotético con elasticidades sustitución unitarias	$\beta_{qi} = 0 ; \beta_{ij} = \beta_{ji} = 0$	$\ln CT = \beta_0 + \beta_q \ln q + \frac{1}{2} \beta_{qq} \ln^2 q + \sum_{i=1}^m \beta_i \ln p_i$
Homogéneo con elasticidades sustitución unitarias (Cobb-Douglas)	$\beta_{qq} = 0 ; \beta_{qi} = 0 ; \beta_{ij} = \beta_{ji} = 0$	$\ln CT = \beta_0 + \beta_q \ln q + \sum_{i=1}^m \beta_i \ln p_i$

$$f(\bar{q}; (t \times p_i)) = t^k \times f(\bar{q}; p_i); \forall t > 0 \quad (23)$$

$$f(\bar{q}, (t \times p_i)) = t^1 \times f(\bar{q}; p_i) = t \times f(\bar{q}, p_i) \quad (24)$$

En tal sentido, la homogeneidad lineal en p_i implica que una variación de los p_i , debe desplazar el CT en la misma proporción que la variación de los p_i , manteniendo constante el nivel de q .

Para que los modelos de la función de CT Translog (Ver Tabla 4) cumplan con este supuesto, se deben imponer restricciones a algunos de los parámetros en cada modelo. A continuación, se muestra el procedimiento para comprender sobre qué parámetros se debe imponer restricciones y el motivo.

En la función de CT Translog, las derivadas de $\ln CT$ con respecto a los $\ln p_i$ equivale a las derivadas de CT con respecto a p_i , multiplicado por el ratio entre p_i y CT (24).

$$\frac{\partial \ln CT}{\partial \ln p_i} = \left(\frac{\partial CT}{\partial p_i} \right) \left(\frac{p_i}{CT} \right) \quad (25)$$

Reemplazando la expresión (22) en la expresión (25), este reemplazo implica que la expresión (25) es igual a S_i (26):

$$\frac{\partial \ln CT}{\partial \ln p_i} = x_i \left(\frac{p_i}{CT} \right) = S_i \quad (26)$$

Derivando los S_i en la especificación Translog no homogénea (expresión 4), se obtiene el siguiente sistema de ecuaciones (27):

$$\begin{aligned} S_1 &= \frac{\partial \ln CT}{\partial \ln p_1} = \beta_1 + \beta_{q1} \ln q + \beta_{11} \ln p_1 + \frac{1}{2} \beta_{12} \ln p_2 + \dots + \frac{1}{2} \beta_{1n} \ln p_n \\ S_2 &= \frac{\partial \ln CT}{\partial \ln p_2} = \beta_2 + \beta_{q2} \ln q + \frac{1}{2} \beta_{21} \ln p_1 + \beta_{22} \ln p_2 + \dots + \frac{1}{2} \beta_{2n} \ln p_n \end{aligned} \quad (27)$$

⋮

$$S_m = \frac{\partial \ln CT}{\partial \ln p_m} = \beta_m + \beta_{qm} \ln q + \frac{1}{2} \beta_{m1} \ln p_1 + \frac{1}{2} \beta_{m2} \ln p_2 + \dots + \beta_{mn} \ln p_n$$

Donde cada S_i es explicado por el efecto del propio a través de un término constante β_i , efectos de los precios sobre q , β_{qi} , efectos propios β_{ii} y efectos cruzados β_{ij} .

Al sumar verticalmente las ecuaciones lineales, se obtiene que la sumatoria de S_i equivale a la sumatoria de los parámetros (β_i , β_{qi} , β_{ii} y β_{ij}) donde $i = 1, 2, \dots, m$ (expresión 28), y de acuerdo con la expresión (18), esta sumatoria debe ser igual a la unidad:

$$\sum_{i=1}^m S_i = \sum_{i=1}^m \beta_i + \sum_{i=1}^m \beta_{qi} \ln q + \sum_{i=1}^m \beta_{ii} \ln p_i + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \beta_{ij} \ln p_j = 1 \quad (28)$$

Siendo $\beta_{ij} = \beta_{ji}$ y $i = 1, 2, \dots, m$; $j = 1, 2, \dots, n$ donde $m = n$.

De acuerdo con la definición de homogeneidad lineal en p_i , la relación entre el $\ln CT$ y los $\ln p_j$, debe ser lineal, lo que implica que esta relación es explicada por un término constante. Por lo tanto, la expresión (28) debería ser equivalente a la sumatoria de los β_i y esta sumatoria debe ser igual a la unidad y, por consiguiente, la sumatoria de los otros parámetros (β_{qi} , β_{ii} y β_{ij}) debe ser nula. En conclusión, las restricciones que se deben imponer en los parámetros de la expresión (4) para cumplir con la condición de homogeneidad lineal en p_i son las siguientes (expresiones 29-33):

$$\sum_{i=1}^m \beta_i = 1 \quad (29)$$

$$\sum_{i=1}^m \beta_{qi} = 0 \quad (30)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \beta_{1j} = 0 \quad (31)$$

$$\sum_{i=2}^n \sum_{j=1}^n \beta_{2j} = 0 \quad (32)$$

⋮

$$\sum_{i=m}^n \sum_{j=1}^n \beta_{mj} = 0 \quad (33)$$

Condición 3: Monotonidad creciente en q

La función de CT debe ser monótona creciente en q , es decir a medida que el nivel de q aumenta, CT también aumenta. En otras palabras, la relación entre CT y q debe ser positiva. Esta condición se evalúa a través del CMg en los valores medios de las variables y para que se cumpla el $CMg > 0$ (Geer, 2010).

Para obtener CMg de una función de CT Translog se obtiene la derivada de $\ln CT$ con respecto a $\ln q$, que equivale a la derivada de CT con respecto a q , multiplicado por el ratio entre q y CT. Luego se reordenan los términos y se obtiene (34):

$$CMg = \frac{\partial \ln CT}{\partial \ln q} \times \frac{CT}{q} \quad (34)$$

Condición 4: Monotonidad creciente en p_i

La condición de monotonidad creciente establece que un aumento en cada precio p_i no puede resultar en una disminución en el CT (Evans & Heckman, 1984). Esto sugiere que la participación de gasto de los factores en el CT (S_i) siempre debe ser positiva. Para comprobar esta condición, las ecuaciones de los S_i establecidos en la expresión (27) siempre deben ser mayores a 0.

Condición 5: Concavidad en p_i

La teoría de minimización de costos exige que la matriz Hessiana de las segundas derivadas de la función de CT con respecto a los p_i (H_C), sea semidefinida negativa, de modo que CT sea cóncava respecto a los p_i (Evans & Heckman, 1984). Esto indicaría que el incremento en CT es decreciente con respecto a cada p_i , dado que cuanto más se incrementa p_i , menor cantidad de este factor x_i se demandará, por lo tanto, el gasto en este factor debe ser cada vez menor (Ray, 1982; Moss et al., 2003; Greer, 2010).

Las segundas derivadas de la función de CT con respecto a los p_i ($\frac{\partial^2 CT}{\partial p_i \partial p_j}$ siendo $i = j$ o $i \neq j$), equivalen a las σ_{ij} (ver expresiones 13 y 14). Por lo tanto, la H_C se representa como (35):

$$H_C = \begin{bmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} & \dots & \sigma_{1n} \\ \sigma_{21} & \sigma_{22} & \dots & \sigma_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{m1} & \sigma_{m2} & \dots & \sigma_{mn} \end{bmatrix} \quad (35)$$

Donde $\sigma_{ij} = \sigma_{ji}$ siendo $i \neq j$ y $i = 1, 2, \dots, m$; $j = 1, 2, \dots, n$ donde $m = n$

Para que la matriz H_C sea semidefinida negativa, los determinantes de las menores principales de H_C deben intercalar en signo comenzando por signo negativo (Dowling, 2001).

2.2.3.3. Economías de escala en la función de costo total tipo Translog

En la expresión (1) la relación $\Delta\%CT/\Delta\%q$ equivale a la derivada de $\ln CT$ con respecto a $\ln q$. En tal sentido, evaluando las Ec en la expresión (4), esta equivale a la expresión (36):

$$Ec = \frac{\partial \ln CT}{\partial \ln q} = \beta_q + \beta_{qq} \ln q + \sum_{i=1}^m \beta_{qi} \ln p_i \quad (36)$$

Como se señaló en la sección 2.2.1, si las $E_c < 1$, habría presencia de economías de escala, si $E_c = 1$, no habría ni economías ni deseconomías de escala, finalmente si $E_c > 1$, habría presencia de deseconomías de escala.

Si el modelo es homotético la expresión (36), se reduce a (37):

$$E_c = \frac{\partial \ln CT}{\partial \ln q} = \beta_q + \beta_{qq} \ln q \quad (37)$$

Si el modelo es homogéneo la expresión (36), se reduce a (38):

$$E_c = \frac{\partial \ln CT}{\partial \ln q} = \beta_q \quad (38)$$

Cabe resaltar que, a diferencia de los modelos no homogéneo y homotético, el modelo homogéneo, implica que las E_c son las mismas a cualquier nivel q . En consecuencia, este modelo no sería útil para evaluar las E_c .

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis general

Bajo un esquema de eficiencia económica, la tasa asignada en la metodología de derechos de pesca para la extracción anchoveta, debe ser una tasa diferenciada para cada armador pesquero.

3.1.2. Hipótesis específicas

- La función de costo total de extracción de la industria pesquera peruana de anchoveta desde los inicios de la industrialización del sector hasta la fecha actual (período 1986 - 2020), se ajusta a una forma funcional tipo Translog.
- La industria pesquera peruana de extracción de anchoveta presenta economías de escala después de la implementación de la LMCE 2008.
- Es factible implementar un sistema diferenciado de cuota pesquera de anchoveta.

3.2. Tipo de investigación

Esta investigación es mixta, documental, no experimental, longitudinal, explicativa y cuantitativa con datos secundarios.

- Es mixta porque involucra problemas tanto teóricos como prácticos. Por un lado, parte de un marco teórico y formula nuevos hallazgos a partir de ello, y emplea estos conceptos básicos para aplicarlos al contexto real de la industria pesquera peruana de extracción de anchoveta.

- Se caracteriza por ser documental, porque se apoya en información de otras investigaciones, reportes, artículos, registros, etc.
- Asimismo, es no experimental porque no manipula las variables de análisis, si no se observa su comportamiento.
- Además, se clasifica como longitudinal porque estudia los fenómenos en un período largo de tiempo (1986 - 2020) con el objeto de verificar los cambios que se pueden producir.
- Es explicativa porque trata de responder o dar cuenta de los porqués del objeto que se investiga.
- Es cuantitativa con datos secundarios porque el análisis se aborda con datos ya existentes.

3.3. Muestra y periodo de estudio

Para identificar las economías de escala en la industria pesquera peruana de extracción de anchoveta después de la implementación de la ley LMCE 2008, se estima la función de CT de extracción de anchoveta (CTA) con información anual desde los inicios de la industrialización del sector hasta la fecha actual (período 1986 - 2020).

Se emplea información a partir del periodo 1986, debido a que a partir de este año comienza la recuperación de la anchoveta, la capitalización y la industrialización del sector. Asimismo, se considera información hasta el año 2020, dado que hasta este año se cuenta con información disponible para todas las variables de análisis.

Para la construcción de la función de CTA de acuerdo con la expresión (3), la variable dependiente es el CTA, la variable independiente que representa a la producción es la

cantidad desembarcada o nivel de extracción¹⁶ de anchoveta (q) y las variables independientes que representan a los p_i , son el precio del combustible (p_1), el precio de la mano de obra (p_2) (salarios), y el precio del capital (p_3). Estos factores de producción se consideran como los más importantes en el costo de extracción pesquero (Galarza & Collado, 2013; Landa, 2014; Paredes, 2010).

$$CTA = f(q; p_1, p_2, p_3)$$

Costo total de extracción de anchoveta (CTA)

Para estimar el CTA, sería ideal utilizar la información sobre los estados financieros de las empresas que conforman la industria pesquera peruana de anchoveta o también de las embarcaciones. No obstante, este nivel de desagregación no está disponible para todo el periodo de estudio.

Por otra parte, es posible obtener el CTA a partir de las cuentas nacionales sectoriales. No obstante, la información sobre las cuentas nacionales para el sector pesquero incluye información no solo de la pesquería de anchoveta, sino también de aquellas otras especies destinadas al CHI, al consumo humano directo en la pesca marítima, así como la pesca continental (sector acuícola).

En consecuencia, inferir estos costos a partir de la información de las cuentas nacionales sectoriales genera sesgo debido a que estas cuentas corresponden al sector pesquero como un todo y no únicamente a la anchoveta. Casi la totalidad del desembarque nacional se concentra en anchoveta (77% en el año 2022), por lo que el costo agregado corresponde a estas especies.

Para separar el costo atribuido a la anchoveta fue necesario asumir que el costo de extracción de anchoveta es proporcional al costo de extracción de la sardina. Este supuesto es razonable ya que, en ciertas temporadas, la sardina ha compartido su área de distribución con la

¹⁶ Los desembarques se refieren a la cantidad total de pescado capturado y llevado a tierra o desembarcado en un puerto después de la pesca.

anchoveta ya que ambas compiten por el mismo alimento (Gutiérrez et al., 1999), por lo que el esfuerzo pesquero y costo de extracción de ambas deberían ser similares.

En tal sentido, primero se estima el CT del sector pesquero, que se obtiene restando el excedente de explotación (EE) y menos el EE descontado de la tasa del costo de oportunidad de la industria pesquera (COK) (Chaparro, 2020).

$$CT = VBP - EE \times (1 + COK) \quad (39)$$

Para obtener el CT asociado únicamente a la extracción de anchoveta (es decir, CTA), se multiplica CT por el porcentaje que representaron los desembarques de anchoveta sobre los desembarques totales del sector pesquero en cada año durante el periodo 1986-2020.

Los datos de las variables: VBP y EE, para el periodo 1986-1990 se obtuvo de INEI (1992)¹⁷ y para el periodo 1991-2020 de INEI (varios años). Tanto el VBP y EE fueron convertidos a soles constante 2007 usando el deflactor implícito del PIB pesca, el cual fue calculado usando la información de INEI (1992) e INEI (varios años). Con respecto al COK su estimación se presenta en el Anexo 2.

Desembarque de anchoveta (q)

La información de q para el periodo 1986-1992 se obtuvo del INEI (1994) y para el periodo 1993-2020 de INEI (varios años).

Precio de los insumos (p_i)

Con respecto a los p_i, se emplearon precios en índices ya que ello facilita la comparación de los cambios relativos en los precios a lo largo del tiempo sin verse afectados por la inflación u otros factores macroeconómicos.

Precio del combustible (p₁)

Como indicador del p₁, se consideró el índice del precio de Gasohol de 84 Octanos, dado que este precio hace referencia al diesel que es el combustible empleado por las

¹⁷ Información públicamente no disponible.

embarcaciones pesqueras. Esta información para el periodo 1986-2020 se recopiló de las series estadísticas de INEI (2021) y BCRP (2024d). La información de esta variable fue convertida a soles del año 2007 utilizando la tasa de inflación anual (BCRP, 2024e). Posteriormente, los resultados fueron convertidos a índice 2007=100.

Precio de la mano de obra (p_2)

Para p_2 se debería emplear información de las remuneraciones que reciben los trabajadores en las empresas pesqueras. Sin embargo, esta información no estuvo disponible. Por ello, se tomó como referencia el índice del salario real el cual mide el poder adquisitivo del salario, es decir, la capacidad de compra de los trabajadores con su salario. Para el periodo 1986-1995, la información de esta variable se recopiló de las series estadísticas del INEI (1996) y para el periodo 1996-2020 de MINEM (varios años). La información de esta variable fue convertida a soles del año 2007 utilizando la tasa de inflación anual (BCRP, 2024e). Posteriormente, los resultados fueron convertidos a índice 2007=100.

Precio del capital (p_3)

Para esta variable se toma el costo del capital invertido, el cual es equivalente al EE, ya que constituye el pago al factor del capital (Salgado & Bernal, 2017). Esta variable se estandariza dividiéndola entre el número total de embarcaciones.

Para determinar el número total de embarcaciones, se debe tener en cuenta que en la pesquería industrial las embarcaciones se clasifican en embarcaciones industriales de madera (EM) y de acero (EA), que presentan distinto tamaño o capacidad de bodega que varía entre $32\text{m}^3 - 200\text{m}^3$ y $32\text{m}^3 - 450\text{m}^3$, respectivamente. Con el fin de eliminar la variabilidad en la capacidad de bodega entre tipo de embarcaciones, se determina un número ponderado de embarcaciones estandarizadas (ES) en función de su capacidad de bodega (40).

$$ES = \frac{(EA)(CA) + (EM)(CM)}{(CA + CM)} \quad (40)$$

Donde:

CA : Capacidad de bodega de las embarcaciones de acero

CM : Capacidad de bodega de las embarcaciones de madera

En tal sentido el p_3 se calcula para cada año como:

$$p_3 = \frac{EE}{ES}$$

La información de las variables (EM, CM) y (EA, CA) para el periodo 1999¹⁸-2011 y 1986-2011, respectivamente, se obtuvo de IMARPE (2012). Para el periodo 2012-2021 la información para todas las variables (EM, CM, EA y CA) se obtuvo de PRODUCE (2023) (Tabla 5).

Tabla 5: Resumen de fuentes de información de las variables empleadas

Variable(s)	Periodo	Fuente
VBP y EE	1986-1990	INEI (1992)
	1991-2020	INEI (varios años)
Q	1986-1992	INEI (1994)
	1993-2020	INEI (2023)
p_1	1986-2020	INEI (2021), BCRP (2024d)
p_2	1986-1995	INEI (1996)
	1996-2020	MINEM (varios años)
EM y CM	1999-2011	IMARPE (2012)
EA y CA	1986-2011	
EA, EM, CA y CM	2012-2021	PRODUCE (2023)

¹⁸ La información de las variables EM y CM recién se comenzó a registrar a partir del año 1999.

En la Tabla 6, se resumen las variables que serán empleadas en esta investigación, identificando su relación causal en la función de CTA, los indicadores, la unidad de medida y el tipo de variable.

Tabla 6: Variables de estudio

Variables	Relación causal	Indicador	Unidad de medida	Tipo de Variable
Costo total (CTA)	Dependiente	Costo total de extracción del sector pesquero de anchoveta	Soles (2007=100)	Cuantitativa
Producción (q)	Independiente	Desembarque de industria pesquera de anchoveta peruana para el CHI	Toneladas (TM)	Cuantitativa
Precio del combustible (p_1)	Independiente	Precio del petróleo Gasohol 84 Octanos	Índice (2007= 100)	Cuantitativa
Precio de la mano de obra (p_2)	Independiente	Salario real en Lima Metropolitana	Índice (2007= 100)	Cuantitativa
Precio del capital (p_3)	Independiente	Excedente bruto de explotación dividido entre las embarcaciones estandarizadas	Soles (2007= 100)	Cuantitativa

3.4. Procedimiento

En esta sección se describen los pasos que se desarrollaron para obtener los resultados de esta investigación. La estimación y pruebas estadísticas de este análisis se realizaron con el software Stata 15.

3.4.1. Evaluación de series de tiempo de las variables de estudio

Dado que las variables de estudio monetarias (CTA; p_1, p_2, p_3) corresponden a series de tiempo, puede que estas no sean estacionarias¹⁹, lo cual puede causar modelos econométricos con relaciones espurias²⁰. Sin embargo, debido a que en este análisis se requiere aplicar un modelo econométrico de series de tiempo multivariado, puede que al aplicar una regresión multivariada las variables cointegran²¹ en el largo plazo y el modelo resultaría estacionario. Esto indicaría que la regresión no resultará en una relación espuria.

Para determinar si las variables cointegran en el largo plazo, se evalúa si los residuos de la regresión entre las variables monetarias son estacionarios. Para ello, primero se estimó una regresión simple de mínimos cuadrados ordinarios donde la variable dependiente es CTA y las variables independientes son p_1, p_2, p_3 (Expresión 41). Luego se estima el término de error de la regresión ($\hat{\varepsilon}$) de la expresión (41), a los cuales se aplica la prueba de raíces unitarias Dickey-Fuller. En tanto se verifique que los residuos de la regresión son estacionarios, la estimación de la función CTA tipo Translog se puede realizar mediante una regresión lineal.

$$CTA = \hat{\theta}_0 + \hat{\theta}_1 p_1 + \hat{\theta}_2 p_2 + \hat{\theta}_3 p_3 + \hat{\varepsilon} \quad (41)$$

Por otra parte, dada la naturaleza anual de las variables puede que exista tendencia a lo largo del periodo de estudio en las variables. Para ello, primero las variables monetarias (CTA; p_1, p_2, p_3) se transformaron en logaritmos. Luego se estiman regresiones de mínimos

¹⁹ Por definición, una serie de tiempo es no estacionaria cuando su media y varianza no son constantes en el tiempo esto hace que la variable tenga un comportamiento inestable e impredecible. La mayoría de las variables económicas, por lo general, tienen un comportamiento no estacionario (Enders, 2014).

²⁰ Una relación espuria en modelos econométricos ocurre cuando la variable independiente contribuye a explicar la variabilidad de la variable respuesta, a pesar de que estas variables no tienen relación (Gujarati, 2004).

²¹ La cointegradas entre dos variables se refiere a la existencia de una relación estacionaria conjunta (Gujarati, 2004).

cuadrados ordinarios entre cada variable monetaria ($\ln CTA; \ln q; \ln p_1, \ln p_2, \ln p_3$) que se denota con X , con respecto al tiempo (t) (Expresión 42). Si el coeficiente estimado ($\hat{\beta}_{xt}$) que describe la relación entre la variable dependiente y el tiempo es significativo, se concluye que existe una tendencia en el largo plazo, que puede ser positiva o negativa dependiendo del signo del $\hat{\beta}_{xt}$. En caso de encontrar tendencia entre las variables se debería incluir t en la función CTA Translog (Ray, 1982).

$$\ln X = \hat{\beta}_{x0} + \hat{\beta}_{xt}t + \hat{\epsilon} \quad (42)$$

3.4.2. Estimación de la función de costo total de extracción Translog

Para identificar la forma funcional Translog que se ajusta adecuadamente a la función de CTA algunos estudios evalúan separadamente cada tipo de modelo especificado en la Tabla 4 (Christensen & Greene, 1976; Salgado & Bernal, 2010). En esta investigación se consideró el mismo procedimiento, sin embargo, no se consideraron las estimaciones de los modelos con homogeneidad en q , ya que estos modelos no posibilitan la evaluación de cambios en la E_c cuando q se incrementa (Christensen & Greene, 1976; Martinez-Giralt, 2008). En consecuencia, los modelos que se consideran en este análisis son el modelo no homogéneo (A), homotético (B), con elasticidades sustitución unitarias (C) y homotético con elasticidades de sustitución unitarias (D).

Para ello, las variables de estudio ($\ln CTA; \ln q; \ln p_1, \ln p_2, \ln p_3$) de la Tabla 5 se incluyen a la especificación de los modelos en la Tabla 4, donde $i = 1, 2, 3$ y $j = 1, 2, 3$. La adaptación de estas variables en cada modelo se muestra en la Tabla 7 en la fila II. La interpretación de los parámetros es la misma que la establecida en la sección 2.2.3, la diferencia es que ahora estos son coeficientes estimados $\hat{\beta}$ y se incluye el término de error ($\hat{\mu}$)

El proceso de estimación de estos modelos Translog fue realizado con las restricciones en los coeficientes para el cumplimiento de la Condición 2: Homogeneidad lineal en p_i . Estas restricciones hacen referencia a lo establecido en las expresiones (28 - 32). Las especificaciones de las restricciones para cada modelo Translog se muestran en la fila III de la Tabla 7. Asimismo, se descartan los años de ocurrencia del Fenómeno El Niño, cuyas

observaciones constituyen comportamientos anómalos o quiebres estructurales en los desembarques de anchoveta.

Para la estimación de los coeficientes de estos modelos, se empleó el modelo econométrico SUR, que construye una regresión lineal que permite imponer restricciones a los coeficientes como un sistema de ecuaciones lineales (Rosales et al., 2009).

3.4.3. Validación estadística de los modelos de la función de costo total de extracción tipo Translog

Después de estimar los modelos, se procede a evaluar su validez estadística. Primero, se examina el efecto individual de las variables independientes ($\ln q$; $\ln p_2$ y $\ln p_3$) y las interacciones entre ellas sobre la variable dependiente ($\ln CTA$), mediante la prueba estadística de Wald. Luego, se examina el efecto conjunto de las variables independientes sobre la variable dependiente, mediante la prueba estadística de Fisher (Prueba F). Por último, se aplican pruebas para comparar los modelos y determinar cuál se ajusta mejor a los datos observados. Estas pruebas incluyen el Error Cuadrático Medio (RMSE), los Criterios de Información de Akaike (AIC) y el Criterio de Información Bayesiano (BIC).

Tabla 7: Modelos de la función de costo total de extracción Translog

Fila	Modelos	No homogéneo (A)	Homotético (B)	Elasticidades sustitución unitarias (C)	Homotético con elasticidades sustitución unitarias (D)
I	Hipótesis	Ninguna	$H_0: \hat{\beta}_{q1} = \hat{\beta}_{q2} = \hat{\beta}_{q3} = 0$	$H_0: \hat{\beta}_{11} = \hat{\beta}_{12} = \hat{\beta}_{13} = \hat{\beta}_{22} = \hat{\beta}_{23} = \hat{\beta}_{33} = 0$	$H_0: \hat{\beta}_{q1} = \hat{\beta}_{q2} = \hat{\beta}_{q3} = 0; H_0: \hat{\beta}_{11} = \hat{\beta}_{12} = \hat{\beta}_{13} = \hat{\beta}_{22} = \hat{\beta}_{23} = \hat{\beta}_{33} = 0$
II	Función de costo total de extracción	$\ln CTA = \hat{\beta}_o + \hat{\beta}_q \ln q + \frac{1}{2} \hat{\beta}_{qq} \ln q^2 + \hat{\beta}_1 \ln p_1 + \hat{\beta}_2 \ln p_2 + \hat{\beta}_3 \ln p_3 + \hat{\beta}_{q1} \ln q \ln p_1 + \hat{\beta}_{q2} \ln q \ln p_2 + \hat{\beta}_{q3} \ln q \ln p_3 + \frac{1}{2} \hat{\beta}_{11} \ln \ln p_1^2 + \frac{1}{2} \hat{\beta}_{22} \ln \ln p_2^2 + \frac{1}{2} \hat{\beta}_{33} \ln p_2^2 + \frac{1}{2} \hat{\beta}_{12} \ln p_1 \ln p_2 + \frac{1}{2} \hat{\beta}_{13} \ln p_1 \ln p_3 + \frac{1}{2} \hat{\beta}_{23} \ln p_2 \ln p_3 + \hat{\mu}$	$\ln CTA = \hat{\beta}_o + \hat{\beta}_q \ln q + \frac{1}{2} \hat{\beta}_{qq} \ln q^2 + \hat{\beta}_1 \ln p_1 + \hat{\beta}_2 \ln p_2 + \hat{\beta}_3 \ln p_3 + \frac{1}{2} \hat{\beta}_{11} \ln \ln p_1^2 + \frac{1}{2} \hat{\beta}_{22} \ln \ln p_2^2 + \frac{1}{2} \hat{\beta}_{33} \ln p_2^2 + \frac{1}{2} \hat{\beta}_{12} \ln p_1 \ln p_2 + \frac{1}{2} \hat{\beta}_{13} \ln p_1 \ln p_3 + \frac{1}{2} \hat{\beta}_{23} \ln p_2 \ln p_3 + \hat{\mu}$	$\ln CTA = \hat{\beta}_o + \hat{\beta}_q \ln q + \frac{1}{2} \hat{\beta}_{qq} \ln q^2 + \hat{\beta}_1 \ln p_1 + \hat{\beta}_2 \ln p_2 + \hat{\beta}_3 \ln p_3 + \hat{\beta}_{q1} \ln q \ln p_1 + \hat{\beta}_{q2} \ln q \ln p_2 + \hat{\beta}_{q3} \ln q \ln p_3$	$\ln CTA = \hat{\beta}_o + \hat{\beta}_q \ln q + \frac{1}{2} \hat{\beta}_{qq} \ln q^2 + \hat{\beta}_1 \ln p_1 + \hat{\beta}_2 \ln p_2 + \hat{\beta}_3 \ln p_3 + \hat{\mu}$

«continuación»

Fila	Modelos	No homogéneo (A)	Homotético (B)	Elasticidades sustitución unitarias (C)	Homotético con elasticidades sustitución unitarias (D)
III	Restricciones (Homogeneidad lineal en p_i)	$\hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 + \hat{\beta}_3 = 1$	$\hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 + \hat{\beta}_3 = 1$		
		$\hat{\beta}_{q1} + \hat{\beta}_{q2} + \hat{\beta}_{q3} = 0$	$\hat{\beta}_{11} + \hat{\beta}_{12} + \hat{\beta}_{13} = 0$	$\hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 + \hat{\beta}_3 = 1$	$\hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 + \hat{\beta}_3 = 1$
		$\hat{\beta}_{11} + \hat{\beta}_{12} + \hat{\beta}_{13} = 0$	$\hat{\beta}_{22} + \hat{\beta}_{12} + \hat{\beta}_{23} = 0$	$\hat{\beta}_{q1} + \hat{\beta}_{q2} + \hat{\beta}_{q3} = 0$	
		$\hat{\beta}_{22} + \hat{\beta}_{12} + \hat{\beta}_{23} = 0$	$\hat{\beta}_{13} + \hat{\beta}_{23} + \hat{\beta}_{33} = 0$		
		$\hat{\beta}_{13} + \hat{\beta}_{23} + \hat{\beta}_{33} = 0$			
IV	Homoteticidad	$H_0: \hat{\beta}_{q1} = \hat{\beta}_{q2} = \hat{\beta}_{q3} = 0$	No aplica	$H_0: \hat{\beta}_{q1} = \hat{\beta}_{q2} = \hat{\beta}_{q3} = 0$	No aplica
	Propiedades				
V	Homogeneidad	$H_0: \hat{\beta}_{qq} = 0; \hat{\beta}_{q1} = \hat{\beta}_{q2} = \hat{\beta}_{q3} = 0$	$H_0: \hat{\beta}_{qq} = 0$	$H_0: \hat{\beta}_{qq} = 0; \hat{\beta}_{q1} = \hat{\beta}_{q2} = \hat{\beta}_{q3} = 0$	$H_0: \hat{\beta}_{qq} = 0$

«continuación»

VI	propiedades	Elasticidades sustitución unitarias	$H_0: \hat{\beta}_{11} = \hat{\beta}_{12} = \hat{\beta}_{13} = \hat{\beta}_{22} = \hat{\beta}_{23} = \hat{\beta}_{33} = 0$	$H_0: \hat{\beta}_{11} = \hat{\beta}_{12} = \hat{\beta}_{13} = \hat{\beta}_{22} = \hat{\beta}_{23} = \hat{\beta}_{33} = 0$	No aplica	No aplica
VII		Homotético con elasticidades sustitución unitarias	$H_0: \hat{\beta}_{q1} = \hat{\beta}_{q2} = \hat{\beta}_{q3} = 0; \hat{\beta}_{11} = \hat{\beta}_{12} = \hat{\beta}_{13} = \hat{\beta}_{22} = \hat{\beta}_{23} = \hat{\beta}_{33} = 0$	No aplica	No aplica	No aplica
VIII		Homotético con elasticidades sustitución unitarias	$H_0: \hat{\beta}_{qq} = 0; \hat{\beta}_{q1} = \hat{\beta}_{q2} = \hat{\beta}_{q3} = 0; \hat{\beta}_{11} = \hat{\beta}_{12} = \hat{\beta}_{13} = \hat{\beta}_{22} = \hat{\beta}_{23} = \hat{\beta}_{33} = 0$	$H_0: \hat{\beta}_{qq} = 0; \hat{\beta}_{11} = \hat{\beta}_{12} = \hat{\beta}_{13} = \hat{\beta}_{22} = \hat{\beta}_{23} = \hat{\beta}_{33} = 0$	No aplica	No aplica
IX	Condiciones	Condición 3: Monotonicidad en q	$\overline{CMg} = (\hat{\beta}_q + \hat{\beta}_{qq} \ln q + \hat{\beta}_{q1} \ln p_1 + \hat{\beta}_{q2} \ln p_2 + \hat{\beta}_{q3} \ln p_3) \left(\frac{CT}{q} \right) > 0$	$\overline{CMg} = (\hat{\beta}_q + \hat{\beta}_{qq} \ln q) \left(\frac{CT}{q} \right) > 0$	$\overline{CMg} = (\hat{\beta}_q + \hat{\beta}_{qq} \ln q + \hat{\beta}_{q1} \ln p_1 + \hat{\beta}_{q2} \ln p_2 + \hat{\beta}_{q3} \ln p_3) \left(\frac{CT}{q} \right) > 0$	$\overline{CMg} = (\hat{\beta}_q + \hat{\beta}_{qq} \ln q) \left(\frac{CT}{q} \right) > 0$

«continuación»

X	Condición 4: Monoteticidad creciente con respecto a los p_i	$\hat{S}_1 = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_{q1} \ln q + \hat{\beta}_{11} \ln p_1 + \frac{1}{2} \hat{\beta}_{12} \ln p_2 + \frac{1}{2} \hat{\beta}_{13} \ln p_3 > 0$ $\hat{S}_2 = \hat{\beta}_2 + \hat{\beta}_{q2} \ln q + \frac{1}{2} \hat{\beta}_{12} \ln p_1 + \hat{\beta}_{22} \ln p_2 + \frac{1}{2} \hat{\beta}_{23} \ln p_3 > 0$ $\hat{S}_3 = \hat{\beta}_3 + \hat{\beta}_{q3} \ln q + \frac{1}{2} \hat{\beta}_{13} \ln p_1 + \frac{1}{2} \hat{\beta}_{23} \ln p_2 + \hat{\beta}_{33} \ln p_3 > 0$	$\hat{S}_1 = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_{11} \ln p_1 + \frac{1}{2} \hat{\beta}_{12} \ln p_2 + \frac{1}{2} \hat{\beta}_{13} \ln p_3 > 0$ $\hat{S}_2 = \hat{\beta}_2 + \frac{1}{2} \hat{\beta}_{12} \ln p_1 + \hat{\beta}_{22} \ln p_2 + \frac{1}{2} \hat{\beta}_{23} \ln p_3 > 0$ $\hat{S}_3 = \hat{\beta}_3 + \frac{1}{2} \hat{\beta}_{13} \ln p_1 + \frac{1}{2} \hat{\beta}_{23} \ln p_2 + \hat{\beta}_{33} \ln p_3 > 0$	$\hat{S}_1 = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_{q1} \ln q > 0$ $\hat{S}_2 = \hat{\beta}_2 + \hat{\beta}_{q2} \ln q > 0$ $\hat{S}_3 = \hat{\beta}_3 + \hat{\beta}_{q3} \ln q > 0$	$\hat{S}_1 = \hat{\beta}_1 > 0$ $\hat{S}_2 = \hat{\beta}_2 > 0$ $\hat{S}_3 = \hat{\beta}_3 > 0$
XI	Condición 5: Concavidad con respecto a los p_i	$ H_{C1} < 0, H_{C2} > 0 \text{ y } H_{C3} < 0$			
XII	Economías de escala	$Ec = \hat{\beta}_q + \hat{\beta}_{qq} \ln q + \hat{\beta}_{q1} \ln p_1 + \beta_{q2} \ln p_2 + \beta_{q3} \ln p_3$	$Ec = \hat{\beta}_q + \hat{\beta}_{qq} \ln q$	$Ec = \hat{\beta}_q + \hat{\beta}_{qq} \ln q + \beta_{q1} \ln p_1 + \beta_{q2} \ln p_2 + \beta_{q3} \ln p_3$	$Ec = \hat{\beta}_q + \hat{\beta}_{qq} \ln q$

La prueba de Wald determina un estadístico que determina la relación del coeficiente estimado con su error estándar²². Mientras más pequeña sea esta relación significa que el coeficiente es relativamente robusto y la estimación es más confiable. Esta prueba arroja un p – valor que indica la probabilidad de obtener un estadístico Wald bajo.

Dado que se quiere determinar el efecto individual de los $\hat{\beta}$, la hipótesis nula (H_0) establece que a nivel de significancia (α) cada $\hat{\beta}_i$ es estadísticamente igual a cero. Formalmente, $H_0: \hat{\beta}_i = 0$, y $H_1: \hat{\beta}_i \neq 0$.

El α indica cuán dispuesto está el investigador en aceptar que un resultado sea considerado como significativo o no debido al azar (Furió et al., 2023). En este análisis, para la evaluación de todas las pruebas estadísticas, se utiliza $\alpha = 5\%$ que es considerado como el nivel de significancia estándar y ampliamente aceptado en la literatura (Molina, 2017). Este α se compara con el p – valor. Si p – valor $< 5\%$, se rechaza la H_0 , lo cual indica que existe suficiente evidencia para señalar que $\hat{\beta}$ es distinto de 0, lo cual sugiere que la variable independiente tiene un efecto significativo sobre la variable dependiente. Por el contrario, si p – valor $> 5\%$ no se rechaza la H_0 . Indica que no existe suficiente evidencia para señalar que $\hat{\beta}$ sea distinto de 0. En otras palabras, la variable independiente no tiene un efecto significativo sobre la variable dependiente.

La prueba F permite identificar la significancia conjunta del modelo. Es decir, si las variables independientes conjuntamente explican una cantidad significativa de la variabilidad de la variable dependiente. Las H_0 y H_1 son las siguientes: $H_0: \hat{\beta} = 0 \forall i$ y $H_1: \in \hat{\beta} \neq 0$.

En tal sentido si el p – valor asociado con el resultado del estadístico F es menor que 5%, se rechaza la H_0 , lo cual sugiere que al menos uno de los $\hat{\beta}$ es distinto de cero, lo que significa

²² El error estándar de un coeficiente en un modelo se calcula dividiendo la desviación estándar de la muestra por la raíz cuadrada del tamaño de la muestra. Este cálculo proporciona una medida de la precisión con la que el modelo estima el valor desconocido del coeficiente (Furió et al., 2023).

que las variables explican una cantidad significativa de la variabilidad de la variable dependiente.

El RMSE, es una medida de la bondad de ajuste o precisión de un modelo de regresión en la predicción de los valores de la variable dependiente, y mide la diferencia promedio entre los valores reales de la variable dependiente y los valores predichos por el modelo, lo cual equivale a la magnitud del error residual promedio del modelo. En otras palabras, determina cuán cerca están las predicciones del modelo de los valores reales. En tal sentido, cuanto menor es el valor del RMSE, mejor se ajusta el modelo a los datos y mejora su capacidad predictiva del modelo.

Los AIC y BIC, son otras medidas de bondad de ajuste, la diferencia con el RMSE es que ambas pruebas buscan equilibrar la bondad de ajuste del modelo y su complejidad. La diferencia entre ambos es que BIC tiende a favorecer modelos más simples. Un modelo con un valor más bajo de AIC o BIC indica que se ajusta bien los datos.

Cabe resaltar que estas pruebas estadísticas no son suficientes para hacer conclusiones sobre los modelos y descartarlos, para ello es necesario evaluar las propiedades sobre la estructura de q y las condiciones que debe cumplir una función de CT bien comportada.

3.4.4. Validación de propiedades de la estructura de producción de extracción de la industria pesquera peruana de anchoveta

Sobre cada uno de los modelos A, B, C y D, se evalúa las propiedades de (i) homoteticidad, (ii) homogeneidad, (iii) elasticidades sustitución unitarias, (iv) homoteticidad con elasticidades sustitución unitarias y (v) homogeneidad con elasticidades sustitución unitarias. Las H_0 de las propiedades evaluadas en cada modelo se detallan en las filas IV-VIII de la Tabla 7. Para la validación de las propiedades se empleó la prueba de Wald. Una vez completadas estas pruebas, se seleccionan los modelos que satisfacen todos los criterios establecidos.

3.4.5. Validación de las condiciones de una función de costo bien comportada

Posteriormente, se evalúa que los modelos A, B, C y D cumplan con las condiciones de una función de CT bien comportada:

- Condición 1: Las demandas de los x_i deben tener pendiente descendente.
- Condición 2: Homogeneidad lineal en p_i
- Condición 3: Monotonicidad en q .
- Condición 4: Monotonicidad creciente en p_i
- Condición 5: Concavidad en p_i

La condición 1, como se mencionó anteriormente (ver sección 2.2.3.2.), es una premisa que satisface toda función de CT por ser dual de una función de producción. En cuanto a la condición 2, para asegurar el cumplimiento de esta condición, en el primer paso de este procedimiento se introdujeron las restricciones sobre los coeficientes en cada modelo (sección 3.4.1).

Para comprobar la condición 3, se debe probar que $\widehat{CMg} > 0$. Para ello, en cada modelo se estima esta variable en las medias muestrales ($\overline{\ln q}$, $\overline{\ln p_1}$, $\overline{\ln p_2}$, $\overline{\ln p_3}$) de las variables (Geer, 2010). Las fórmulas para cada modelo se establecen en la fila IX de la Tabla 7.

Para comprobar la condición 4, basta con comprobar que $\widehat{S}_i > 0$ cuando se estima en las medias muestrales de cada variable. Las fórmulas para cada modelo se establecen en la fila X de la Tabla 7.

Para la condición 5, se estiman las elasticidades sustitución Hicks - Allen (σ_{ij}) con las expresiones (12) y (13) de la sección 2.2.3.1, para construir las matrices Hessianas de las funciones de CTA (H_C) la cual debe ser semidefinida negativa. Para comprobar esta condición, los determinantes de las menores principales de H_C ($|H_{C_i}|$) deben intercalar en signo: $|H_{C1}| < 0$, $|H_{C2}| > 0$ y $|H_{C3}| < 0$ (Dowling, 2001).

Una vez completadas estas pruebas, se seleccionan los modelos que satisfacen todas las condiciones.

3.4.6. Evaluación de las economías de escala

Para determinar el alcance de las Ec se estiman las funciones de CMe y CMg, a partir de las cuales se determina el punto de escala mínima eficiente. La función de CMe se estima a partir

de los valores predichos del $\widehat{\ln CTA}$, del(los) modelo(s) que mejor explica(n) la estructura de la función de CTA y se estiman los antilogaritmos de esta variable. Para estimar la función CMg se emplea la expresión de la fila IX en la Tabla 7 del(los) modelo(s) elegido(s), pero esta variable no se estima en sus medias muestrales, sino en sus valores observados.

Finalmente, para determinar el valor de las Ec en cada q se emplea la expresión de la fila XII en la Tabla 7 del(los) modelo(s) elegido(s).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Evaluación de series de tiempo de las variables de estudio

Mediante la estimación econométrica de los coeficientes de la función en la expresión (41) (Anexo 5), se obtiene que los residuos ($\hat{\varepsilon}$) son estacionarios (Anexo 6), lo cual indica que las variables de estudio cointegran en el largo plazo y la función CTA Translog se puede estimar mediante una regresión lineal con restricciones (SUR).

Por otro lado, se obtuvo que el coeficiente $\hat{\beta}_{xt}$ de la expresión (42) es significativo y positivo en tres variables monetarias ($\ln CTA$, $\ln p_2$ y $\ln p_3$) de las cuatro estimadas (Anexo 7). Entonces se concluye que en estas tres variables existe una tendencia positiva. En tal sentido, en la estimación de la función de CTA se incluye un término t como representación al índice del tiempo (en años) para capturar la tendencia entre las variables ($\hat{\beta}_t$).

4.2. Estimación de la función de costo total de extracción tipo Translog

En la Tabla 8 se presentan los resultados de las estimaciones de los coeficientes ($\hat{\beta}$) de los modelos especificados en la fila II de la Tabla 7 de la función de CTA tipo Translog (no homogéneo (A), homotético (B), con elasticidades sustitución unitarias (C) y homotético con elasticidades sustitución unitarias (D) para un periodo 1988-2020. Cabe resaltar que, si bien se empleó información desde el año 1986, estadísticamente todos los modelos fueron significativos a partir del año 1988.

Tabla 8: Estimación de los coeficientes de los modelos de la función de costo total de extracción tipo Translog para el periodo 1988-2020

Modelo	A	B	C	D
Parámetros	No homogéneo	Homotético	Elasticidades sustitución unitaria	Homotético con elasticidades sustitución unitarias
$\hat{\beta}_t$	0.0538*	0.0455*	0.0426*	0.0386*
$\hat{\beta}_o$	-112.3614*	-92.0403*	-86.3119*	-75.6443*
$\hat{\beta}_q$	2.0192*	0.2470	0.9978	-0.5575
$\hat{\beta}_{qq}$	0.9706	0.4192	1.2461	0.9615*
$\hat{\beta}_1$	-1.3206	-1.3360	-0.0738	0.2050
$\hat{\beta}_2$	-2.2870	-0.0125	-0.0661	0.5956*
$\hat{\beta}_3$	4.6077*	2.3484	1.1398	0.1992
$\hat{\beta}_{q1}$	0.0658	-	0.2564	-
$\hat{\beta}_{q2}$	0.9077	-	0.3923	-
$\hat{\beta}_{q3}$	-0.9735*	-	-0.6488	-
$\hat{\beta}_{11}$	1.3840*	1.5898*	-	-
$\hat{\beta}_{22}$	-0.7297	-0.9123	-	-
$\hat{\beta}_{33}$	-0.5886	-0.4757	-	-
$\hat{\beta}_{12}$	-0.6215	-0.5766	-	-
$\hat{\beta}_{13}$	-0.7626	-1.0132*	-	-
$\hat{\beta}_{23}$	1.3512*	1.4889*	-	-
R	5	4	2	1
Prueba F	25.59*	26.95*	15.51*	12.43*
RMSE	0.261	0.284	0.316	0.324
AIC	13.55	18.07	24.45	24.59
BIC	30.01	31.54	36.42	33.57

N: Número de observaciones; R: Número de restricciones; *: Estadísticamente significativo al 5%.

La Tabla 8 contiene los resultados de los estadísticos de Wald y de la Prueba F (significancia estadística conjunta del modelo) y los estadísticos RMSE, AIC y BIC. En los resultados se utiliza un asterisco junto a cada $\hat{\beta}$ para representar que este es significativo al 5%.

4.3. Validación estadística de los modelos de la función de costo total de extracción tipo Translog

En la Tabla 8, los resultados muestran que los coeficientes estadísticamente significativos en el modelo A son: $\hat{\beta}_t$, $\hat{\beta}_o$, $\hat{\beta}_q$, $\hat{\beta}_3$, $\hat{\beta}_{q3}$, $\hat{\beta}_{11}$ y $\hat{\beta}_{23}$; en el modelo B, son los coeficientes: $\hat{\beta}_t$, $\hat{\beta}_o$, $\hat{\beta}_{11}$, $\hat{\beta}_{13}$ y $\hat{\beta}_{23}$. en el modelo C, son los coeficientes: $\hat{\beta}_t$ y $\hat{\beta}_o$; y en el modelo D son los coeficientes: $\hat{\beta}_t$, $\hat{\beta}_o$, $\hat{\beta}_{qq}$ y $\hat{\beta}_2$. Pese a que no todos los coeficientes tienen un efecto individual sobre CTA en cada modelo, los resultados con la prueba F indican que los cuatro modelos presentan significancia estadística conjunta. Por lo tanto, los cuatro modelos proporcionan una explicación válida y significativa desde el punto de vista estadístico de la relación entre las variables consideradas en el estudio.

Por otro lado, al comparar cuál de los cuatro modelos se ajusta mejor a la estructura de CTA, los menores valores de los estadísticos RMSE, AIC y BIC, los presenta el modelo A. En conclusión, estadísticamente el mejor ajuste a la estructura de CTA, lo estaría presentando el modelo A. No obstante, estas pruebas estadísticas no son suficientes para descartar los modelos. Se requieren evaluar las propiedades sobre la estructura de la q subyacente y el cumplimiento de las condiciones de función de CT bien comportada.

4.4. Validación de propiedades de la estructura de producción de extracción de la industria pesquera peruana de anchoveta

En la Tabla 9 se muestra el p – valor de la prueba de Wald, aplicado a cada hipótesis específica en cada propiedad en q (homoteticidad, homogeneidad, elasticidades sustitución unitarias, homotético con elasticidades sustitución unitarias y homogéneo con elasticidades sustitución unitarias).

Tabla 9: Validación de las propiedades en q de los modelos tipo Translog

Propiedad	A	B	C	D
Homoteticidad	0.0212	No aplica	0.2496	No aplica
Homogeneidad	0.0400	0.1702	0.0396	0.0096
Elasticidades sustitución unitarias	0.0023	0.0211	No aplica	No aplica
Homotético con elasticidades sustitución unitarias	0.0028	No aplica	No aplica	No aplica
Homogeneidad con elasticidades sustitución unitarias	0.0005	0.0012	No aplica	No aplica

Nota: Las hipótesis específicas para cada modelo se señalan de la fila IV a la fila VIII de la Tabla 7.

Los resultados muestran que en el modelo A, se rechaza la H_0 de homoteticidad (0.0212), y de homogeneidad (0.0400), de elasticidades sustitución unitarias (0.023), la de homoteticidad con elasticidades sustitución unitarias (0.0028) y la homogeneidad con elasticidades sustitución unitarias (0.0005). En el modelo B, no se rechaza la H_0 de homogeneidad (0.1702), pero se rechaza la H_0 de elasticidades sustitución unitarias (0.0211) y se rechaza la H_0 de homogeneidad con elasticidades sustitución unitarias (0.0012). En el modelo C, no se rechaza la H_0 de homoteticidad (0.2496) y pero se rechaza la de homogeneidad (0.0396). Finalmente, en el modelo D, se rechaza la H_0 de homogeneidad (0.0096).

De acuerdo con la validación de propiedades de q en el modelo A, se han rechazado todas las propiedades, es decir, la estructura de q se ajusta a un modelo no homogéneo. El modelo B podría ser homogéneo, sin embargo, rechaza esta hipótesis cuando se evalúa conjuntamente la homogeneidad junto a las elasticidades de sustitución unitarias. En consecuencia, la estructura de q también sería homotética. El modelo C podría ser homotético, aunque se rechaza esta hipótesis cuando señala que no es homogéneo, es decir, la estructura de q también se ajusta a un modelo con elasticidades unitarias. Por último, los

resultados en el modelo D concluyen que la estructura de q también puede ser homotética con elasticidades sustitución unitarias.

En conclusión, la estructura de q en la industria pesquera peruana de extracción de anchoveta puede presentar cualquiera de las cuatro estructuras (modelos A, B, C y D). No obstante, dado que en este análisis se está evaluando la estructura de CT faltaría evaluar las condiciones de una función de CT bien comportada.

4.5. Validación de las condiciones de una función de costo bien comportada

En la Anexo 8, se presentan los resultados sobre la validación de las condiciones de una función de costo bien comportada. Estos resultados muestran que los modelos C y D son los más adecuados para representar la estructura de la función de CTA, puesto que cumplen con la condición de monotonidad en q , monotonidad creciente con respecto a los p_i y de concavidad con respecto a los p_i .

4.6. Interpretación de resultados de la función costo total de extracción Translog

En tal sentido, la función de CTA se ajusta tanto a una forma funcional Translog con elasticidades sustitución unitarias (expresión 43) y a una forma funcional Translog homotética con elasticidades sustitución unitarias (expresión 44).

$$\begin{aligned} \ln CTA = & 0.0426t - 86.3119 + 0.9978\ln q + 1.2461\ln q^2 - 0.0738\ln p_1 & (43) \\ & - 0.0661\ln p_2 + 1.1398\ln p_3 + 0.2564\ln q \ln p_1 + 0.3923\ln q \ln p_2 \\ & - 0.6488\ln q \ln p_3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \ln CTA = & 0.0386t - 75.6443 - 0.5575\ln q + 0.9615\ln q^2 + 0.2050\ln p_1 & (44) \\ & + 0.5956\ln p_2 + 0.1992\ln p_3 \end{aligned}$$

La expresión (43), indica que en la función de CTA existe una tendencia positiva (0.0426), presenta una constante negativa (-86.3119). La constante negativa se explicaría porque el sector pesquero fue intensivo en préstamos a partir del año 86 (Galarza & Malarín, 1994;

Santibañez & Santibañez, 2003). La relación lineal y la no lineal entre $\ln CTA$ y $\ln q$ es positiva (0.9978 y 1.2461, respectivamente). La relación lineal entre $\ln CTA$ con $\ln p_1$ (-0.0738) y $\ln p_2$ (-0.0661) es negativa y excepto en la relación con $\ln p_3$ (1.1398).

Asimismo, en la expresión (43), los efectos entre $\ln q$ y $\ln p_1$ (0.2564), y entre $\ln q$ y $\ln p_2$ (0.3923) tienen un efecto positivo sobre $\ln CTA$ y los efectos entre $\ln q$ y $\ln p_3$ (-0.6488) tiene un efecto negativo sobre $\ln CTA$. En otras palabras, de acuerdo con lo señalado en la sección 2.2.3, un aumento de p_1 y p_2 que genera la reducción de q hace que se reduzca CTA . Esto sugiere que en ciertos años la reducción en q podría ser tanta que compensa el aumento en p_1 y p_2 generando que CTA se reduzca. En la misma línea, un aumento de p_3 genera la reducción de q , pero conlleva a un aumento de CTA . Esto significa que el gasto de las empresas en este factor hace que CTA aumente.

Por otra parte, la expresión (44) presenta elasticidades de sustitución unitarias de x_1 , x_2 y x_3 . Tal como se explicó en la sección 2.2.3.1, esto sugiere que el cambio porcentual de la razón de los x_1 y x_2 , presenta la misma magnitud que el cambio porcentual en la relación de los precios p_1 y p_2 , esto implica que la combinación de x_1 y x_2 mantienen una relación directamente proporcional o de proporciones fijas al interior de la estructura productiva del sector (Hurtado, 1995) y lo mismo ocurre para la relación de factores $x_1: x_3$ y $x_2: x_3$. Esto equivale a que la cantidad de cada x_i que ingresa a la producción ha sido similar a lo largo de todo el periodo de análisis.

La expresión (44), indica que en la función de CTA existe una tendencia positiva (0.0386) entre las variables, presenta una constante negativa (-75.6443). La interpretación del valor de esta constante es la misma que en la expresión (43). La relación lineal y cuadrática entre CTA y q es negativa (-0.5575) y positiva (0.9615), respectivamente. La relación lineal entre $\ln CTA$ y los $\ln p_1$, $\ln p_2$ y $\ln p_3$ es positiva (0.2050, 0.5956, 0.1992). Además, que, en esta expresión, la función subyacente de q sea homotética; tal como se explicó en la sección 2.2.3.1; esto sugiere que cambios en los p_i no tienen un efecto en q y por lo tanto el efecto sobre $\ln CTA$ es nulo. La explicación sobre la presencia de elasticidades sustitución unitarias es la misma que para la expresión (43).

En el contexto del análisis, que la función CTA sea no homotética podría explicar el contexto ocurrido antes de la ley LMCE 2008, dado que en este escenario las empresas tomaban

decisiones con respecto a la cantidad de la combinación de los x_i dado los p_i buscando maximizar q . Más bien la función homotética podría explicar el contexto ocurrido después de la ley LMCE 2008. En este último escenario, las empresas ya conocen el nivel de q que deben alcanzar, este mayor nivel de información puede que haya permitido ordenar sus decisiones en sus procesos de producción, la cual se podría representar como una isocuanta, tomando solo decisiones con respecto a las cantidades de x_i y minimizando sus costos de extracción dado el nivel q . En otras palabras, cambios en p_i no afectan el nivel de q .

4.7. Evaluación de las economías de escala

La Figura 5 y 6 ilustra las curvas de CMe y CMg estimadas y las ajustadas en cada nivel de q de los modelos C y D.

Gráficamente las curvas de los CMe ajustadas en ambos modelos son similares, sin embargo, la función de CMe ajustado del modelo D tiene una pendiente más pronunciada. En este modelo D, la función de CMg ajustado refleja mayor concavidad con respecto a q , pero en el modelo C, este es lineal.

Por otra parte, en el modelo C se puede visualizar CMg negativos. Esto indicaría que los desembarques en esos años pueden haber aumentado/disminuido cuando el CTA se estaba reduciendo/aumentando. Debido a que este análisis depende de los desembarques de un año anterior y de CTA, esto se evalúa con los resultados de la Figura 7, en donde se puede visualizar la temporalidad de los desembarques y las economías de escala.

En el modelo C, las curvas de CMe y CMg ajustadas se intersectan cuando q es igual a 6.01 millones de TM (escala mínima eficiente) (Figura 6), y el CMe/CMg en ese nivel es de 307.80 S//TM. Por debajo de este nivel de q los CMe estimados en cada año son superiores a los CMg estimados, es decir existen economías de escala en los periodos en los cuales los desembarques estén por debajo de este nivel de q . Por el contrario, por encima de este punto, los CMe estimados en cada año son inferiores a los CMg estimados y por lo tanto hay deseconomías de escala, en los periodos en los cuales los desembarques estén por encima de este nivel de q .

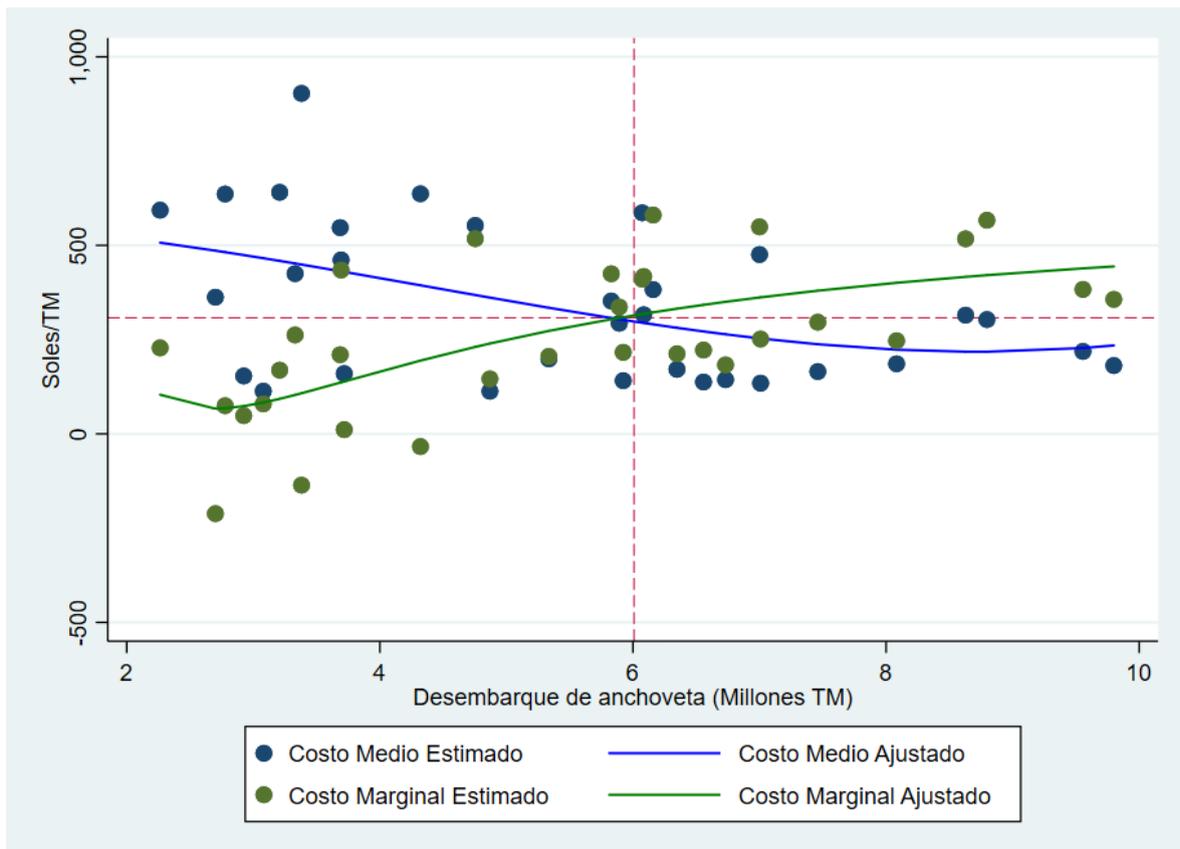


Figura 5: Costo medio y costo marginal de extracción estimado y ajustado en la función Translog con elasticidades sustitución unitarias (Modelo C)

Por otro lado, en el modelo D, las curvas de CMe y CMg ajustadas se intersectan cuando q es igual a 5.05 millones de TM (escala mínima eficiente) (Figura 6), y el CMe/CMg es de 345 S//TM. Similar a la lectura anterior, por debajo de este nivel de q existen economías de escala, por encima de este punto hay deseconomías de escala.

En consecuencia, como se puede ver en el modelo D en comparación al modelo C las economías de escala se agotan a un nivel inferior, y el CMe en la escala mínima eficiente en el modelo D es menor que el obtenido en el modelo C.

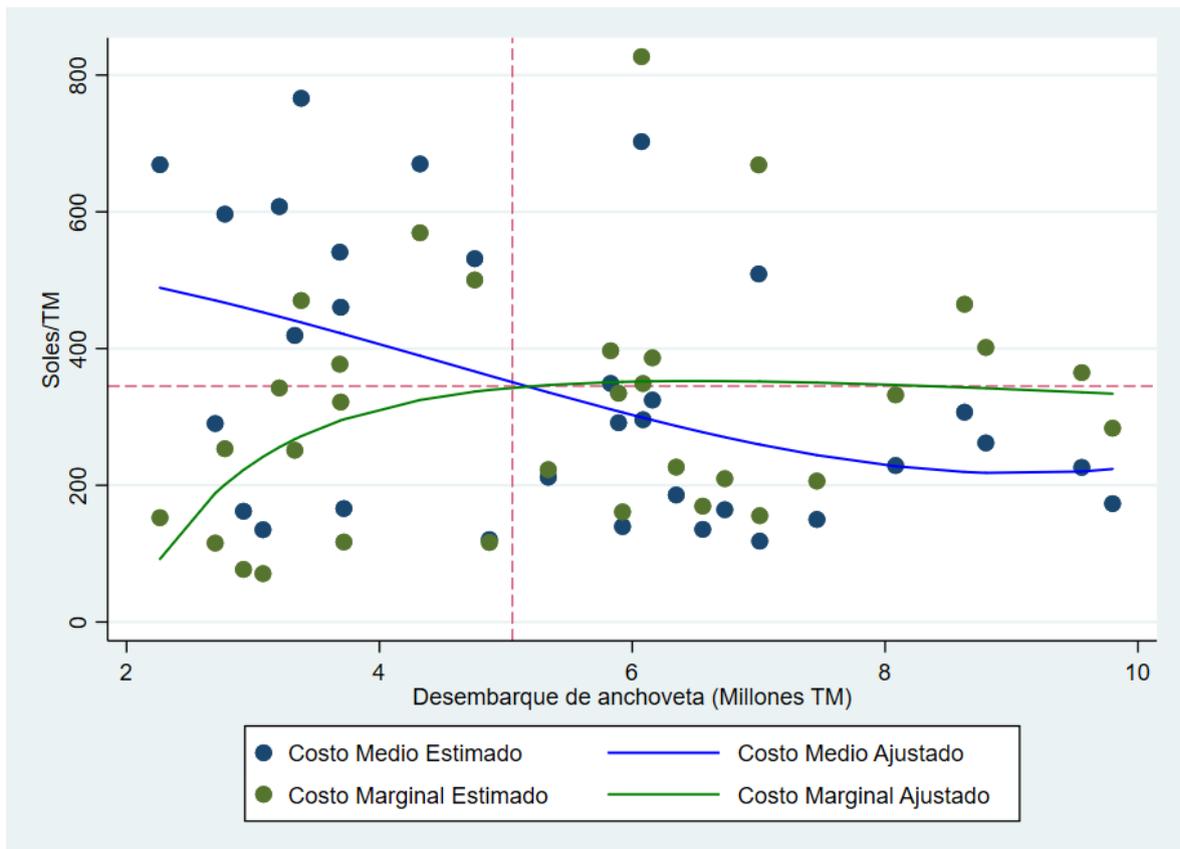


Figura 6: Costo medio y costo marginal de extracción estimado y ajustado en la función Translog homotético y con elasticidades sustitución unitarias en la producción (Modelo D)

En la Figura 7 se muestran las E_c por cada nivel de desembarque (en millones de TM) en la industria pesquera peruana de extracción anchoveta en el periodo 1988-2020, para la función de CTA en los modelos C y D. Esta figura se divide en tres periodos según los cambios estructurales por la Ley General de Pesca 1992 y la ley LMCE 2008. Un primer periodo, donde se incrementaron los capitales (1988-1992); el segundo, el cual se rigió por la cuota global de captura (1992-2008); y el tercero, en donde se estableció el sistema de cuotas individuales con la ley LMCE 2008 (2008-2020). Aquellos periodos en los cuales las $E_c > 1$, presentan deseconomías de escala. Los periodos donde $E_c < 1$, presentan economías de escala.

Al comparar las economías de escala en los modelos C y D durante todo el periodo, se puede visualizar que en ambos presentan similares líneas de tendencia. La diferencia es que el modelo D presenta una curva más plana, es decir, las variaciones en E_c anualmente son

menores. Asimismo, en años en que los desembarques fueron inferiores a 6.01 y 5.05 millones de TM hubo economías de escala en el modelo C y D, respectivamente. Los años en donde los desembarques se acercaron a esos niveles la industria habría generado la máxima renta económica.

Los resultados muestran que, en ambos modelos durante el primer periodo, hay presencia de economías de escala ($Ec < 1$). Los valores de las Ec son diferentes entre los modelos en cada año, pero son inferiores a 1. En el segundo periodo, ambos modelos presentan deseconomías de escala en todos los niveles q ($Ec > 1$), aunque las Ec en el modelo C son mayores con respecto al modelo D.

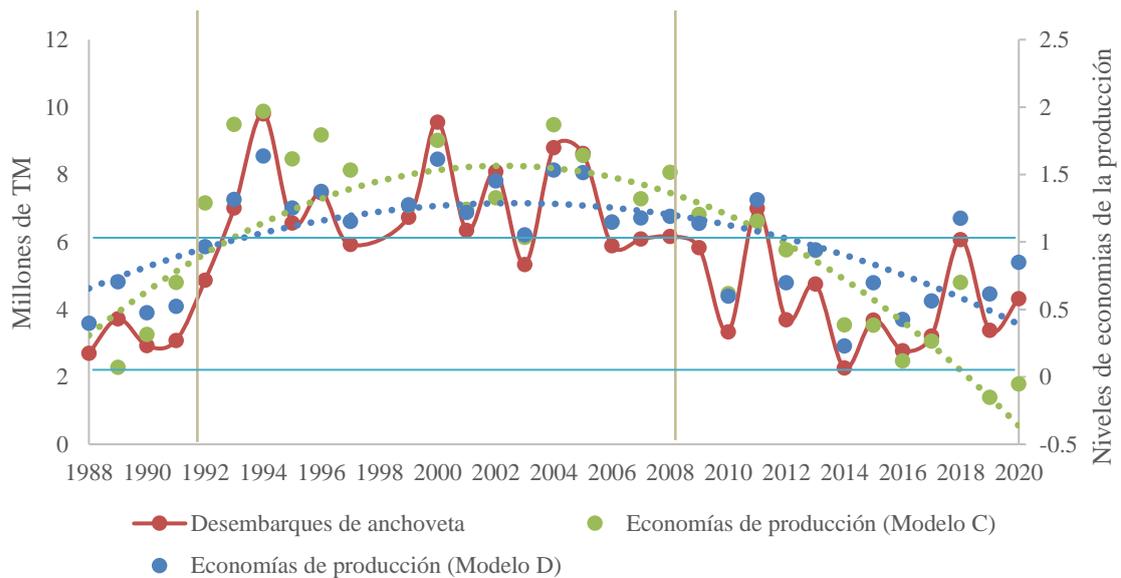


Figura 7: Análisis de economía de escala por nivel de desembarque de la pesquería peruana industrial de anchoveta en el periodo 1988-2020

En el último periodo, hay presencia de economías de escala en la mayor parte de los años. Las E_c entre modelos en algunos años difieren significativamente. En el Modelo D existen diseconomías de escala en los años 2009, 2011 y 2018, mientras que en el modelo C solo en los años 2009 y 2011. Incluso en el modelo C en los años 2019 y 2020 se pueden visualizar $E_c < 0$ en donde el $CMg < 0$ ²³ (Figura 7).

4.8. Discusión de resultados

Los resultados de este estudio van en línea con la mayor parte de las otras investigaciones que han identificado la presencia de economías de escala en la pesquería de otros países cuando ya se habían implementado el sistema de cuotas individuales y han empleado una función tipo Translog (Lazkano, 2008; Nøstbakken, 2006; Bjørndal & Gordon, 2000; Basch et al., 1999; Salvanes, 1989; Nedelea, 2007; Asche et al., 2009).

Con respecto al punto de escala mínima eficiente, cabe resaltar que a diferencia de otros sectores económicos, en donde el regulador debería proponer medidas para que el sector alcance este nivel producción óptima, en la pesquería de anchoveta como recurso comunal, para el regulador más bien no es de interés alcanzar este nivel de producción óptimo ya que constituye una situación que no necesariamente coincide con el objetivo de sostenibilidad física del recurso, lo cual es el objetivo regulatorio explícito. Por lo tanto, en este caso no de relevancia evaluar este nivel de producción óptima.

Sobre los resultados de las economías de escala, se deduce lo siguiente:

- Durante el periodo 1988-1992, no se tiene suficiente información, sin embargo, se sabe que a mediados de los 80s el sector pesquero de extracción estaba compuesto por pocas empresas con pocas embarcaciones (Espinoza & Saavedra, 2021; Landa, 2014), que se repartían la captura, lo que sugiere que cada embarcación capturaba

²³ De acuerdo con lo que se visualiza en la Figura 7 en el año 2019 hubo una caída en los desembarques y un aumento en los CTA. Para el año 2020 ocurrió lo contrario: un aumento en los desembarques y una reducción de los CTA. Esto sugiere que en estos años pudo ocurrir, entre otros, un uso excesivo de factores de producción o un ahorro en el CTA por la reducción en los costos operativos por las economías de escala en años anteriores.

una elevada proporción del recurso. Puede que estas empresas hayan presentado costos fijos constantes (p. ej costos de mantenimiento, gastos administrativos) (Ministerio de Pesquería, 2000), lo cual a mayor captura menor sería el CMe por desembarque, lo cual indicaría la presencia de economías de escala.

- Después del 1992, la presencia de deseconomías de escala se explica por las sobreinversiones incurridas para aumentar la flota pesquera y el esfuerzo para acaparar con la mayor cantidad posible del recurso, debido a los incentivos derivados del sistema de cuotas globales (Galarza & Collado, 2013; Paredes, 2012; Paredes, 2013; Tveternas et al., 2011). Estos sobrecostos suponen elevados costos fijos u operativos los cuales generaban que el CMe por desembarque sea mayor, agotando las economías de escala que se visualizaban en periodos anteriores.
- Tras la implementación de la ley LMCE 2008, como se puede deducir de lo mencionado en la sección 2.4, existieron 7 grandes empresas con integración vertical entre plantas harineras que poseían más de la mitad de la flota pesquera, las mismas que concentraron casi el 90% de la capacidad de bodega. Es decir, la extracción de anchoveta estaba en manos de pocas empresas que acaparaban casi la totalidad de la cuota pesquera sectorial (Landa, 2014; Bouchon, 2018). En este contexto la presencia de economías de escala podría explicarse debido, principalmente, a los costos fijos constantes, costos operativos que se compartan entre embarcaciones, y reducción de costos por reemplazo de embarcaciones de menor tamaño por otras de mayor tamaño. Estos argumentos explican un menor CMe.

Cabe resaltar que, conforme a la información empleada en este análisis, que es de serie de tiempo y emplea información para toda la industria pesquera, esto implica que la función de costo total de extracción de anchoveta se obtuvo mediante un análisis agregado de lo que ocurre para todo el sector en el periodo específico empleado. Por lo tanto, se señala que los resultados pueden cambiar si el periodo empleado fuera distinto. Así mismo solo se podría señalar que en tal periodo la industria está operando en deseconomías de escala si presenta un nivel de captura superior al mencionado. Este análisis no permite identificar en qué nivel de desembarque una firma presenta economías o deseconomías de escala.

V. CONCLUSIONES

La presente investigación determinó si bajo un esquema de eficiencia económica, en la metodología de cobros de derechos de pesca de la anchoveta destinada al CHI, la tasa *plana* asignada para la extracción anchoveta debería modificarse por una tasa diferenciada aplicada a cada armador pesquero. Para ello, se examinó la presencia de economías de escala en la industria pesquera peruana de extracción de anchoveta después de la ley LMCE 2008, mediante el uso de una función de costo total de extracción tipo Translog, empleando información anual durante el periodo 1986-2020. La función de costo total fue sometida a un riguroso análisis estadístico y a la evaluación de la teoría económica para asegurar su ajuste al contexto de la industria en estudio.

En primer lugar, los resultados revelan que esa función de costo total se ajusta a dos formas funcionales: Translog con presencia de elasticidades sustitución unitarias en la producción y Translog homotética en la estructura de la producción y con presencia de elasticidades sustitución unitarias. Se encontró que con ambas funciones la escala mínima eficiente ocurre entre 5 y 6 millones de TM. En línea con ello, dado que en la mayor parte de los años posteriores de la implementación de la ley LMCE 2008, los desembarques son menores a la escala mínima eficiente, se identifica que en la mayor parte de este periodo hay presencia de economías de escala. Estos resultados confirman las hipótesis específicas de la investigación.

En segundo lugar, dado que en la industria pesquera peruana de extracción de anchoveta existen economías de escala después de la reforma ley LMCE 2008; es decir más extracción en el sector menor es el costo medio de extracción; esto sugiere que existen mayores rentas en el sector. Dado que cada embarcación está sujeta a un nivel de cuota distinto, que equivale al máximo nivel que una embarcación puede extraer, esto señalaría que las rentas son distintas por cada embarcación industrial del sector. En consecuencia, bajo un esquema de eficiencia económica, los hallazgos en esta investigación respaldan la necesidad de implementar en la metodología de derechos de pesca de la anchoveta destinada al CHI una tarifa diferenciada aplicada a cada armador pesquero para poder capturar con la mayor parte de la renta económica. Este hallazgo confirma la hipótesis general de la investigación.

VI. RECOMENDACIONES

Debido a la presencia de economías de escala en la industria pesquera peruana de extracción de anchoveta después de la implementación de la ley LMCE 2008 (al menos en el periodo de estudio), se recomienda la revisión del sistema actual de derechos de pesca el cual establece una tarifa *flat* para capturar una fracción de la renta pesquera, ya que, ante la presencia de economías de escala, la generación de renta difiere de acuerdo con el tamaño de cuota de cada embarcación. Por lo tanto, ante este contexto, se sugiere evaluar una tarifa diferenciada para la extracción de renta pesquera ya que toma en consideración que la generación de renta pesquera es variable.

Para futuras investigaciones, para proporcionar una perspectiva más detallada sobre en qué nivel de cuota las firmas o embarcaciones experimentan economías o deseconomías de escala, se sugiere emplear información sobre los costos de estas empresas o embarcaciones ya sea de corte transversal o tipo panel para diferentes años. Dado que estos agentes pesqueros así nomás no revelan sus estados financieros se deben establecer mecanismos que permitan recolectar información sobre los costos a nivel de empresas o de embarcaciones.

También sería interesante emplear la forma función Translog para analizar las funciones de costo total de otras especies de gran importancia en el Perú, como la sardina.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adnan, N., Bashir, A., & Harunurrasyid, H. (2021). The Economies of Scale and Efficiency of Small-Scale Capture Fisheries in Kurau Village, Central Bangka District. *Marine Fisheries : Journal of Marine Fisheries Technology and Management*, 11(2), 121–133. <https://doi.org/10.29244/jmf.v11i2.32463>
- Alivelu, G. (2007). The Estimation of Indian Railway Cost Function. *Zagreb International Review of Economics & Business*, 10(1), 11–32. <https://hrcak.srce.hr/en/33424>
- Andersen, P., Andersen, J. L., & Frost, H. (2010). ITQs in Denmark and Resource Rent Gains. *Marine Resource Economics*, 25(1), 11–22. <https://doi.org/10.5950/0738-1360-25.1.11>
- Apoyo Consultoria S.A. (1999). *La crisis financiera del sector pesquero*. Documento no publicado
- Asche, F., Bjorndal, T., & Gordon, D. V. (2009). Resource Rent in Individual Quota Fisheries. *Land Economics*, 85(2), 279–291. <https://doi.org/10.3368/le.85.2.279>
- Basch, M., Peña, J., & Dufey, H. (1999). Economies of scale and stock-dependence in pelagic harvesting: the case of northern Chile. *Cuadernos de Economía*, 36(108), 841–873. <https://www.jstor.org/stable/41951345>
- BCRP. (2024a). *Anexo 24-Exportaciones de productos tradicionales. Memoria 2022*. Banco Central de Reserva del Perú. <https://www.bcrp.gob.pe/publicaciones/memoria-anual/memoria-2022.html>

- BCRP. (2024b). *Anexo 3-Producto bruto interno por sectores productivos. Memoria 2022*. Banco Central de Reserva del Perú. <https://www.bcrp.gob.pe/publicaciones/memoria-anual/memoria-2022.html>
- BCRP. (2024c). *Cotización de la exportación de Harina de Pescado del Perú*. Estadísticas.bcrp.gob.pe. <https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/>
- BCRP. (2024d). *Precios de Combustibles - Gasohol 84 Octanos (nuevos soles) / Índice 2007=100*.
- BCRP. (2024e). *Inflación anual (variación porcentual)*. Gerencia Central de Estudios Económicos. Banco Central de Reserva Del Perú. https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/cuadros/memoria/ca_020
- BCRP. (2024f). *Indicadores de riesgo para países*. Estadísticas.bcrp.gob.pe. <https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/%20series/mensuales/indicadores-de-riesgo-para-paises-emergentes-embig>
- Besanko, D., & Braeutigam, R. (2020). *Microeconomics* (6th ed.). Lise Johnson. <https://faculty.ksu.edu.sa/sites/default/files/David%20Besanko%2C%20Ronald%20Braeutigam%20-%20Microeconomics-Wiley%20%282020%29.pdf>
- BjØrndal, T., & Gordon, D. V. (2000). The Economic Structure of Harvesting for Three Vessel Types in the Norwegian Spring-Spawning Herring Fishery. *Marine Resource Economics*, 15(4), 281–292. <https://doi.org/10.1086/mre.15.4.42629327>
- Bouchon, M. (2018). La pesquería de anchoveta en Perú. *Rua.ua.es*. <https://rua.ua.es/dspace/handle/10045/103709>
- Cabral, L. M. B. (2000). Introduction to Industrial Organization. In *MIT Press Books* (1st ed., Vol. 1, Issue 1). The MIT Press. <https://ideas.repec.org/b/mtp/titles/0262032864.html>
- Chaparro, L. (2020). Estimación de la demanda del sector pesquero peruano a partir de las cuentas nacionales, en el periodo 1994-2016. *Anales Científicos*, 81(1), 13–24. <https://doi.org/10.21704/ac.v81i1.1534>
- Chiang, A. (1984). *Fundamental Methods of Mathematical Economics* (4th ed.). McGraw Hill.
- Cho, H.-S., & Nam, J.-O. (2020). An Analysis on Economies of Scale for Tuna Distant Longline Fishery Using a Translog Cost Function. *The Journal of Fisheries Business Administration*, 51(3), 17–31. <https://doi.org/10.12939/FBA.2020.51.3.017>

- Christensen, L. R., & Greene, W. H. (1976). Economies of Scale in U.S. Electric Power Generation. *Journal of Political Economy*, 84(4), 655–676. <https://www.jstor.org/stable/1831326>
- Damodaran, A. (2024). *Damodaran Online: Home Page for Aswath Damodaran*. Nyu.edu. <https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/>
- Dasgupta, P. (1982). The Control of Resources. In *Google Books*. Harvard University Press.
- Dowling, E. T. (2001). *Theory and problems of introduction to mathematical economics*. MC Graw Hill Education.
- Espinoza, H. R., & Saavedra, J. A. (2021). Costos que incurren las empresas pesqueras en la extracción de anchoveta [Trabajo de investigación para obtener el grado académico de Bachiller en Ciencias Económicas]. In *Universidad Privada Antenor Orrego*. <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/7429>
- Evans, D. S., & Heckman, J. J. (1984). A Test for Subadditivity of the Cost Function with an Application to the Bell System. *The American Economic Review*, 74(4), 615–623. <https://www.jstor.org/stable/1805127>
- FAO. (2024). *Producción de la pesca de captura. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022*. Food and Agriculture Organization. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/504574fc-bce1-4ee6-9507-6c6eae2f9dbf/content/sofia/2022/capture-fisheries-production.html>
- Furió, E., Matilde, B., & Pérez, A. (2023). *Evaluación de parámetros. La prueba de Wald*. <https://hal.science/hal-04263937/document>
- Galarza, E., & Collado, N. (2013). Los derechos de pesca: el caso de la pesquería de anchoveta peruana. *Apuntes: Revista de Ciencias Sociales*, 40(73), 7–42. <https://doi.org/10.21678/apuntes.73.686>
- Galarza, E., & Malarín, H. (1994). Lineamientos para el manejo eficiente de los recursos en el sector pesquero industrial peruano. *Repositorio de La Universidad Del Pacífico - UP*. <https://repositorio.up.edu.pe/handle/11354/1584>
- Garnaut, R. (2010). Principles and Practice of Resource Rent Taxation. *Australian Economic Review*, 43(4), 347–356. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8462.2010.00616.x>
- Geer, M. (2010). *Electricity cost modeling calculations*. Academic Press.

- Greaker, M., Grimsrud, K., & Lindholt, L. (2017). The potential resource rent from Norwegian fisheries. *Marine Policy*, 84, 156–166. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.07.014>
- Gujarati, D. N. (2004). *Econometría*. In *Google Books*. McGraw-Hill. <https://fvela.wordpress.com/wp-content/uploads/2012/10/econometria-damodar-n-gujarati-5ta-ed.pdf>
- Gunnlaugsson, S. B., Kristofersson, D., & Agnarsson, S. (2018). Fishing for a fee: Resource rent taxation in Iceland's fisheries. *Ocean & Coastal Management*, 163, 141–150. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2018.06.001>
- Gutiérrez, M., Herrera, N., & Marín, D. (1999). Distribución y abundancia de anchoveta y otras especies pelágicas entre los eventos El Niño 1982-83 y 1997-98. *Boletín Instituto Del Mar Del Perú*, 18(1-2), 77–88. <https://revistas.imarpe.gob.pe/index.php/boletin/article/view/171>
- Harris, J. M., & Roach, B. (2018). *Environmental and natural resource economics: A contemporary approach*. (4th ed.). Routledge.
- Hurtado, S. (1995). *NOTA TÉCNICA 17 Elasticidades de sustitución de factores en la industria manufacturera ecuatoriana*. <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/PublicacionesNotas/Catalogo/NotasTecnicas/nota17.pdf>
- IMARPE . (2012). *Numero de Embarcaciones Activas de Cerco 1980-2011*. Unidad de Dinámica de Poblaciones. Instituto Del Mar Del Perú.
- INDEXMUNDI. (2024). *Producción de Harina de pescado por país en miles de toneladas - Ranking de países*. https://www.indexmundi.com/agriculture/?producto=harina-de-pescado&variable=produccion&l=es#google_vignette
- INEI. (1992). *Cuentas nacionales sectoriales institucionales 1991*. Instituto Nacional de Estadística E Informática.
- INEI. (1994). *Desembarque de productos pesqueros para consumo humano directo e indirecto por utilización: 1970-93. Perú: Compendio Estadístico 1993-94*. Dirección Técnica de Indicadores Económicos.
- INEI. (1996). *Compendio Estadístico 1995-96. Lima Metropolitana: Precio promedio anual y mensual de los principales servicios y combustibles 1987-1996*. Instituto Nacional de Estadística E Informática.

- https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib0169/n19/ce961913.htm
- INEI. (2001). *Biomasa estimada de especies pelágicas 1990-2000*. Perú: *Compendio Estadístico Perú 2001*. Instituto Nacional de Estadística E Informática.
- INEI. (2014). *Biomasa estimada de especies pelágicas 2001-2013*. Perú: *Compendio Estadístico Perú 2014*. Instituto Nacional de Estadística E Informática. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1173/COMPENDIO2014.html
- INEI. (2021). *Remuneración mínima vital mensual, 1981-2021*. Perú: *Compendio Estadístico 2021. Tomo I*. Instituto Nacional de Estadística E Informática.
- INEI. (2022). *Biomasa estimada de especies pelágicas 2013-2021*. Perú: *Anuario de Estadísticas Ambientales 2022*. Instituto Nacional de Estadística E Informática.
- INEI. (2023). *Desembarque de recursos marítimos según especie. Estadísticas sectoriales*. <https://m.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/fishing>
- INEI. (2024). *Compendio Estadístico 1995-96 - II. PESCA*. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib0169/n00.htm
- INEI. (n.d.). *PIB pesca por el método del ingreso*. Solicitud de Información. Instituto Nacional de Estadística E Informática.
- Inurritegui, R. (2009). *Avances ambientales del sector pesquero*.
- Kleeberg, F., & Rojas, M. (2012). *Pesquería y acuicultura en el Perú*. Fondo Editorial Universidad de Lima.
- Kleeberg, F., Rojas, M., & Arroyo, P. (1999). La industria Pesquera en el Perú. *Ingeniería Industrial*, 0(024), 123. <https://doi.org/10.26439/ing.ind1999.n024.936>
- Kroetz, K., Sanchirico, J. N., Contreras, E. G., Novoa, D. C., Collado, N., & Swiedler, E. W. (2019). Examination of the Peruvian Anchovy Individual Vessel Quota (IVQ) System. *Marine Policy*, 101, 15–24. <https://doi.org/10.18235/0000598>
- Landa, Y. (2014). *La pesca de la anchoveta, el óptimo social y el desarrollo sostenible en el sector*. <http://132.248.9.195/ptd2014/mayo/0713027/0713027.pdf>
- Lazkano, I. (2008). Cost Structure and Capacity Utilisation in Multi-product Industries: An Application to the Basque Trawl Industry. *Environmental and Resource Economics*, 41(2), 189–207. <https://doi.org/10.1007/s10640-007-9187-3>

- López, G., & Alviar, M. (2001). Elementos Teóricos Para El Análisis Empírico De la demanda. *Lecturas de Economía*, 54, 99–114. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4833992>
- Markowitz, H. (1952). Teoría de la Cartera de Markowitz. *The Journal of Finance*, 7(1), 77–91. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1952.tb01525.x>
- Martínez, C., Ledesma, C., & Russo, J. (2014). Modelo de Cálculo de las Betas a aplicar en el Capital Asset Pricing Model. *Estudios Gerenciales*, 30, 200–208. <https://doi.org/10.1016/j.estger.2014.03.002>
- Martinez-Giralt, X. (2008). *Microeconomía Avanzada*. <http://hurkens.iae-csic.org/teaching/MA1/MicroAv.pdf>
- MINEM. (n.d.). *Evolución de los precios promedio de venta de combustibles al consumidor en Lima Metropolitana. Anuario Estadístico de Hidrocarburos. Anuario Estadístico de Hidrocarburos 2010*. Ministerio de Energía Y Minas. <https://www.gob.pe/institucion/minem/informes-publicaciones/5137326-anuario-estadistico-de-hidrocarburos-2010>
- Ministerio de Pesquería. (2000). *Un mar de oportunidades. Flota y planta industrial*. Documento no publicado online.
- Molina, A. (2017). ¿Qué significa realmente el valor de p? *Pediatría Atención Primaria*, 19(76), 377–381. https://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S1139-76322017000500014&script=sci_abstract
- Moss, C., Erickson, K., Ball, V., & Mishra, A. (2003). *A Translog Cost Function Analysis of U.S. Agriculture: A Dynamic Specification A Translog Cost Function Analysis of U.S.* <https://core.ac.uk/download/pdf/6813544.pdf>
- Natividad, G. (2016). Quotas, productivity, and prices: The case of anchovy fishing. *Journal of Economics & Management Strategy*, 25(1), 220–257.
- Nedelea, C. (2007). *Analyzing the cost of harvesting and the economic structure of Florida grouper fishery* [LSU Master's Theses]. https://repository.lsu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=3981&context=gradschool_theses
- Nguyen, S. V., & Reznick, A. P. (1991). Returns to Scale in Small and Large U.S. Manufacturing Establishments. *Small Business Economics*, 3(3), 197–214. <https://www.jstor.org/stable/40228723>

- Nicholson, W. (2008). *Teoría microeconómica. Principios básicos y ampliaciones: principios básicos y ampliaciones* (9th ed.).
- Nøstbakken, L. (2006). Cost structure and capacity in the Norwegian pelagic fisheries. *Applied Economics*, 38(16), 1877–1887. <https://doi.org/10.1080/00036840500427197>
- Paredes, C. E. (2010). *Reformando el sector de la anchoveta peruana. Progreso Reciente y Desafíos Futuros*. https://institutodelperu.pe/wp-content/uploads/2015/09/contenido_carlos_paredes_-_reforma_de_la_presqueria_anchoveta_peru.pdf
- Paredes, C. E. (2012). Eficiencia y equidad en la pesca peruana: la reforma y los derechos de pesca. *Report to the Consorcio de Investigación Económica Y Social (CIES)*. http://cies.org.pe/sites/default/files/investigaciones/eficiencia_y_equidad_en_la_reforma_de_la_pesca_en_el_peru.pdf
- Paredes, C. E. (2013). *¿ATRAPADOS EN LA RED? LA REFORMA Y EL FUTURO DE LA PESCA - San Cristobal Libros SAC. Derechos Reservados* (Fondo Editorial Universidad San Martin de Porres.). Consorcio de Investigación Economía y Social-CIES.
- Paredes, C. E., & Gutiérrez, M. E. (2008). *La industria anchovetera peruana: costos y beneficios. Un análisis de su evolución reciente y de los retos para el futuro*. Report prepared for the World Bank by the Peruvian Institute at the Universidad San Martin de Porres, Lima.
- Plencovich, V. S. (2020). Régimen de acceso a los recursos pesqueros : análisis económico del sistema que rige la pesca industrial en Chile. *Repositorio.uchile.cl*. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/174574>
- Resolución Ministerial N.º 150-2019-PRODUCE, Proyecto de Decreto Supremo que modifica los artículos 43 y 45 del Reglamento de la Ley General de Pesca, aprobado por Decreto Supremo N° 012-2001-PE. www.gob.pe (2019). <https://www.gob.pe/institucion/produce/normas-legales/274293-150-2019-produce>
- PRODUCE. (2023). *Número de embarcaciones de madera y acero y capacidad de bodega del periodo 2009-2021*. Memorando 1317-2023-PRODUCE/DECHDI. Documento No Publicado.

- Ray, S. C. (1982). A Translog Cost Function Analysis of U.S. Agriculture, 1939–77. *American Journal of Agricultural Economics*, 64(3), 490–498. <https://doi.org/10.2307/1240641>
- Reyes, G. E. (2006). Dualidad de las funciones de costo y de producción en sus formas homotética y no homotética con aplicación de transformadas de Lagrange. *Revista de Ciencias Sociales*, 12(3), 409–416. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-95182006000300002
- Rosales, R., Perdomo, J., Morales, C., & Urrego, J. (2009). *Intermediate economics: Theory and applications*. https://mpra.ub.uni-muenchen.de/37183/1/MPRA_paper_37183.pdf
- Ruiz, J. C. (2020). Propuesta metodológica para el cálculo de los derechos de pesca e implicancias de política pesquera: el caso de la pesquería de la anchoveta peruana (*Engraulis ringens*). In *Repositorio Académico USMP*. <https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/13203>
- Salgado, H., & Bernal, L. E. (2017). Funciones de costos translogarítmicas. Una aplicación para el sector manufacturero mexicano. *El Trimestre Económico*, 77(307), 683. <https://doi.org/10.20430/ete.v77i307.450>
- Salvanes, K. G. (1989). The Structure of the Norwegian Fish Farming Industry: An Empirical Analysis of Economies of Scale and Substitution Possibilities. *Marine Resource Economics*, 6(4), 349–373. <https://doi.org/10.1086/mre.6.4.42628827>
- Santibañez, F., & Santibañez, F. (2003). *Libro de Oro de la Pesquería Peruana. Capítulo 5: La apuesta por el Perú: Reconversión Industrial del sector*. Sociedad Nacional de Pesquería. Publicamente no disponible.
- Silberston, A. (1972). Economies of scale in theory and practice. *The Economic Journal*, 82(325s), 369–391.
- Stavins, R. N. (2011). The Problem of the Commons: Still Unsettled after 100 Years. *American Economic Review*, 101(1), 81–108. <https://doi.org/10.1257/aer.101.1.81>
- Talledo, S. L. (2010). Situación y perspectiva de la harina de pescado : caso peruano de 1980-2007. *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/2313>

- Tveteras, S., Paredes, C. E., & Peña-Torres, J. (2011). Individual Vessel Quotas in Peru: Stopping the Race for Anchovies. *Marine Resource Economics*, 26(3), 225–232. <https://doi.org/10.5950/0738-1360-26.3.225>
- Vargas, B. E. (2014). La Función de producción COBB - DOUGLAS. *Fides et Ratio - Revista de Difusión Cultural Y Científica de La Universidad La Salle En Bolivia*, 8(8), 67–74. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-081X2014000200006
- Viton, P. A. (1981). A Translog Cost Function for Urban Bus Transit. *The Journal of Industrial Economics*, 29(3), 287. <https://doi.org/10.2307/2098305>

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Estimación de los derechos de pesca y comparación con la renta económica del recurso

Año	UIT/Precio promedio (FOB US\$/TMB)	Tasa flat	Miles TM descargadas para CHI	Derechos de Pesca (Miles US\$)	Tipo de cambio (S// US\$)	Derechos de Pesca (Miles S/)	Derecho de pesca por TM de desembarque (Miles S//TM)	Excedente de explotación	COK	Renta del recurso (miles de S/)	Porcentaje que representa los derechos de pesca en la renta del recurso (%)
2001	3,000.00	0.08%	6,347.67	14,282.26	3.51	50,103.78	2.25	948,820.00	0.15	804,978.89	6.22%
2002	3,100.00	0.08%	8,082.90	18,792.74	3.52	66,106.39	2.33	1,181,212.00	0.14	1,012,062.44	6.53%
2003	3,100.00	0.08%	5,335.51	12,405.06	3.48	43,159.78	2.33	971,056.00	0.12	853,558.22	5.06%
2004	3,200.00	0.12%	8,797.14	32,654.97	3.41	111,478.17	3.71	858,097.00	0.11	760,359.75	14.66%
2005	3,300.00	0.12%	8,628.40	33,029.50	3.30	108,888.01	3.83	1,363,735.00	0.10	1,230,907.21	8.85%
2006	3,400.00	0.12%	5,891.84	23,237.41	3.27	76,092.48	3.94	1,399,825.00	0.08	1,285,179.33	5.92%
2007	959.76	0.25%	6,084.71	14,599.67	3.13	45,681.78	2.40	1,455,046.00	0.08	1,342,134.43	3.40%
2008	902.67	0.25%	6,159.39	13,899.71	2.93	40,669.40	2.26	1,708,673.00	0.11	1,521,744.17	2.67%
2009	925.93	0.25%	5,828.64	13,492.25	3.01	40,641.42	2.31	1,732,443.00	0.10	1,564,569.27	2.60%
2010	1,486.28	0.25%	3,330.41	12,374.85	2.83	34,968.68	3.72	1,751,598.29	0.08	1,612,696.55	2.17%
2011	1,368.44	0.25%	7,000.09	23,948.01	2.75	65,969.79	3.42	2,367,477.00	0.08	2,172,396.90	3.04%
2012	1,328.32	0.25%	3,693.87	12,266.65	2.64	32,361.79	3.32	2,048,000.00	0.08	1,875,968.00	1.73%
2013	1,601.89	0.25%	4,754.12	19,038.95	2.70	51,458.12	4.00	1,393,945.37	0.10	1,254,132.65	4.10%
2014	1,559.83	0.25%	2,263.83	8,827.96	2.84	25,065.94	3.90	775,127.84	0.10	698,622.72	3.59%
2015	1,657.97	0.25%	3,686.80	15,281.52	3.19	48,688.30	4.14	1,530,597.47	0.10	1,373,098.99	3.55%
2016	1,575.90	0.25%	2,777.55	10,942.81	3.38	36,955.23	3.94	1,311,134.90	0.10	1,180,545.87	3.13%
2017	1,415.20	0.25%	3,208.54	11,351.82	3.26	37,031.50	3.54	1,491,968.06	0.09	1,355,154.59	2.73%
2018	1,522.94	0.25%	6,072.89	23,121.64	3.29	76,027.06	3.81	2,933,975.32	0.12	2,595,687.97	2.93%
2019	1,434.58	0.43%	3,381.44	20,858.99	3.34	69,643.14	6.17	2,724,000.00	0.19	2,193,092.40	3.18%
2020	1,368.69	0.43%	4,320.76	25,429.28	3.50	88,931.31	5.89	3,197,000.00	0.10	2,876,980.30	3.09%
2021	1,493.65	0.43%	5,170.91	33,211.09	3.88	128,996.66	6.42	4,413,000.00	0.10	3,975,671.70	3.24%

Anexo 2: Estimación de la tasa del costo de oportunidad de la industria pesquera peruana

Para la elaboración del COK de la industria pesquera en el Perú se ha considerado a la actividad de la Harina de Pescado, dado que se tiene información de este producto sobre precios o cotizaciones anuales en los mercados. Se utilizó el modelo del Capital Asset Pricing Model (CAPM) inicialmente propuesto por Markowitz (1952) y ampliado en varias propuestas metodológicas, modelo que considera el retorno libre de riesgo (R_{fr}), más el retorno con riesgo ($\beta \times (R_m - R_{fr})$) y el riesgo país (R_p).

$$CAPM = COK = R_{fr} + \beta \times (R_m - R_{fr}) + R_p$$

Para el R_{fr} , se tomó como referencia el rendimiento anual de los bonos del tesoro norteamericano con vencimiento a 10 años, de la base de datos digital trabajado por el profesor Ashath Damodaran (2024).

Para el Rendimiento del Mercado (R_m) se considera el retorno promedio de un índice representativo del mercado internacional de valores, se tomó como referencia el retorno anual del índice Standar & Poor's, las 500 acciones más líquidas (S&P 500), de la base de datos digital de Ashath Damodaran (2024).

El riesgo sistemático (β), indica el grado de volatilidad del rendimiento de la Harina de Pescado (variación porcentual anual de su cotización) en relación con el rendimiento del mercado, utilizando para ello la medida de la covarianza (Martines et al., 2014). Los datos de la cotización de la exportación de Harina de Pescado del Perú, es la obtenida de la Bolsa internacional de Hamburgo, cuya serie anual es publicada digitalmente por el BCRP desde 1970 (BCRP, 2024c).

El riesgo país (R_p) considera la posición en que un país sea vea imposibilitado de pagar sus deudas a sus acreedores internacionales, y se determina por la diferencia o spread de la tasa de rendimiento de los bonos del tesoro del Perú con la tasa de rendimiento de los bonos del tesoro norteamericano, datos tomados de la serie anual publicada digitalmente por el BCRP desde 1998, período en que se registran estos indicadores, siendo el dato mejor obtenido desde el 2003 tras la implementación del programa de creadores de mercado por el Ministerio de Economía (BCRP, 2024f).

Anexo 3: Capacidad de bodega de la flota pesquera de las empresas de extracción pesquera

Empresa	1998 (1)	Empresa	2007 (2)	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Pesquera Austral (Austral Group S.A.A.)	14,627	Tecnológica de Alimentos S.A.	0.13	2,640,325	1,493,454	2,966,241	2,015,469	2,382,639	1,524,778	2,102,505	1,968,301	2,208,569	2,784,510	1,926,717	757,130
Grupo Sipesa (Tecnológica de Alimentos S.A.)	13,938	Pesquera Exalmar S.A.	0.04	972,324	639,681	1,067,875	852,587	898,205	626,680	921,761	876,647	1,008,657	1,335,267	908,202	593,056
Corporación del Mar S.A.	5,849	Corporación Pesquera Inca S.A.C	0.10	1,455,555	867,813	1,383,263	1,022,998	1,202,293	640,770	918,804	931,807	984,024	1,552,521	1,065,881	572,337
Envasadora Chimbote Export S.A.	4,608	Pesquera Diamante S.A.	0.07	1,196,588	671,622	1,535,189	1,023,669	1,052,059	790,391	958,102	815,021	927,771	1,331,748	948,497	397,992
Pesquería María del Carmen S.A.	4,092	Pesquera Hayduk S.A.	0.06	708,257	443,451	959,792	657,766	808,085	426,461	718,042	682,990	736,774	1,164,298	734,054	384,306
Del mar S.A.	3,614	Austral Group S.A.A.	0.06	1,049,190	787,008	1,147,289	764,787	977,463	574,755	738,852	648,705	745,071	1,318,702	774,490	276,203
Grupo de negocios Paita S.A.	3,035	C.F.G. Investment S.A.C.	0.04	824,524	438,023	1,033,207	717,367	787,564	466,822	843,132	634,188	679,421	944,937	666,434	164,135
Resto de empresas	1,838,415	Resto de empresas	0.45	1,815,608	982,230	1,793,924	879,336	1,032,496	488,148	875,142	792,742	683,757	1,363,924	819,500	370,990

(1) La información del año 1998 de la información mencionada por Apoyo Consultoría S.A (1999), sobre la Concentración de flota y de capacidad de bodega en el año 1998.

(2) La información del año 2007, se obtuvo de la participación de las 7 grandes empresas sobre la cuota total establecida en Landa (2014).

(3) Del año 2009-2020, es información compartida por PRODUCE, en el año 2021.

Anexo 4: Número de embarcaciones por empresas de extracción pesquera

Empresa	1998 (1)	Empresa	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Grupo Sipesa (Tecnológica de Alimentos S.A.)	46	Corporación Pesquera Inca S.A.C	182	110	113	165	156	100	100	94	101	52	64	106
Pesquera Austral (Austral Group S.A.A.)	37	Pesquera Exalmar S.A.	31	40	32	34	40	71	51	69	86	18	46	77
Corporación del Mar S.A.	18	Austral Group S.A.A.	303	246	338	269	260	165	171	162	191	184	127	72
Del mar S.A.	17	Tecnológica de Alimentos S.A.	70	93	79	90	82	101	89	90	101	74	81	69
Pesquería María del Carmen S.A.	13	C.F.G. Investment S.A.C.	125	127	88	84	84	149	189	199	117	176	190	65
Envasadora San Antonio S.A.	11	Pesquera Hayduk S.A.	40	38	37	29	31	37	26	22	31	39	66	51
Envasadora Chimbote Export S.A.	10	Pesquera Diamante S.A.	39	29	54	63	64	77	45	17	42	31	24	37
Resto de empresas	651	Resto de empresas	256	265	198	109	109	95	100	122	95	195	249	355

(1) La información del año 1998 de la información mencionada por Apoyo Consultoría S.A (1999), sobre la Concentración de flota y de capacidad de bodega en el año 1998.

(2) Del año 2009-2020, es información compartida por PRODUCE, en el año 2021.

Anexo 5: Regresión mediante mínimo cuadrados ordinarios de las variables económicas en niveles

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	33
				F(4, 28)	=	11.35
Model	11896281	4	2974070.26	Prob > F	=	0.0000
Residual	7335504.72	28	261982.312	R-squared	=	0.6186
				Adj R-squared	=	0.5641
Total	19231785.8	32	600993.305	Root MSE	=	511.84

CT	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
Q	157.9615	48.5338	3.25	0.003	58.54457 257.3785
P1	12.96133	2.898985	4.47	0.000	7.023027 18.89963
P2	-1.054929	5.89985	-0.18	0.859	-13.14022 11.03037
P3	.2159105	.0763264	2.83	0.009	.0595629 .3722582
_cons	-462.1521	736.9413	-0.63	0.536	-1971.708 1047.404

Anexo 6: Prueba de Dickey-Fuller a los errores

Dickey-Fuller test for unit root Number of obs = 32

Test Statistic	Interpolated Dickey-Fuller		
	1% Critical Value	5% Critical Value	10% Critical Value
Z(t)	-2.932	-3.702	-2.622

MacKinnon approximate p-value for Z(t) = 0.0417

Anexo 7: Regresiones de las variables económicas de estudio con respecto al tiempo

. reg lnCT t						reg lnP1 t							
Source	SS	df	MS	Number of obs	=	52	Source	SS	df	MS	Number of obs	=	51
Model	4.67476669	1	4.67476669	F(1, 50)	=	5.44	Model	.395600319	1	.395600319	F(1, 49)	=	1.64
Residual	42.9828592	50	.859657184	Prob > F	=	0.0238	Residual	11.807928	49	.240978122	Prob > F	=	0.2061
Total	47.6576259	51	.934463253	R-squared	=	0.0981	Total	12.2035283	50	.244070566	R-squared	=	0.0324
				Adj R-squared	=	0.0801					Adj R-squared	=	0.0127
				Root MSE	=	.92718					Root MSE	=	.4909
lnCT	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]		lnP1	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
t	.0199777	.008567	2.33	0.024	-.0027704 .037185		t	.0059834	.0046699	1.28	0.206	-.0034011 .0153679	
_cons	-32.75429	17.09592	-1.92	0.061	-67.09246 1.583888		_cons	-7.829826	9.316706	-0.84	0.405	-26.55245 10.8928	

reg lnP2 t						. reg lnP3 t							
Source	SS	df	MS	Number of obs	=	52	Source	SS	df	MS	Number of obs	=	52
Model	8.68910636	1	8.68910636	F(1, 50)	=	51.37	Model	5.83521016	1	5.83521016	F(1, 50)	=	15.86
Residual	8.45692304	50	.169138461	Prob > F	=	0.0000	Residual	18.4007906	50	.368015812	Prob > F	=	0.0002
Total	17.1460294	51	.336196655	R-squared	=	0.9068	Total	24.2360008	51	.475215701	R-squared	=	0.2408
				Adj R-squared	=	0.4969					Adj R-squared	=	0.2256
				Root MSE	=	.41126					Root MSE	=	.60664
lnP2	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]		lnP3	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
t	-.0272366	.0038	-7.17	0.000	-.0348692 -.0196041		t	.02232	.0056053	3.98	0.000	.0110614 .0335786	
_cons	59.51196	7.583176	7.85	0.000	44.28071 74.74322		_cons	-36.94411	11.1857	-3.30	0.002	-59.41125 -14.47697	

Anexo 8: Validación de las condiciones de una función de costo bien comportada

En este Anexo, se presenta los resultados de la: condición 3: monotonicidad en q , condición 4: monotéticamente creciente en p_i y condición 5: concavidad con respecto a los p_i para cada modelo A, B, C y D.

Sobre la condición 3, los resultados muestran que el \widehat{CMg} estimado en las medias muestrales de las variables, es decir a medida que el nivel de q aumenta, CTA también aumenta. En otras palabras, los cuatro modelos son monótonos en q .

Respecto a la condición 4, en los modelos A y B, los coeficientes \widehat{S}_2 y \widehat{S}_3 son positivos y \widehat{S}_1 es negativo, mientras que en los modelos C y D, \widehat{S}_1 , \widehat{S}_2 y \widehat{S}_3 son positivos. Esto sugiere que la participación de gasto de los factores en el CTA en los modelos C y D siempre es positiva. En consecuencia, solo los modelo C y D cumplen con la condición de monoteticidad creciente con respecto a los p_i .

Con respecto a la condición 5, en los modelos A y B, $|H_{C1}|$ es positivo, mientras que $|H_{C2}|$ y $|H_{C3}|$ son negativos. Estos resultados indican que la H_C es indefinida (Dowling, 2001). En los modelos C y D, los $|H_{Ci}|$ se alternan en signo, señalando que H_C es definida negativa, y por lo tanto en estos modelos CTA es cóncava con respecto a los p_i .

En conclusión, estos resultados sugieren que los modelos C y D son los más adecuados para representar la estructura de la función de CTA.

Condiciones teóricas que debe cumplir la función de costo total de extracción tipo Translog

Condiciones	Variable	A	B	C	D	
Condición 3:						
Monoteticidad en q	\widehat{CMg}	228.695	280.851	286.348	297.599	
Condición 4:						
Monoteticidad creciente con respecto a los p_i	\widehat{S}_1	-4.392	-5.378	0.332	0.205	
	\widehat{S}_2	3.472	4.672	0.555	0.595	
	\widehat{S}_3	1.920	1.705	0.112	0.199	
	\widehat{S}_{suma}	1.000	1.000	1.000	1.000	
Condición 5:						
Concavidad con respecto a los p_i	H_C	$\begin{bmatrix} 1.35 & 1.04 & 1.09 \\ 1.04 & 0.65 & 1.20 \\ 1.09 & 1.20 & 0.32 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1.24 & 1.02 & 1.11 \\ 1.02 & 0.74 & 1.19 \\ 1.11 & 1.19 & 0.25 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} -2.01 & 1.00 & 1.00 \\ 1.00 & -0.80 & 1.00 \\ 1.00 & 1.00 & -7.88 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} -3.88 & 1.00 & 1.00 \\ 1.00 & -0.68 & 1.00 \\ 1.00 & 1.00 & -4.02 \end{bmatrix}$	
	$ H_{C1} $	1.354	1.240	-2.009	-3.877	
	$ H_{C2} $	-0.201	-0.123	0.610	1.631	
	$ H_{C3} $	-0.067	$-7.03 \cdot 10^{-8}$	$-9.3 \cdot 10^{-7}$	$-3.38 \cdot 10^{-7}$	