

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA
FACULTAD DE PESQUERÍA**



**“IMPACTO ECONÓMICO DE LA SOBREPESCA POR
CRECIMIENTO EN LA PESCA INDUSTRIAL DE LA
ANCHOVETA (*Engraulis ringens*), DURANTE EL PERIODO 2000-
2019”**

TESIS PARA OPTAR TÍTULO DE INGENIERO PESQUERO

RICARDO RAY REYNAGA ROJAS

LIMA-PERÚ

2023

**La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente
investigación (Art. 24 - Reglamento de Propiedad Intelectual)**

Document Information

Analyzed document	Tesis Ricardo Reynaga Rojas.docx (D152167135)
Submitted	2022-12-05 20:41:00
Submitted by	jaime humberto mendo aguilar
Submitter email	jmendo@lamolina.edu.pe
Similarity	0%
Analysis address	jmendo.unalm@analysis.arkund.com

Sources included in the report

W	URL: https://peru.oceana.org/informes/juveniles-en-las-redes-impactos-del-enmallamiento-en-segunda-... Fetched: 2022-12-05 20:46:00		1
W	URL: https://core.ac.uk/download/pdf/323342273.pdf Fetched: 2022-10-25 01:53:39		1

Entire Document

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA FACULTAD DE PESQUERÍA
"IMPACTO ECONÓMICO DE LA SOBREPESCA POR CRECIMIENTO EN LA PESCA INDUSTRIAL DE LA ANCHOVETA (Engraulis ringens) DURANTE EL PERIODO 2000-2019"
TESIS PARA OPTAR TÍTULO DE INGENIERO PESQUERO
RICARDO RAY REYNAGA ROJAS
LIMA-PERÚ
2022

----- La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación (Art. 24 - Reglamento de Propiedad Intelectual)
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA FACULTAD DE PESQUERÍA
"IMPACTO ECONÓMICO DE LA SOBREPESCA POR CRECIMIENTO EN LA PESCA INDUSTRIAL DE LA ANCHOVETA (Engraulis ringens) DURANTE EL PERIODO 2000-2019"
TESIS PARA OPTAR TÍTULO DE INGENIERO PESQUERO
Presentado por: RICARDO RAY REYNAGA ROJAS Sustentada y aprobada por el siguiente jurado:
Dr. Luis Alfredo Icochea Salas Presidente
M. Sc. Arcadio Henry Orrego Albañil MBA Carlos Ricardo Guadalupe Butrón Miembro Miembro
Dr. Jaime Humberto Mendo Aguilar Dr. Marc Hollis Taylor Asesor Co-Asesor

DEDICATORIA
A mis padres Lastenia y Maximiliano, por su amor, confianza y apoyo incondicional A mi hermano Fernando, por sus consejos para ser un mejor profesional A mi abuela Aureliana, por su amor y motivación para seguir avanzando

AGRADECIMIENTOS
A mi asesor el Dr. Jaime Mendo Aguilar, por brindarme su orientación, confianza y apoyo para la realización de esta tesis, y por sus consejos que me permitieron crecer a nivel profesional y personal. A mi co-asesor el Dr. Marc Hollis Taylor, por su confianza, apoyo y consejos durante la realización de la tesis. A mis compañeros Almendra y Enrique, por su apoyo y disponibilidad para la realización de la tesis. A mi jurado evaluador, el Dr. Luis Icochea, el M. Sc. Henry Orrego y el MBA Ricardo Guadalupe, por sus comentarios y sugerencias que permitieron mejorar el contenido de la tesis. A las entidades públicas, el Instituto del Mar del Perú (IMARPE), el Ministerio de la Producción (PRODUCE) y el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) por brindarme la información solicitada para la realización de esta tesis. A todos los que contribuyeron de alguna u otra manera en la ejecución de esta tesis.

INDICE GENERAL

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE PESQUERÍA

**“IMPACTO ECONÓMICO DE LA SOBREPESCA POR CRECIMIENTO EN
LA PESCA INDUSTRIAL DE LA ANCHOVETA (*Engraulis ringens*), DURANTE
EL PERIODO 2000-2019”**

Presentado por:

Ricardo Ray Reynaga Rojas

Tesis para optar el Título de:

INGENIERO PESQUERO

Sustentado y aprobado por el siguiente jurado:

Dr. Luis Alfredo Icochea Salas
Presidente

M. Sc. Carlos Ricardo Guadalupe Butrón
Miembro

M. Sc. Arcadio Henry Orrego Albañil
Miembro

Dr. Jaime Humberto Mendo Aguilar
Asesor

Dr. Marc Hollis Taylor
Co-Asesor

Lima, 2023

DEDICATORIA

A mis padres Lastenia y Maximiliano, por su amor, confianza y apoyo incondicional

A mi hermano Fernando, por sus consejos para ser un mejor profesional

A mi abuela Aureliana, por su amor y motivación para seguir avanzando

AGRADECIMIENTOS

A mi asesor el Dr. Jaime Mendo Aguilar, por brindarme su orientación, confianza y apoyo para la realización de esta tesis, y por sus consejos que me permitieron crecer a nivel profesional y personal.

A mi co-asesor el Dr. Marc Hollis Taylor, por su confianza, apoyo y consejos durante la realización de la tesis.

A mis compañeros Almendra y Enrique, por su apoyo y disponibilidad para la realización de la tesis.

A mi jurado evaluador, el Dr. Luis Icochea, el M. Sc. Henry Orrego y el M. Sc. Ricardo Guadalupe, por sus comentarios y sugerencias que permitieron mejorar el contenido de la tesis.

Al Dr. Rubén Miranda por brindarme información acerca del tema de tesis y por sus sugerencias respectivas.

A las entidades públicas, el Instituto del Mar del Perú (IMARPE), el Ministerio de la Producción (PRODUCE) y el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) por brindarme la información solicitada para la realización de esta tesis.

A todos los que contribuyeron de alguna u otra manera en la ejecución de esta tesis.

INDICE GENERAL

RESUMEN

ABSTRACT

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	REVISIÓN LITERARIA.....	3
	2.1. Biología y ecología.....	3
	2.1.1. Descripción morfológica y taxonomía.....	3
	2.1.2. Distribución y hábitat.....	4
	2.1.3. Alimentación.....	6
	2.1.4. Reproducción.....	6
	2.1.5. Crecimiento y mortalidad.....	8
	2.2. Dinámica poblacional de la anchoveta.....	10
	2.2.1. Evaluación de stocks.....	10
	2.3. Pesquería industrial de la anchoveta.....	12
	2.3.1. Normativa.....	12
	2.3.2. Desembarques.....	14
	2.3.3. Flota pesquera.....	15
	2.3.4. Arte de pesca.....	18
	2.3.5. Sobrepesca.....	25
	2.4. Industria de harina y aceite de pescado.....	30
	2.4.1. Plantas de procesamiento.....	30
	2.4.2. Producción.....	32
	2.4.3. Exportación.....	34
III.	METODOLOGÍA.....	37
	3.1. Lugar y ubicación del estudio.....	37
	3.2. Descripción general del estudio.....	38
	3.3. Fuente de la información.....	38

3.4.	Análisis y procesamiento de la información.....	38
3.4.1.	Estimación del peso de la captura de los juveniles.....	38
3.4.2.	Estimación de la biomasa de los juveniles a tallas mínimas de captura de 12 cm.....	39
3.4.3.	Determinación del volumen de la producción de harina y aceite de pescado.....	40
3.4.4.	Determinación del valor de la producción de harina y aceite de pescado.....	41
3.4.5.	Evaluación del impacto económico de la sobrepesca por crecimiento.....	43
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	45
4.1.	Composición de la captura	45
4.2.	Estimación del peso de la captura de los juveniles.....	51
4.3.	Estimación de la biomasa de los juveniles a tallas mínimas de captura de 12 cm.....	52
4.4.	Determinación del volumen de la producción de harina y aceite de pescado.....	53
4.4.1.	Predicción del contenido de grasa.....	53
4.4.2.	Factores de conversión.....	55
4.4.3.	Determinación del volumen de la producción de harina y aceite de pescado.....	56
4.5.	Determinación del valor de la producción de harina y aceite de pescado.....	61
4.5.1.	Actualización de los precios nominales a precios reales.....	61
4.5.2.	Determinación de los ingresos económicos no percibidos.....	64
4.6.	Valoración del modelo predictivo.....	68
4.7.	Algunas consideraciones para el manejo pesquero.....	69
5.	CONCLUSIONES.....	71
6.	RECOMENDACIONES.....	72
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	73
8.	ANEXOS.....	95

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Parámetros de crecimiento determinados por varios autores mediante el análisis de la composición por tallas.

Tabla 2: Longitud máxima (braza) de las redes de cerco para embarcaciones que cuenten con permiso de pesca para anchoveta. Tomado de la Resolución Ministerial N° 225-2001-PE

Tabla 3: Composición proximal de la anchoveta. Tomado de Instituto del Mar del Perú (IMARPE) & Instituto Tecnológico Pesquero del Perú (ITP), 1996

Tabla 4: Resultados de análisis de tendencias a la captura de juveniles (millones de individuos) a diferentes a periodos de tiempo

Tabla 5: Captura de juveniles ($\text{tx}10^3$), biomasa estimada de juveniles a 12 cm ($\text{tx}10^3$) y biomasa no percibida ($\text{tx}10^3$) durante el periodo 2000-2019

Tabla 6: Estimación del porcentual del contenido de grasa (cg_{ij}) y factores de conversión de harina (FC_h) y aceite (FC_a) de pescado

Tabla 7: Volumen de producción de harina y aceite proveniente de la captura juvenil ($\text{tx}10^3$), de la biomasa estimada a 12 cm ($\text{tx}10^3$) y de la biomasa no percibida ($\text{tx}10^3$) durante el periodo 2000-2019

Tabla 8: Valor de los ingresos proveniente de la captura juvenil (Millones de US\$), de la biomasa estimada a 12 cm (Millones de US\$) y de la biomasa no percibida (Millones de US\$) durante el periodo 2000-2019

Tabla 9: Resultados de análisis de tendencias a los ingresos económicos no percibidos (millones de US\$) a diferentes a periodos de tiempo

INDICE DE FIGURAS

- Figura 1. *Engraulis ringens*. Tomado del Instituto del Mar del Perú (2019a)
- Figura 2. Distribución de los stocks de anchoveta en la costa del Pacífico Oriental. Tomado de Bouchon *et al.* (2010)
- Figura 3. Biomasa promedio estimada de anchoveta (millones de toneladas) para el periodo 1953-2019 (Elaborado con datos de Pauly & Palomares 1989, Yonashiro & Balbín 2016 y PRODUCE 2019)
- Figura 4. Desembarque histórico de anchoveta (millones de toneladas) durante 1950-2019 (Elaborado con datos de FAO 2020 & PRODUCE 2020)
- Figura 5. Número de embarcaciones y capacidad de bodega promedio (toneladas) de la flota pesquera dedicada a la producción de harina y aceite de pescado durante 1950-2019 (Elaborado con datos de Csirke & Gumy 1996, Yonashiro & Balbín 2016 y PRODUCE 2020)
- Figura 6. Esfuerzo pesquero promedio desplegado por la flota industrial de la anchoveta, según Temporada de Pesca, desde 1996-I a 2019-I. Tomado de IMARPE (2019b)
- Figura 7. Partes de la red de cerco con jareta. Tomado de Moncada (2017)
- Figura 8. Red de cerco utilizada para la captura de anchoveta. Tomado de Torrejón (2014)
- Figura 9. Tamaños de malla (cm) de arte de pesca. a. Longitud de malla. b. Apertura de malla. Tomado de ICES (2004)
- Figura 10. Calibrador de malla OMEGA. Tomado de ICES (2005)
- Figura 11. Medición del perímetro del pez para la determinación del tamaño de malla óptimo. Tomado del Informe de Instituto Humboldt de Investigación Marina y Acuícola y Sociedad Nacional de Pesquería (2017)
- Figura 12. Rejilla clasificadora montada en una red de cerco para caballa. Tomado de Misund & Beltestad (1994)

Figura 13. Descripción del programa de mitigación para minimizar la mortalidad de los peces liberados por deslizamiento en la pesca con red de cerco pelágica de la caballa y el arenque (Tomado con permiso de los autores Breen *et al.*, 2012).

Figura 14. Modelo de prototipo de red de arrastre pelágica para muestreo (Tomado con permiso de los autores Breen *et al.*, 2012).

Figura 15. Izquierda: Coeficiente de armado normal del extremo de la red de cerco noruega del 42%. Derecha: Coeficiente de armado al 25% y reemplazando el anillo corredizo con un cabo simple que incremente la abertura de escape hasta 7 m de profundidad y 14 m de ancho, facilitando el escape de peces (Tomado con permiso de los autores Breen *et al.*, 2012).

Figura 16. Modificación del relingado del extremo de la red de cerco para aumentar la abertura disponible para la liberación de los peces (Tomado con permiso de los autores Breen *et al.*, 2012).

Figura 17. Número de plantas y capacidad de procesamiento promedio (toneladas/hora) para la producción de harina y aceite de pescado durante 1950-2019 (Elaborado con datos de Csirke & Gumy 1996, Yonashiro & Balbín 2016 y PRODUCE 2020)

Figura 18. Volumen de producción de harina y aceite de pescado (Millones de toneladas) durante 1976-2019 (Elaborado con datos de FAO 2020)

Figura 19. Volumen (Mil toneladas) y valor FOB (Millones de US\$) de exportación de la harina y aceite de pescado durante 1992-2019 actualizados al año 2019 (Elaborado con datos del BCRP 2020, PRODUCE 2010 y PRODUCE 2020)

Figura 20. Precio promedio FOB (US\$/tonelada) de exportación de harina y aceite de pescado durante 1995-2020 actualizados al año 2020 (Elaborado con datos de PRODUCE 2020)

Figura 21. Zona de distribución donde opera la flota industrial de cerco dedicada a la pesca del stock norte-centro de la anchoveta (4°30'S-16°00'S) (Tomado de IMARPE 2019b).

Figura 22. Frecuencia de tallas de los individuos capturados por la flota industrial durante el periodo 2000-2019

Figura 23. Porcentaje de juveniles en la captura mensual durante el periodo 2000-2019. El límite de tolerancia permitido de juveniles (10%) se muestra como una línea roja.

Figura 24. Número de individuos capturados histórico por mes durante el periodo 2000-2019. El porcentaje de juveniles capturados se muestra en el eje secundario con una línea azul y el límite de tolerancia permitido de juveniles (10 %) se muestra como una línea discontinua roja.

Figura 25. Número de individuos capturados histórico por año durante el periodo 2000-2019. El porcentaje de juveniles capturados se muestra en el eje secundario con una línea azul y el límite de tolerancia permitido de juveniles (10%) se muestra como una línea roja.

Figura 26. Captura de anchoveta (Millones de toneladas) apiladas en clase de tallas (incremento de 0.5 cm) durante el periodo 2000-2019. Las capturas totales de juveniles apilados (<12 cm) se muestran con la línea continua.

Figura 27. Biomasa no percibida de anchoveta (Mil toneladas) durante el periodo 2000-2019.

Figura 28. Fracción del contenido de grasa de la anchoveta peruana por mes y clase de talla (cm) predicha por el modelo GAM a partir de datos presentados por Lam (1968).

Figura 29. Volumen de producción de harina y aceite de anchoveta (Millones de toneladas) durante el periodo 2000-2019.

Figura 30. Volumen de producción no percibida de harina y aceite de anchoveta (Mil toneladas) durante el periodo 2000-2019.

Figura 31. Relación harina/aceite de anchoveta durante el periodo 2000-2019.

Figura 32. Incremento porcentual del volumen de producción de harina y aceite de anchoveta bajo escenarios de proyección de la captura de juveniles usando diferentes tallas de mínima de captura.

Figura 33. Incremento porcentual del volumen de producción de harina y aceite de anchoveta durante el periodo 2000-2019 bajo escenarios de proyección de la captura de juveniles usando diferentes tallas de mínima captura.

Figura 34. Precio FOB promedio (US\$/tonelada) nominal y real de harina y aceite de pescado durante el periodo 2000-2020.

Figura 35. Efecto de la cuota de captura sobre el precio de la harina de pescado (izquierda) y aceite de pescado (derecha). La regresión lineal se muestra como la línea sólida con coeficientes y estadísticas de ajuste (p -valor < 0.05). Los valores de la cuota de captura de anchoveta están inversamente correlacionados con el precio. (Elaborado con datos de Bouchon *et al.*, 2018).

Figura 36. Efecto de la producción sobre el precio de la harina de pescado (izquierda) y aceite de pescado (derecha). La regresión lineal se muestra como la línea sólida con coeficientes y estadísticas de ajuste (p -valor < 0.05). Los valores de producción de harina y aceite de pescado están inversamente correlacionados con el precio.

Figura 37. Ingresos económicos por la producción de harina y aceite de anchoveta (Millones de US\$) durante el periodo 2000-2019.

Figura 38. Ingresos económicos no percibidos por la producción de harina y aceite de anchoveta (Millones de US\$) durante el periodo 2000-2019.

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Parámetros de crecimiento (K , L_{∞} y t_0) de la anchoveta peruana para el periodo 2000-2019, utilizados en la proyección de la biomasa a la talla mínima de captura de 12 cm. Proporcionado por IMARPE (2021)

Anexo 2. Tasa de mortalidad natural (M) por clase de talla de la anchoveta peruana para el periodo 2000-2019, utilizados en la proyección de la biomasa a la talla mínima de captura de 12 cm. Proporcionado por IMARPE (2021)

Anexo 3. Precios promedio FOB (US\$/tonelada) de la exportación de harina de pescado utilizados para la actualización de los precios nominales a precios reales. Proporcionado por PRODUCE (2021)

Anexo 4. Precios promedio FOB (US\$/tonelada) de la exportación de aceite de pescado utilizado para la actualización de los precios nominales a precios reales. Proporcionado por PRODUCE (2021)

Anexo 5. Índice Precios al Consumidor de Lima Metropolitana utilizados para la actualización de los precios nominales a precios reales de harina y aceite de pescado. Proporcionado por INEI (2021)

Anexo 6. Número y porcentaje de peces capturados por clase de talla (cm) durante el periodo 2000-2019, obtenidos de la composición de tallas de la captura

Anexo 7. Número de individuos capturados histórico por mes, número de juveniles capturados históricos por mes y porcentaje de juveniles en la captura por mes durante el periodo 2000-2019, obtenidos de la composición de tallas de la captura

Anexo 8. Número de individuos capturados histórico por año, número de juveniles capturados históricos por año y porcentaje de juveniles en la captura por año durante el periodo 2000-2019, obtenidos de la composición de tallas de la captura

Anexo 9. Captura de peces (millones de toneladas) por clase de talla (cm) durante el periodo 2000-2019, obtenidos de la estimación del peso de los individuos capturados

Anexo 10. Porcentaje de variación de las capturas de peces (Millones de toneladas) por clase de talla (cm) durante el periodo 2000-2019, obtenidos de la estimación del peso de los individuos capturados

Anexo 11: Resumen del modelo aditivo generalizado (GAM) en la predicción del contenido de grasa en función del mes del año y la clase de talla de la anchoveta

Anexo 12: Pruebas estadísticas de Durbin-Watson y Mann Kendall, utilizando el software R realizadas para el análisis de tendencia de la captura de juveniles (Millones de individuos) durante el periodo 2000-2019

Anexo 13: Pruebas estadísticas de Durbin-Watson y Mann Kendall, utilizando el software R realizadas para el análisis de tendencia de la captura de juveniles (Millones de individuos) durante el periodo 2000-2009

Anexo 14: Pruebas estadísticas de Durbin-Watson y Mann Kendall, utilizando el software R realizadas para el análisis de tendencia de la captura de juveniles (Millones de individuos) durante el periodo 2010-2019

Anexo 15: Pruebas estadísticas de Durbin-Watson y Mann Kendall, utilizando el software R realizadas para el análisis de tendencia de los ingresos no percibidos (Millones de US\$) durante el periodo 2000-2019

Anexo 16: Pruebas estadísticas de Durbin-Watson y Mann Kendall, utilizando el software R realizadas para el análisis de tendencia de los ingresos no percibidos (Millones de US\$) durante el periodo 2000-2009

Anexo 17: Pruebas estadísticas de Durbin-Watson y Mann Kendall, utilizando el software R realizadas para el análisis de tendencia de los ingresos no percibidos (millones de US\$) durante el periodo 2010-2019

RESUMEN

El presente estudio evaluó el impacto económico de la sobrepesca por crecimiento en la pesca industrial de la anchoveta (*Engraulis ringens*) durante el periodo 2000-2019. Se utilizó el modelo predictivo Thompson y Bell (1934) para proyectar la biomasa de los juveniles capturados hasta que alcancen la talla mínima de captura de 12 cm, incorporando factores de conversión y precios para la estimación del volumen y valor de la producción de harina y aceite de pescado. La biomasa proyectada fue estimada utilizando información de la composición por tallas de la captura mensual, los parámetros de crecimiento de von Bertalanffy, la mortalidad natural y la relación talla-peso de la anchoveta. El volumen de producción fue estimado utilizando factores de conversión y el valor de producción fue estimado utilizando precios actualizados mediante el índice de precios al consumidor. Los ingresos no percibidos de la producción de harina y aceite de pescado fueron estimados restando el valor de la biomasa de los juveniles que alcanzaron la talla mínima legal de 12 cm y el valor del peso de los juveniles capturados. Los resultados muestran que, durante los periodos 2001-2005 y 2015-2019, la captura anual de anchoveta excedió el límite de tolerancia permitido para la extracción de juveniles del 10 %, en tanto que, durante el periodo 2006-2014, la extracción de juveniles de anchoveta no excedió el límite de tolerancia. Durante el periodo de estudio 2000-2019, se capturaron 780.7 millones de juveniles. Estas capturas representaron ingresos no percibidos de 516.7 millones de US\$ equivalente al 1.83 % del ingreso total percibido. Además, se observó una tendencia positiva significativa de los ingresos no percibidos durante el periodo 2010-2019 ($p < 0.05$). En ese sentido, se debe evaluar y discutir sobre la eficacia de las medidas de ordenamiento pesquero y la aplicación de otras medidas de gestión para reducir la captura de juveniles de anchoveta.

Palabras claves: *Engraulis ringens*, juveniles, ingreso no percibido, sobrepesca por crecimiento, modelo predictivo

ABSTRACT

The present study evaluated the economic impact of growth overfishing in the industrial fishing of Peruvian anchovy (*Engraulis ringens*) during the period 2000-2019. The Thompson and Bell (1934) predictive model was used to project the biomass of juveniles captured until they reach the minimum catch size of 12 cm, incorporating conversion factors and prices to estimate the volume and value of fishmeal and oil fish production. The projected biomass was estimated using information on the size composition of the monthly catch, von Bertalanffy growth parameters, natural mortality and length-weight relationship. The production volume was estimated using conversion factors and the production value was estimated using updated prices through the consumer price index. The income not received from the production of fishmeal and oil fish was estimated by subtracting the value of the biomass of the juveniles that reached the minimum catch size of 12 cm and the value of the weight of the juveniles captured. The results show that, during the periods 2001-2005 and 2015-2019, the annual catch of anchovy exceeded the tolerance limit allowed for the extraction of juveniles of 10 %, while, during the period 2006-2014, the extraction of anchovy juveniles did not exceed the tolerance limit. The results indicate captures of 780.7 million juvenile individuals during the 2000-2019 period. These captures represented income not received of 516.7 million USD, equivalent to 1.83 % of the total income received. In addition, a significant positive trend was observed in income not received during the 2010-2019 period ($p < 0.05$). In the sense, the effectiveness of fisheries management measures and the application of other management measures to reduce the capture of juvenile anchoveta should be evaluated and discussed.

Keywords: *Engraulis ringens*, juveniles, unreceived income, growth overfishing, predictive model

I. INTRODUCCIÓN

La sobrepesca es un problema global que afecta a muchas pesquerías, provocando impactos directos como la reducción de la biomasa de los peces, la destrucción de hábitats y cambios en la biodiversidad (Garteizgogea *et al.*, 2020; Sumaila & Tai, 2020). La sobrepesca común es la sobrepesca por crecimiento, que ocurre cuando los juveniles de una pesquería comercial son capturados antes de que alcancen la talla mínima de captura (Pauly, 1983). En ese sentido, la sobrepesca por crecimiento no permite que la población alcance su nivel máximo de biomasa, afectando gran parte del rendimiento potencial de la pesquería que podría lograrse (Najmudeen & Sathiadhas, 2008). Además, es considerada un problema económico, debido a que, en muchas pesquerías comerciales el peso y valor de un pez crece considerablemente con el tiempo a medida que el pez incrementa su tamaño (Diekert, 2012).

La pesquería monoespecífica más grande del mundo es la pesquería de la anchoveta *Engraulis ringens* (FAO, 2020), siendo la especie de forraje ecológicamente más importante en el ecosistema de la Corriente de Humboldt (Heck, 2015). En el Perú, la pesquería de anchoveta está dirigida tanto a la producción de harina y aceite de pescado (consumo humano indirecto – CHI) o de productos alimenticios (consumo humano directo - CHD), empleando embarcaciones industriales de acero y madera de mayor escala para el CHI y embarcaciones de madera de menor escala o artesanales (Freón *et al.*, 2014). La anchoveta como materia prima de la industria de harina y aceite de pescado genera empleo e ingresos económicos en el Perú (Aguilar-Ramírez & Barrera-Guevara, 2018). Sin embargo, durante la década de 1970, la pesquería de la anchoveta peruana llegó a colapsar debido en gran parte a la sobrepesca y al evento de El Niño de 1972-1973 (Pauly *et al.*, 2002). A pesar de esto, en los últimos años, existe una preocupación por la sostenibilidad de la anchoveta debido al aumento de la captura y descarte de juveniles (Paredes, 2014; Torrejón, 2014).

Existen estudios que evalúan el impacto económico de la pesca de juveniles debido a los daños económicos y biológicos que provocan a los recursos disponibles (Najmudeen & Sathiadhas 2008; Kamei *et al.*, 2013). En el Perú, solo existe un estudio de Salvattecí & Mendo (2005) que estima las pérdidas económicas debido a la pesca de juveniles, analizando únicamente información de la composición de la captura de anchoveta en los principales puertos de desembarque del stock norte-centro de anchoveta en el año 2002. En tal sentido, es necesario evaluar el impacto económico que provoca la sobrepesca por crecimiento en la pesca industrial de la anchoveta. Además, esta información resulta de gran importancia para el ordenamiento pesquero, ya que puede servir como base para establecer medidas de gestión que permitan reducir las pérdidas biológicas con el fin de asegurar la sostenibilidad del recurso anchoveta e incrementar los ingresos económicos en la industria de harina y aceite de pescado.

En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo evaluar el impacto económico de la sobrepesca por crecimiento en la pesca industrial de la anchoveta (*Engraulis ringens*) del stock norte-centro del Perú durante el periodo 2000-2019.

Los objetivos específicos planteados fueron los siguientes:

- Estimar la biomasa de los individuos juveniles capturados hasta que alcancen tallas mínimas de capturas de 12 cm.
- Determinar el volumen de producción de harina y aceite de anchoveta utilizando la biomasa estimada hasta tallas mínimas de captura de 12 cm y el peso de la captura los individuos juveniles.
- Determinar y comparar el valor económico del volumen de producción de harina y aceite de anchoveta utilizando la biomasa estimada hasta tallas mínimas de captura de 12 cm y el peso de la captura los individuos juveniles.

II. REVISIÓN LITERARIA

2.1. Biología y ecología

2.1.1. Descripción morfológica y taxonomía

La anchoveta es un pez pelágico que forma cardúmenes de grandes densidades con peces de diferentes tamaños (Saetersdal & Valdivia, 1964). Se caracteriza por tener un cuerpo alargado, poco comprimido, abdomen con borde filudo y altura de 4.4 a 5.3 cm en individuos grandes. Tiene un color que varía de azul oscuro a verdoso en el dorso en ejemplares muertos, y claro y brillante en ejemplares vivos. La zona ventral tiene un color plateado, la aleta caudal es negra y las otras aletas son claras (Jordán & Chirinos de Vildoso, 1965) (Figura 1).

De acuerdo al Instituto del Mar del Perú (IMARPE, 2019a), la clasificación taxonómica de la especie *Engraulis ringens* es la siguiente:

- Reino: Animalia
- Filo: Chordata
- Subfilo: Vertebrado
- Superclase: Actinopterygii
- Clase: Teleostei
- Orden: Clupeiformes
- Familia: Engraulidae
- Género: *Engraulis*
- Especie: *Engraulis ringens* (Jenyns, 1842)

En el Perú, a los individuos grandes o adultos se les conoce como anchoveta y a los individuos pequeños o juveniles como peladilla (Jordán & Chirinos de Vildoso, 1965). Los individuos adultos son considerados a partir de 12 cm (Jordán & Chirinos de Vildoso, 1965); mientras que, los individuos juveniles que ingresan por primera vez a la pesquería

son considerados reclutas en un rango de tallas de 3.75 a 4.75 cm a una edad de 3 meses (Pauly *et al.*, 1987).



Figura 1. *Engraulis ringens*. Tomado del Instituto del Mar del Perú (2019a)

2.1.2. Distribución y hábitat

La anchoveta es una especie que se distribuye a lo largo de la costa del Pacífico Sur Oriental, desde Punta Aguja en Perú hasta Talcahuano en Chile, aunque se ha registrado más al norte hasta los 4°30'S (Chirichigno & Vélez, 1998). A lo largo del litoral peruano se distinguen dos stocks: el stock norte-centro del Perú (4°30'S-16°00'S) y el stock sur-norte que comparte Perú y Chile (16°01'S-24°00'S) (Jordán, 1971; Chirichigno & Vélez, 1998) (Figura 2); encontrándose las mayores concentraciones de anchoveta frente a la costa norte-centro del Perú debido a que es la principal zona de afloramiento (Jordán, 1971).

La anchoveta es una especie costera que se encuentra principalmente dentro de las 50 millas y ocasionalmente hasta las 100 millas y se distribuye verticalmente desde la superficie hasta los 80 m de profundidad (Jordán, 1971). La anchoveta habita en la Corriente de Humboldt, en masas de aguas frías altamente productivas, caracterizada por la renovación de nutrientes en las capas superficiales principalmente en aguas costeras frías (ACF) (Jordán & Chirinos de Vildoso, 1965; Swartzman *et al.*, 2008). Durante el verano, la anchoveta tolera temperaturas de 17.6 a 23.7°C, salinidades de 32.30 a 35.14 y valores oxígeno disuelto de 5.9 a 8.7 ml/L (Castillo *et al.*, 2018). En tanto que, durante el invierno, la anchoveta tolera temperaturas de 14.5 a 18.8 °C, salinidades de 34.81 a

35.12 y valores oxígeno disuelto de 5.2 a 6.3 ml/L (Castillo *et al.*, 2018). Sin embargo, la distribución y abundancia de la anchoveta es afectada por los cambios ambientales como las variaciones estacionales, el afloramiento costero y los eventos Niño (Ganoza *et al.*, 2000).

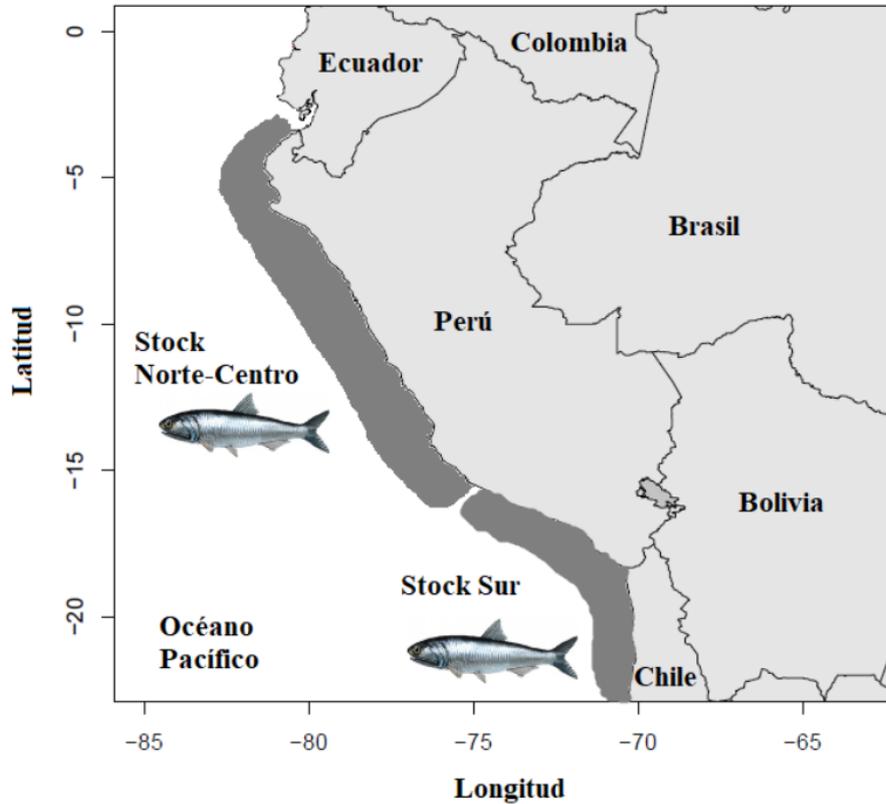


Figura 2. Distribución de los stocks de anchoveta en la costa del Pacífico Oriental. Tomado de Bouchon *et al.* (2010)

El Niño Oscilación Sur (ENOS), que es un evento climático que involucra un acoplamiento entre la atmósfera y el océano en el Pacífico Ecuatorial, cuenta con una fase de calentamiento anómala “El Niño” y una fase de enfriamiento posterior anómala “La Niña” (Bertrand *et al.*, 2020). La magnitud de El Niño está en función del valor de la anomalía de la temperatura superficial del mar (TSM), la cual genera impactos diferentes en la distribución y concentración de la anchoveta (Bouchon *et al.*, 2019). Uno de los impactos de El Niño que afecta de la distribución de la anchoveta es la reducción de su hábitat, provocando desplazamientos hacia la costa, mayor profundización de los cardúmenes y migraciones hacia el sur (Ñiquen *et al.*, 1999; Castillo *et al.*, 2018; Bouchon *et al.*, 2019).

También, la estacionalidad del año afecta la distribución de la anchoveta. Por ejemplo, durante la primavera y el verano, la anchoveta tiene una distribución más estrecha dentro de una franja costera hasta las 20-30 millas de la costa, con afloramientos menos intensos y aguas tropicales pobres en nutrientes, mientras que, en otoño e invierno la distribución de la anchoveta puede alcanzar hasta las 100 millas con fuertes afloramientos y aguas frías altamente productivas (Jordán, 1971; Ñiquen *et al.*, 2000). Además, los cardúmenes de anchoveta varían su distribución de acuerdo a las condiciones oceanográficas. Durante condiciones neutras, los cardúmenes de anchoveta se registran a lo largo de la costa dentro de las 50 millas con concentraciones y altos valores de biomasa (Peña, 2019). Sin embargo, durante El Niño, la anchoveta se concentra en la zona costera, se reduce la biomasa y existe un desplazamiento hacia el sur (Castillo *et al.*, 2018; Peña, 2019). Mientras, que, durante La Niña, los cardúmenes de anchoveta presentan una distribución longitudinal, altos valores de biomasa, pero en cardúmenes dispersos como en La Niña 2013 entre abril y agosto (Peña, 2019).

2.1.3. Alimentación

La anchoveta una especie planctófaga que se alimenta de fitoplancton y zooplancton, principalmente de diatomeas y copépodos, respectivamente (Rojas de Mendiola *et al.*, 1969; Espinoza & Blaskovic, 2000). Sin embargo, estudios mediante la estimación del contenido de carbono, demostraron que la dieta de la anchoveta recibe el mayor aporte de nutrientes procedentes de especies zooplanctónicas, principalmente de eufáusidos y copépodos (Espinoza & Bertrand, 2008). Un estudio de Espinoza & Bertrand (2014) que analizó los cambios ontogenéticos de la dieta de la anchoveta desde 1954, encontró que los juveniles y adultos de anchoveta son en gran parte zooplanctófago, alimentándose principalmente de eufáusidos y copépodos, mientras que solamente el fitoplancton realiza un aporte menor o igual al 4.4 % del contenido de carbono, independiente del tamaño del pez.

2.1.4. Reproducción

a. Comportamiento reproductivo

La anchoveta es un pez ovíparo que presenta sexos separados. Se reproduce mediante la producción de huevos, donde las hembras liberan los huevos, siendo fertilizados por los machos en el agua, permitiendo el desarrollo del embrión fuera del cuerpo de la hembra (Jordán & Chirinos de Vildoso, 1965). Es una especie pelágica que desova parcialmente,

encontrándose en cualquier periodo del año individuos en diferentes estadios de madurez sexual (Chirinos de Vildoso & Alegre de Haro, 1969; Bouchon *et al.*, 2010).

El desove se realiza principalmente desde el invierno hasta el verano (Ochoa, 1966; Santander & Flores, 1983), mientras que, la mayor intensidad de desove se realiza de agosto a octubre y de menor intensidad de diciembre a febrero (Saetersdal & Valdivia, 1964; Santander & Sandoval de Castillo, 1969; Bouchon *et al.*, 2010). Se extiende en casi toda la costa peruana, entre las 5 y 20 millas de la costa; siendo el área de mayor intensidad y frecuencia de desove comprendida entre 6°00'S y 14°00'S (Santander & Flores, 1983). Las principales áreas de desove son frente a Chicama (7°30'S) hasta Chimbote (9°S) y del Callao (12°S) hasta Pisco (14°S) (Bouchon *et al.*, 2010). La magnitud del desove de la anchoveta está influenciada por el tamaño de la población y por las características del ambiente (Guzmán, 2000). En condiciones de evento El Niño, la anchoveta reduce la intensidad del desove, concentrando los desoves cerca de la costa y cuando las condiciones son extremas, el desove se desplaza hacia el sur. (Santander & Flores, 1983). Respecto a ello, Buitrón & Perea (2000), indican que El Niño de 1997-1998, provocó la disminución de la fracción de hembras desovante, el desfase del periodo de desove y la disminución de la fecundidad parcial y frecuencia del desove de la anchoveta. En ese aspecto, los índices reproductivos como el índice gonadosomático (IGS) y la fracción desovante (FD) permiten evaluar la condición reproductiva de la anchoveta y brindar un mayor alcance en el conocimiento de su estrategia reproductiva ante diversos cambios, como ante un evento de El Niño (Cuba *et al.*, 2019).

b. Talla media de madurez sexual

La talla media de madurez sexual es uno de los parámetros reproductivos importantes en la evaluación del stock debido a que determina la ojiva de madurez que separa la fracción madura del stock de peces (Cubillos & Alarcón, 2010). Se determina para ambos sexos mediante la curva de madurez, calculando el porcentaje por clase de talla de los individuos maduros durante el periodo reproductivo, y los datos obtenidos son ajustados a una curva tipo sigmoidea simétrica mediante un análisis de regresión no lineal iterativo (Lorenzo & González, 1993). En base a esta curva se determina la longitud media en la cual el 50 % de los peces de cada sexo presentan actividad gonadal (Mendo, 1984; Lorenzo & González, 1993). La talla de madurez sexual es una característica biológica de las especies

que permite establecer la talla mínima de captura (González *et al.*, 2012). En el caso de la anchoveta alcanza la madurez sexual a una talla de 12 cm (Perea & Roque, 2008).

2.1.5. Crecimiento y mortalidad

La determinación de la edad y el crecimiento de la anchoveta, se pueden realizar mediante la lectura de anillos de otolitos y escamas, así como también mediante la distribución de frecuencia de tallas (Jordán & Chirinos de Vildoso, 1965). La primera estimación de parámetros de crecimiento de von Bertalanffy (K y L_{∞}) de la anchoveta fue realizado por Saetersdal & Valdivia (1964), durante febrero de 1961 a junio de 1963, bajo el análisis de tamaños modales y el ploteo de datos de crecimiento, usando datos de frecuencia de tallas mensuales de las capturas en los principales puertos del Perú. Por el contrario, Pauly & Tsukayama (1983), estimaron los parámetros de crecimiento de la anchoveta anualmente durante el periodo 1961-1979, utilizando el programa computacional ELEFAN I con los datos de frecuencia de tallas mensuales de la captura del stock norte-centro de la anchoveta recolectado por el IMARPE. Posteriormente, estas estimaciones fueron corregidas por Palomares *et al.* (1987), para el periodo 1954-1982, quienes consideraron la estimación de los parámetros de crecimiento en base a una cohorte específica, y no basando la estimación del conjunto de datos (frecuencia de tallas mensuales) en un año calendario como lo realizaron Pauly & Tsukayama (1983). De la misma manera, Salvattecí & Mendo (2005), estimaron los parámetros de crecimiento K y L_{∞} de la anchoveta para el año 2002 utilizando el programa ELEFAN I con los datos de frecuencia de tallas mensuales de las capturas en los principales puertos de la región norte-centro del Perú, mientras que el parámetro de crecimiento t_0 fue estimado con la ecuación de crecimiento inversa de von Bertalanffy, utilizando la información del crecimiento de larvas de anchoveta reportado por Palomares *et al.* (1987). El análisis electrónico de frecuencia de tallas (ELEFAN) es un método utilizado para ajustar la función de crecimiento de von Bertalanffy mediante el uso de datos de frecuencia de tallas, y ha sido ampliamente aplicado usando los softwares FiSAT, FiSAT II, ELEFAN en R y TropfishR (Pauly & Sparre, 1991; Gayanilo *et al.*, 2005; Greenberg & Pauly, 2013; Mildemberger *et al.*, 2017).

La Tabla 1, muestra los parámetros de crecimiento promedios de la ecuación von Bertalanffy publicados por Saetersdal & Valdivia (1964), Pauly & Tsukayama (1983), Palomares *et al.* (1987) Mendo (1991) y Salvattecí & Mendo (2005) de acuerdo a los periodos de estudio correspondientes.

Tabla 1: Parámetros de crecimiento determinados por varios autores mediante el análisis de la composición por tallas.

Autores	Año	K	L_{∞}	t_0
Saetersdal & Valdivia (1964)	1961-1963	1.70	15.00	-
Pauly & Tsukayama (1983)	1961-1979	1.26	20.65	-
Palomares <i>et al.</i> (1987)	1954-1982	0.88	20.49	-
Mendo (1991)	1962-1988	0.99	19.89	-
Salvattecí & Mendo (2005)	2002	0.96	19.35	-0.0193

L_{∞} = talla infinita

K = parámetro de curvatura

t_0 = edad a una talla cero

En relación a la mortalidad, Sparre & Venema (1997) mencionan que, la mortalidad de una cohorte puede ser provocada por la mortalidad por pesca o por la mortalidad natural, esta última asociada a causas por depredación, enfermedades y muerte por edad avanzada. La mortalidad natural (M) es ciertamente uno de los parámetros para la cual es muy difícil obtener buenas estimaciones (Pauly, 1980). Según, Canales & Leal (2009), existen diferentes modelos empíricos para el cálculo de la tasa de mortalidad natural mediante la relación con otros factores, como el método de Pauly (1980), que la relaciona con los parámetros de crecimiento de von Bertalanffy y la temperatura promedio del hábitat; el método de Rikhter & Efanov (1976), que la relaciona con la edad media de madurez ($t_{m50\%}$), el método de Hoening (1983), que la relaciona con la tasa de mortalidad total (Z) y la edad máxima observada ($t_{m\acute{a}x}$) y el método Hewitt & Hoenig (2005), que la relaciona la edad máxima observada ($t_{m\acute{a}x}$). También, una misma especie puede tener diferentes tasas de mortalidad natural, dependiendo de la densidad de depredadores y competidores, y cuya abundancia se ve afectada por las presiones pesqueras (Sparre & Venema, 1997). Según, IMARPE citado por Oliveros-Ramos *et al.* (2010), la mortalidad natural (M) de la anchoveta peruana varía entre 0.6 a 1.0 año⁻¹.

2.2. Dinámica poblacional de la anchoveta

2.2.1. Evaluación de stocks

En el Perú, se distinguen dos unidades de poblacionales o stocks, el stock Norte-Centro (04°30'-16°00'S) que registra las mayores concentraciones y el stock Sur Perú-Norte Chile (16°01'-24°00'S) (Jordán, 1971; Chirichigno & Vélez, 1998). Esta diferenciación de stocks se reafirma a través del estudio de Mendo (2018), quién estudio la genética poblacional de la anchoveta en el norte-centro y sur del Perú y demostró mediante el análisis de isoenzimas, la existencia de dos stocks a lo largo de la costa peruana.

En 1960, el Instituto de Investigación de los Recursos Marinos, actualmente el Instituto del Mar del Perú (IMARPE) inicio investigaciones sobre la biología y ecología de la anchoveta, recopilando datos de capturas y esfuerzos de pesca, y estableciendo un sistema de muestreo de la captura en relación a la composición por tallas a fin de controlar el desarrollo de la industria pesquera y evitar la sobreexplotación del recurso (Schaefer, 1967). Durante la década de los sesenta, la evaluación de stocks de la anchoveta se realizaba mediante métodos indirectos como el modelo de producción excedentaria, útil para la estimación del rendimiento máximo sostenible (Schaefer, 1967). En 1966, se crea la Operación Eureka con la finalidad de coleccionar información biológica, oceanográfica y acústica de los recursos pelágicos, principalmente de la anchoveta (Gutiérrez *et al.*, 2000). En la década de los setenta, se empezó a utilizar modelos estructurados de análisis de población virtual utilizando información de captura y esfuerzo de pesca (Oliveros-Ramos *et al.*, 2010). Estos modelos indirectos que miran hacia el pasado, mediante el uso de datos históricos de captura, permitieron estimar la biomasa de la anchoveta durante las tres primeras décadas de iniciada la pesquería (Pauly & Palomares, 1989). A partir de la década de los ochenta, se empezó a utilizar métodos directos que contribuyeron a reducir la incertidumbre en la estimación de la biomasa, como el método de producción de huevos para estimar la biomasa desovante, y el método acústico para estimar la abundancia y biomasa del stock, con la finalidad de establecer las cuotas de captura (Ayón, 2000; Gutiérrez, 2000). La Figura 3, muestra los datos de biomasa de la anchoveta desde el año 1953-1985 reconstruidos por Pauly & Palomares (1989) mediante el método indirecto de análisis de población virtual (APV) y desde 1986 en adelante obtenidas por los cruceros de evaluación hidroacústica realizados por IMARPE. Respecto a ello, la biomasa anual de la anchoveta es una variable sensible frente a la presencia de eventos cálidos como El

Niño (Peña, 2019). En la figura 3, se observa como la biomasa de anchoveta disminuyó ante la presencia de los Eventos Niños de 1972-1973, 1982-1983, 1997-1998 y 2015-2016. Por ejemplo, El Niño 1997-1998 redujo la biomasa de anchoveta en un 50 % respecto al patrón histórico (6.81 millones de toneladas).

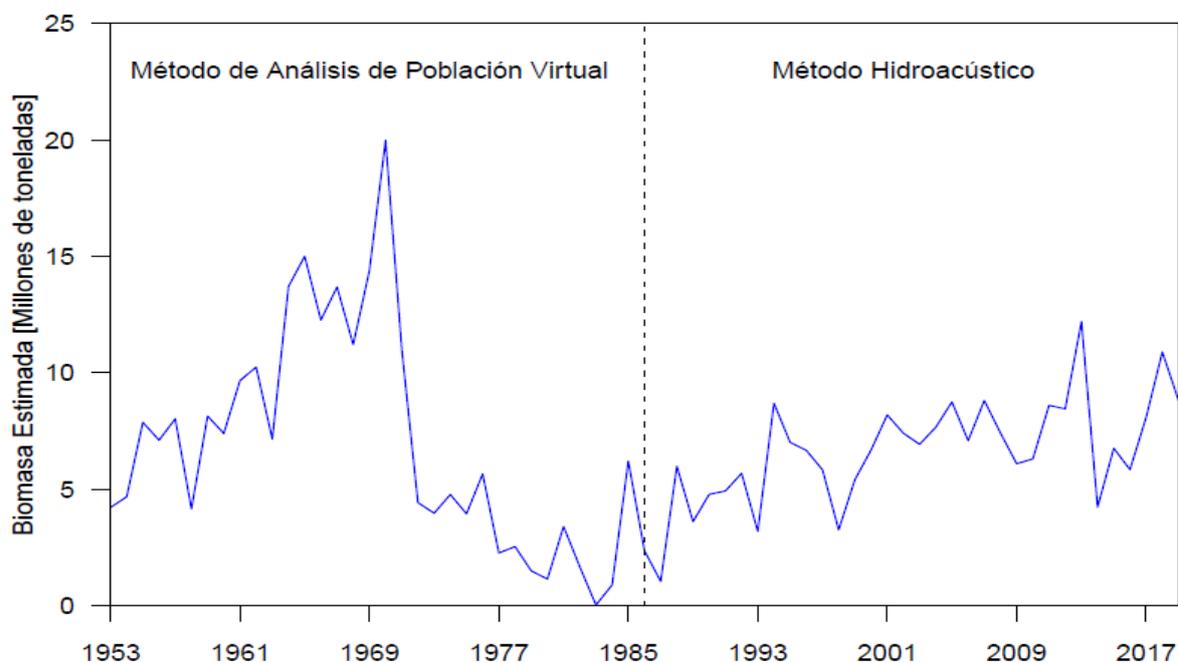


Figura 3. Biomasa promedio estimada de anchoveta (millones de toneladas) para el periodo 1953-2019 (Elaborado con datos de Pauly & Palomares 1989, Yonashiro & Balbín 2016 y PRODUCE 2019)

En 1996, el IMARPE ejecuta el Programa Bitácoras de Pesca (PBP) con el fin de monitorear la pesca de la flota industrial de cerco pelágica mediante observaciones a bordo, centrándose principalmente en la pesquería de anchoveta, a fin de determinar adecuados índices de captura y esfuerzo de pesca, y recopilar información biológica pesquera (Bouchon *et al.*, 1998; Pozada, 2018). Con el paso del tiempo, nuevos objetivos de investigación fueron añadidos al programa, hasta convertirse en un medio capaz de recolectar información sobre diferentes aspectos del comportamiento de la flota, la ubicación, la composición por especies y tallas de las capturas, los descartes, el enmallamiento, la interacción con los depredadores superiores e incluso el ambiente (IMARPE, 2019b).

Actualmente, el IMARPE como institución técnica especializada adscrita al Ministerio de la Producción (PRODUCE) se encarga de diseñar y realizar investigación científica necesaria para la toma de decisiones en el ordenamiento pesquero, además, de ser

responsable de realizar las evaluaciones de stock y recomendar los límites de cuota de captura al PRODUCE (Aguilar-Ramírez & Barrera-Guevara, 2018). IMARPE (2020), publicó el Protocolo “Elaboración de la Tabla de Decisión para la determinación del Límite Máximo de Captura Total Permisible por temporada de pesca en la pesquería del Stock Norte-Centro de la anchoveta peruana”, donde se incorpora y analiza de manera integral toda la información generada por la institución; tales como la biología y pesquería de la anchoveta bajo diferentes escenarios de explotación, las anomalías oceanográficas proveniente de los cruceros de evaluación hidroacústica o por modelos de dinámica poblacional para la estimación de la biomasa y el cálculo de la cantidad de juveniles que se esperar capturar durante la temporada de pesca.

4.3. Pesquería industrial de la anchoveta

4.3.1. Normativa

Las primeras normas para la conservación de la anchoveta se establecieron durante los años sesenta. Según Arias (2012), en 1965, se estableció la primera veda durante el mes de agosto y se prohibió la pesca durante los fines de semana, mientras que, en 1966, se estableció una veda invernal de tres meses, la primera cuota global de captura (TAC) para un año y se prohibió el desembarque de anchoveta con más del 50 % de extracción de juveniles en la captura. Sin embargo, los límites de cuota de captura no se cumplieron, superando los límites recomendados por el IMARPE y las sanciones no fueron identificadas ni aplicadas (Arias, 2012). Posteriormente, tras el colapso de la pesquería en la década de los setenta, el gobierno peruano aprobó el Decreto Ley 19999, que crea la Empresa Estatal para la producción de harina y aceite de pescado conocida como PESCA PERÚ (Arias, 2012). Sin embargo, según señala Paredes (2012), a inicios de los años noventa, hubo una nueva apuesta de inversión por la industria debido a las condiciones ambientales que favorecieron la recuperación de la anchoveta, que trajo consigo la privatización de PESCA PERÚ.

En 1992, el gobierno peruano promulga el Decreto Ley N° 25997 “La Ley General de Pesca”, que define el marco legal del manejo de las pesquerías. El artículo 9° de la citada Ley establece que el Ministerio de la Producción, sobre la base de evidencias científicas disponibles y de factores socioeconómicos, determinará, según el tipo de pesquerías, los sistemas de ordenamiento pesquero, las cuotas de captura permisible, las temporadas y zonas de pesca, la regulación del esfuerzo pesquero, los métodos de pesca, las tallas

mínimas de captura y demás normas que requieran la preservación y explotación racional de los recursos hidrobiológicos. En 1994, se reglamentó el Decreto Ley N° 25977 a través del Decreto Supremo 001-94-PE, donde se clasificó los recursos hidrobiológicos como: inexplorados, sub explotados, plenamente explotados y sobreexplotados; y en el año 1997, se aprobó la Resolución Ministerial N° 781-97-PE, que declara a la anchoveta y la sardina recursos plenamente explotados.

En 1998, se aprobó el reglamento de la Ley N° 26920, el cual autorizó a los propietarios de embarcaciones de madera con más de 32.6 m³ a unirse a la flota industrial de la anchoveta (Arias, 2012). Según, López-Trelles (2015), la ley también permitió que algunas empresas aprovechando la falta de control del Estado, extraigan recursos hidrobiológicos de manera irregular, alterando las matrículas de las embarcaciones. Por lo que, la Resolución Ministerial N° 285-2003-PRODUCE, aprobó el listado de las embarcaciones pesqueras de maderas con capacidades de bodega mayor de 32.6 m³ hasta 110 m³ autorizadas a realizar actividades extractivas en el litoral peruano acorde a ley.

En 2001, se publicó el Decreto Supremo N° 012-2001-PE, que aprobó el nuevo reglamento de la Ley General de Pesca, el cual restringió el acceso a la pesquería de recursos plenamente explotados como la anchoveta mediante la prohibición del incremento de flota y el no otorgamiento de permisos de pesca. También, ese mismo año, se aprobó la Resolución Ministerial N° 209-2001-PE, que estableció medidas para la conservación de la anchoveta como la talla mínima de captura de 12 cm de longitud y el porcentaje de tolerancia máxima de captura de ejemplares de juveniles del 10%. En 2007, PRODUCE publica el Decreto Supremo N° 016-2007, que estableció como una infracción el exceder los porcentajes establecidos de captura de individuos de anchoveta en tallas o pesos menores, aplicándose el decomiso y la multa por la infracción cometida. Al año siguiente, en 2008, PRODUCE publica el Decreto Legislativo N° 1084, que aprobó la Ley Sobre Límites Máximos de Captura por Embarcación, que establece el sistema de cuotas individuales por temporadas de pesca para la extracción de anchoveta destinado al consumo humano indirecto (CHI), con el fin de disminuir la presión sobre el recurso y el sobredimensionamiento de la flota (Heck, 2015).

En 2013, PRODUCE publicó el Decreto Supremo N° 009-2013, el cual establece suspensiones preventivas a la actividad extractiva por un plazo máximo de dos días cuando se excedan los límites de tolerancia de juveniles en la captura. Sin embargo, la

norma no establecía claramente los adecuados procedimientos para su aplicación. Por lo que, en 2016, PRODUCE publica el Decreto Supremo N° 024-2016-PRODUCE, que establece que los titulares de permisos de pesca están obligados a usar la bitácora electrónica para reportar a PRODUCE cuando la captura de juveniles excede los límites de tolerancia, a fin de eliminar la práctica de descarte el mar por parte de las embarcaciones, permitiéndoles reportar sus capturas sin ser sancionados y a PRODUCE establecer cierres de la actividad extractiva en áreas con abundancia de juveniles por 5 días. Según lo señalado por Englander (2021), entre 2017 a 2019, el gobierno peruano implantó 410 cierres de pesca en la zona norte-centro del Perú cuando se excedió el límite de tolerancia del 10 % de juveniles en la captura.

4.3.2. Desembarques

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2020) la anchoveta (*Engraulis ringens*) está entre las 10 especies con mayor número de desembarques desde 1950 al 2017. La pesquería de la anchoveta en el Perú se inició en el año 1950, mostrando fluctuaciones en los volúmenes de captura en el tiempo debido a los cambios en el ambiente y a la sobrepesca (Ganoza *et al.*, 2000; Arias, 2012). Un cambio notorio en la pesquería fue durante la década de 1970, donde los desembarques sobrepasaron los 12 millones de toneladas llegando a colapsar el recurso por efecto de la sobrepesca y El Niño 1972-1973 (Ganoza *et al.*, 2000; Pauly *et al.*, 2002) (Figura 4). Los desembarques de anchoveta se mantuvieron niveles bajos hasta después de El Niño 1982-1983, donde hubo un incremento en años posteriores, registrándose en 1994 desembarques de 9.7 millones de toneladas para luego decaer en 1998 a causa de El Niño de 1997-1998 (Ñiquen *et al.*, 2000). Después de El Niño 1997-1998, el gobierno peruano estableció una serie de medidas regulatorias que ayudaron en la recuperación de la anchoveta. Sin embargo, El Niño 2015-2016 afectó la población de la anchoveta, disminuyendo las capturas durante ese periodo (FAO, 2018). Actualmente, la anchoveta continúa siendo la principal especie de captura con más de 6 millones de toneladas en 2018 (FAO, 2020), siendo en ese año los principales puertos peruanos de mayor desembarque Chimbote y Chicama, con más de 1 millón de toneladas (PRODUCE, 2020).

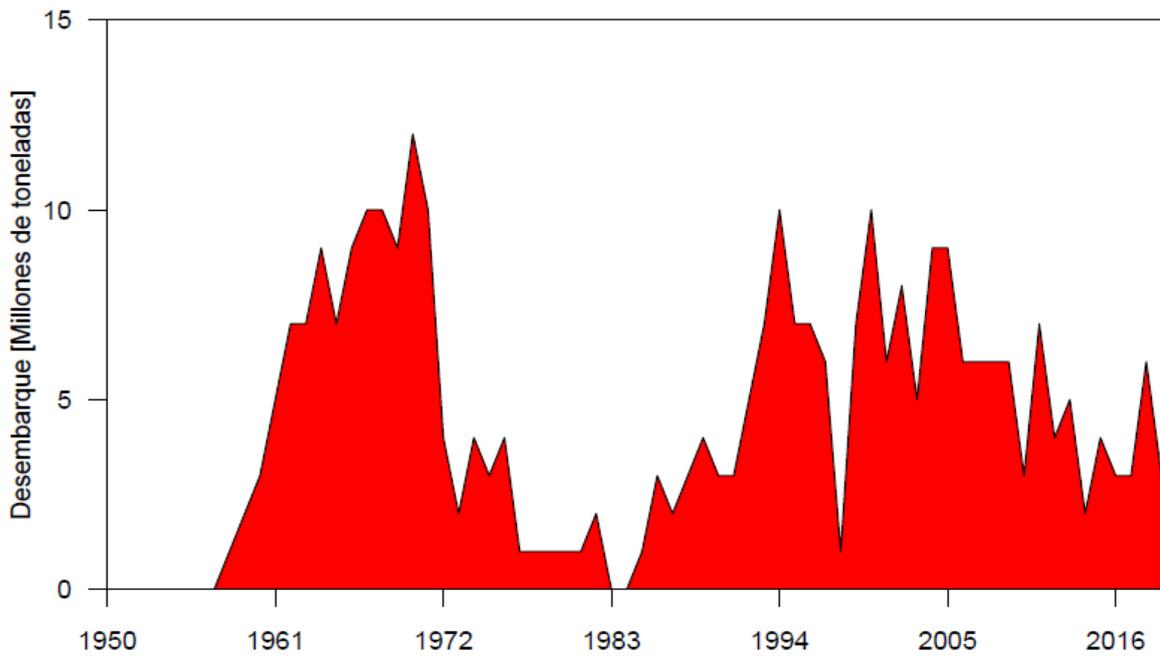


Figura 4. Desembarque histórico de anchoveta (millones de toneladas) durante 1950-2019 (Elaborado con datos de FAO 2020 & PRODUCE 2020)

4.3.3. Flota pesquera

Durante la década de los cincuenta, las primeras embarcaciones que realizaban la pesca de la anchoveta eran las denominadas “bolicheras” con una capacidad de bodega que oscilaba entre 50 y 60 toneladas (Bouchon *et al.*, 2000), construidas con material de madera o fierro, con tamaños de eslora que oscilaban entre 35 a 84 pies y con motores con potencia promedio de 170 caballos de fuerza (Tilic, 1963). Durante la década de los sesenta, la flota pesquera anchovetera tuvo un incremento en el número de embarcaciones y tamaño de bodega, superando las 1000 embarcaciones, con una capacidad de bodega promedio superior a las 100 toneladas (Boerema *et al.*, 1967). Sin embargo, durante la década de los setenta, la flota se redujo considerablemente debido a la disminución drástica del stock de anchoveta a causa del evento El Niño de 1972-1973 y a la deficiencia en la ordenación pesquera (Csirke & Gumy, 1996) (Figura 5).

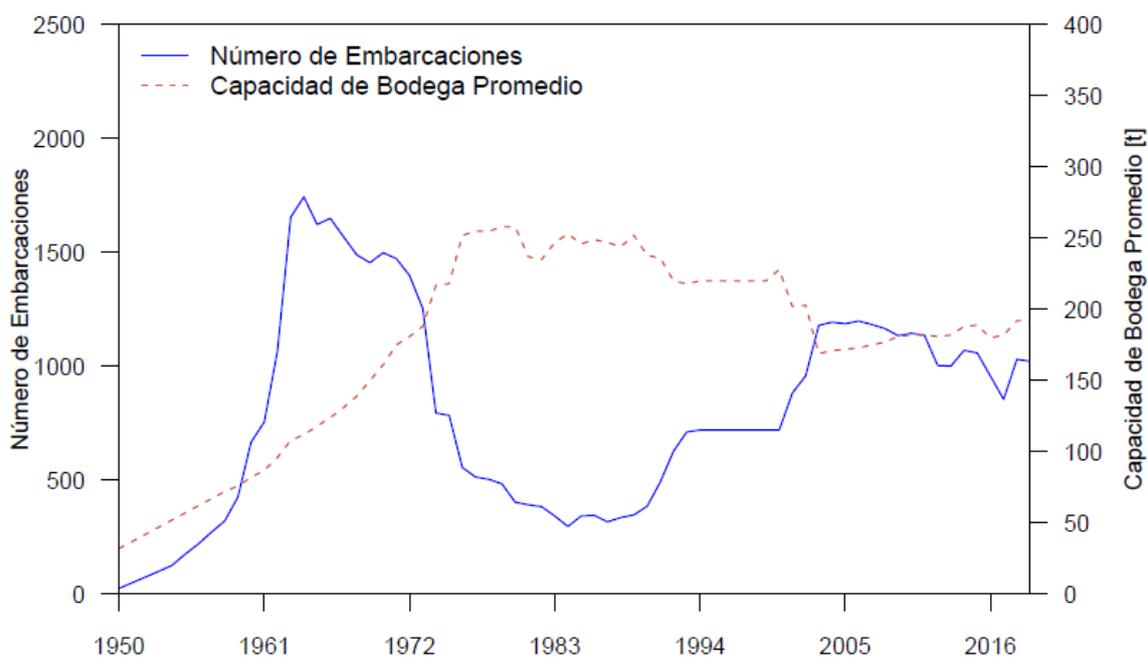


Figura 5. Número de embarcaciones y capacidad de bodega promedio (toneladas) de la flota pesquera dedicada a la producción de harina y aceite de pescado durante 1950-2019 (Elaborado con datos de Csirke & Gumy 1996, Yonashiro & Balbín 2016 y PRODUCE 2020)

A partir de finales de la década de 1980, la abundancia de la anchoveta se incrementó, lo que provocó el aumento del número de embarcaciones y una mayor presión pesquera por parte de la industria hasta mediados de la década del 2000 (Freón *et al.*, 2008). Según Arias (2012), la Ley N° 26920, permitió que alrededor de 600 embarcaciones de madera con una capacidad total de 35 000 toneladas se incorporaron legalmente a la flota industrial. Frente al sobredimensionamiento de la flota industrial y la carrera por la pesca, en 2008, PRODUCE estableció el sistema de cuotas individuales por embarcación para la extracción de la anchoveta, a fin de reducir la presión sobre el recurso y mejorar la eficiencia de la pesquería (Heck, 2015). Esto provocó una reducción del número de embarcaciones y un aumento de la duración de las temporadas de pesca (Tveteras *et al.*, 2011; Bouchon, 2018). Aunque, durante los siguientes años, el esfuerzo pesquero desplegado por la flota industrial de la anchoveta se incrementó, alcanzado valores más altos durante El Niño 2015-2016 donde se ejerció mayor presión por el recurso (Figura 6).

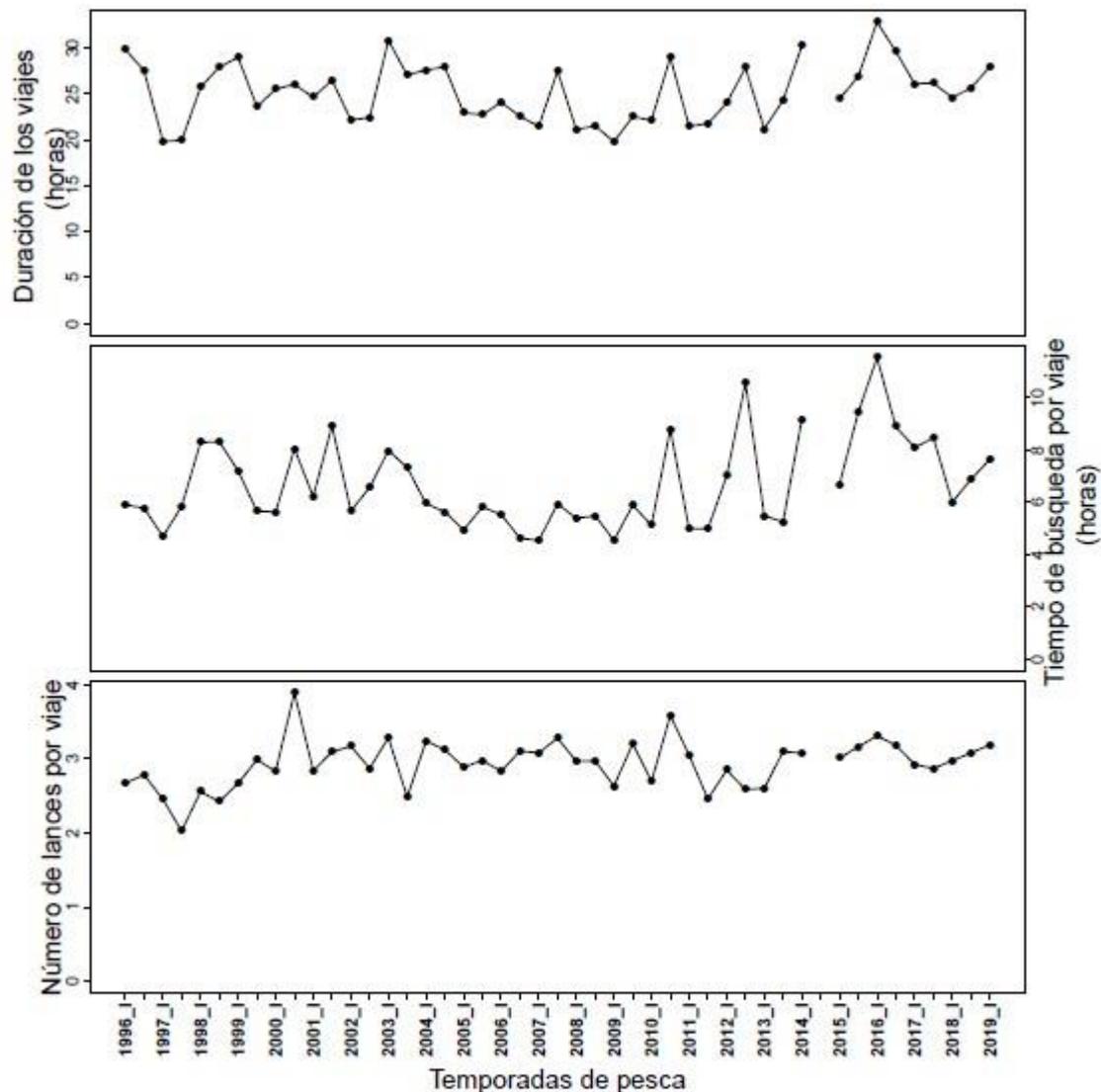


Figura 6. Esfuerzo pesquero promedio desplegado por la flota industrial de la anchoveta, según Temporada de Pesca, desde 1996-I a 2019-I. Tomado de IMARPE (2019b)

Actualmente, la flota industrial de anchoveta está formada por embarcaciones con capacidades de bodega superior a 32.6 m³, que pescan fuera de las 5 millas náuticas costeras durante dos temporadas de pesca sujeta a sistema de cuotas individuales desde 2009 (Freón *et al.*, 2014). Se divide en dos segmentos diferentes, la flota de acero de mayor escala y la flota de madera de menor escala “vikingas” (Tveteras *et al.*, 2011). Según, PRODUCE (2020), existen 1022 embarcaciones de acero y madera con permiso suspendido y vigente, y con capacidad de bodega promedio de 192 m³. Las embarcaciones cuentan con equipamiento electrónico de apoyo para la navegación y pesca como GPS, radios VHF y UHF, radar, ecosondas comerciales y el Sistema SISESAT (Aguilar-Ramírez & Barrera-Guevara, 2018). Sin embargo, la tecnología acústica que utiliza la flota industrial para la captura de la anchoveta no permite al patrón de pesca detectar en

tiempo real la composición por tallas del cardumen ni la proporción de juveniles en la captura debido a que la anchoveta forma densos cardúmenes con individuos de diferentes tamaños (Paredes, 2014; Aguilar-Ramírez & Barrera-Guevara, 2018).

4.3.4. Arte de pesca

a. Descripción

La red de cerco fue desarrollada en el siglo XX para pesquerías alejadas de la costa. Se utilizan para encerrar principalmente cardúmenes de peces pelágicos (anchoveta, sardina, arenque, caballa y atún) en aguas medias y cerca de la superficie. Su construcción es similar a la red chinchorro. Sin embargo, por debajo de la cuerda de plomada, la red de cerco está equipada por una serie de anillas metálicas de cierre espaciadas a intervalos regulares (Bjordal, 2005).

Las redes de cerco se caracterizan por el empleo de un cable de jareta en la parte inferior de la red, que permite formar una bolsa y cerrar el fondo de la red, reteniendo a todos los peces capturados y evitando que puedan escapar (Nédelec & Prado, 1990; Bjordal, 2005). Según Moncada (2017), las partes de la red de cerco con jareta (Figura 7) son las siguientes:

1. Relinga Superior: Cabo superior provistos de flotadores, constituido de hilos de gran titulación llamados de puente de encabalgue. Este cabo soporta altas tensiones producidas por el calado de la red y proporciona flotabilidad a la red.
2. Relinga Inferior: Cabo inferior provistos de plomos, constituido de hilos de gran titulación llamados de puente de encabalgue y lastres. Este cabo soporta las tensiones que se generan durante la faena de pesca.
3. Cuba de proa: Constituye el extremo de la red que toma como referencia la proa de la embarcación. Conformada por mallas tejidas manualmente con hilos de gran titulación, que se unen con un cabo que cruza las mallas o grupo de cabos incluidos en la cuba, para ser juntados en un gran estrobo “maniobra de proa”.
4. Cenefa de flotadores y plomos: Son refuerzos estructurales colocados en la parte superior e inferior de la red de cerco, costurados a la relinga de flotadores y de plomos respectivamente. Son paños de gran titulación que soportan las tensiones verticales de la red una vez formado el cerco, la tensión horizontal y la abrasión generada durante el virado.

5. Calón de popa: Es un tipo de ala de arrastre de forma trapezoidal, constituye el extremo de la red que toma como referencia la popa de la embarcación. Está conformada por cenefa de plomo con hilos gruesos de gran titulación.
6. Cabecero de proa y popa (copos): Es la parte la red formada por paños de alta titulación donde se requiere altas resistencia a la rotura y una elongación que permita absorber la energía contenida, ante la aparición de tensiones repentinas. En esta parte de la red se produce la acumulación de la pesca, que es trasvasada a la bodega de la embarcación.
7. Refuerzo (antecopo): Es la parte de la red que funciona como apoyo al cabecero durante el desplazamiento y acumulación de la pesca. Está conformado por paños de mediana titulación debido a que la tensión generada por el peso de la captura es relevante.
8. Cuerpos finos: Son paños de titulación menor a los paños del cabecero, que constituyen la mayor parte de la red. Estos paños proporcionan a la red la longitud adecuada para cercar al cardumen y son reforzados con paños laterales de mayor título adyacentes a las cenefas para soportar la abrasión y tensión ejercida en las relingas, durante el paso por los equipos de virado.
9. Zippers: Son paños de gran titulación que dividen segmentos o cuerpos de la red colocados en forma horizontal y vertical, permitiendo sectorizar áreas de la red. Se encuentran colocados estratégicamente a fin de evitar que la rotura ocurrida por alguna eventualidad se propague a otra sección de la red.
10. Flotadores: Son piezas de material sintético cuya función es proporcionar flotabilidad a la red. Son colocadas en la relinga superior, pasándolos por el cabo o amarrándolos externamente con un cabo de menor diámetro.
11. Lastres: Son piezas de material metálico de alto peso específico que permite que la red se profundice y se mantenga vertical. Se utiliza plomos o cadena de acero.
12. Patas: Son cabos de longitud determinada sujetos a la relinga inferior o antifango. Su función principal es contener las anillas a lo largo de la red de cerco por donde se deslaza la jareta o garetta.
13. Anillas: Son piezas de material de acero inoxidable o de fierro. Se utiliza para el halado de la red y sirve para el desplazamiento de la Jareta.
14. Jareta: Es un cabo acero que pasa por las anillas que están colocadas en las patas a lo largo de la relinga inferior para cerrar la parte inferior de la red.

15. Cabo de corte: Se encuentran en redes de cerco que poseen dos cabeceros. Es un cabo que pasa a través de anillas tipo de estribo y su función es dividir la red en dos partes. Se utiliza cuando hay abundante captura.
16. Culebras: Son cabos dispuestos en asas de pequeña longitud en la relinga de flotadores a la altura de los cabeceros. Se utilizan para el armado de la bolsa donde son sujetados por el tangón.
17. Estrobo: Es un cabo que está unida a la cuba de proa y al cabo principal donde lleva el ocho giratorio. Su función es recoger toda la altura de la red.

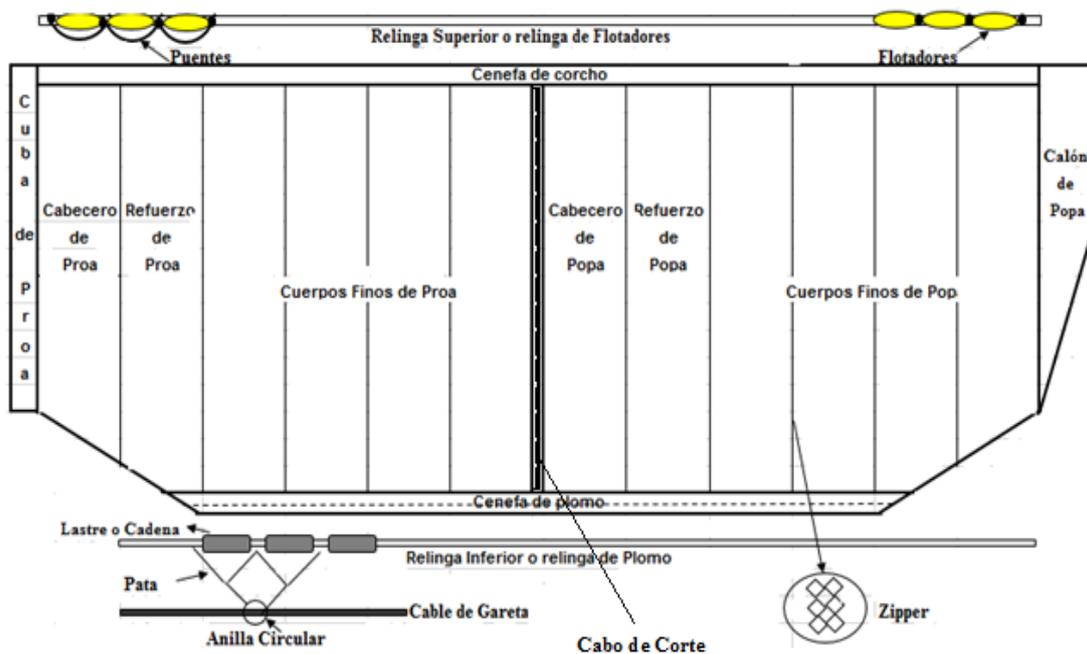


Figura 7. Partes de la red de cerco con jareta. Tomado de Moncada (2017)

En los inicios de la pesquería de la anchoveta peruana, las bolicheras utilizaban redes de cerco fabricadas con hilo de algodón con un tiempo de operación de dos o más horas, donde el proceso de carga del pescado era manual, mediante el uso de “chinguillos” (red con un mango largo) que permitía el traslado del pescado de la bolsa de la red en el agua hacia la bodega (Bouchon *et al.*, 2000; Bouchon, 2018). A fines de la década de los noventa, la flota de cerco industrial mostro un comportamiento de pesquería multiespecífica basada en el aporte de 5 especies: anchoveta, sardina, jurel, caballa y bonito, donde las embarcaciones utilizaban redes con tamaños de malla de 1/2 pulgada y 1 1/2 pulgada (Bouchon *et al.*, 1999).

En 2001, la R.M. N° 209-2001-PE estableció que, la longitud mínima de malla para la extracción de anchoveta para redes de cerco es 13 mm (1/2 pulgada), en tanto que, la R.M. N° 225-2001-PE estableció que, la longitud de la red de cerco de la anchoveta está en función de la capacidad de bodega de la embarcación (Tabla 2). Hoy en día, las embarcaciones industriales de acero utilizan redes de cerco de paño de tamaño de malla de 13 mm, con 400 m de línea promedio en su línea de flotación y 20 brazas de profundidad promedio. Además, utiliza una pequeña embarcación (panga) para la maniobra de la red, winches y polea virador con el apoyo de hasta de 20 tripulantes (Aguilar-Ramírez & Barrera-Guevara, 2018).

Tabla 2: Longitud máxima (braza) de las redes de cerco para embarcaciones que cuenten con permiso de pesca para anchoveta. Tomado de la Resolución Ministerial N° 225-2001-PE

Capacidad de Bodega (m3)	Longitud de la Red (braza)
32-99	220
100-199	280
200-299	330
300-399	385
400-499	440
500-599	495
600-mayores	550

b. Operación de pesca

La flota de la pesquería de cerco de la anchoveta utiliza equipos hidroacústicos como sonares para la detección y seguimiento del cardumen durante el lance de pesca (Bjordal, 2005). Una vez determinado las características del cardumen y las condiciones de la zona, el patrón de pesca decide encerrar el cardumen objetivo lanzando una panga, que libera la red formando un cerco de forma circular, procurando terminar el calado con toda la red en el agua y el cardumen de peces rodeado por el paño (Ganoza *et al.*, 2021). El calado termina cuando la panga se acerca a la embarcación pesquera, donde se une el cable de jareta a la embarcación. En esos momentos, la red no se cierra y se observa la amplia abertura (puertas de escape) formado entre los extremos del cabecero y el ala, permitiendo que una parte de los peces escapen hasta que se jale el cable de jareta que permite el cierre

del fondo de la red (Bjordal, 2005; Ganoza *et al.*, 2021). Luego, se empieza a izar la red mediante equipos hidráulicos hasta que los peces queden concentrados en la parte posterior de la red para que sean puestos a bordo de la embarcación, utilizando chinguillos o dispositivos para el bombeo de los peces (Bjordal, 2005).

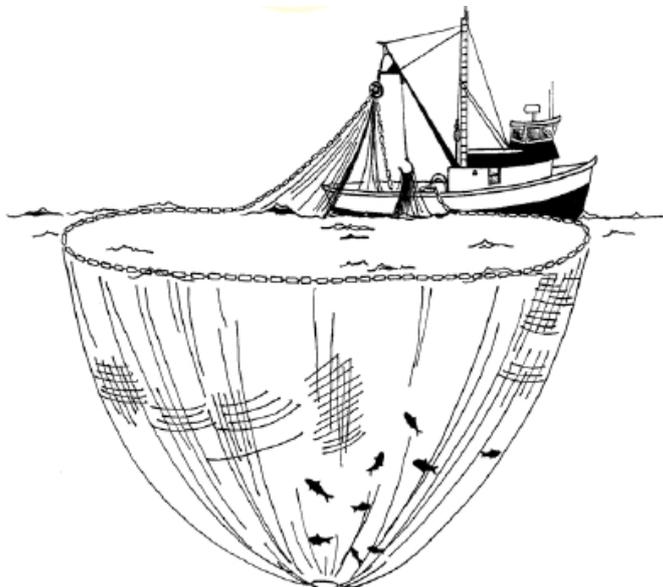


Figura 8. Red de cerco utilizada para la captura de anchoveta. Tomado de Torrejón (2014)

c. Selectividad

La selectividad de las artes de pesca constituye una herramienta de gran importancia para los administradores de pesquerías (Sparre & Venema, 1997). Está orientada a determinar la abertura de malla interna o luz de malla adecuada para capturar las especies que han alcanzado la talla de mínima de captura (Salazar & Ylla, 1997). De acuerdo al Consejo Internacional para la Explotación del Mar (ICES, 2004), el tamaño de malla está directamente relacionada con la apertura o luz de malla, debido a que es la medida que se utiliza para el monitoreo de la pesca y fines científicos, a diferencia de la longitud de malla que es apropiada desde el punto de vista de la ingeniería. La apertura de malla es la distancia interior entre dos juntas opuestas en la misma malla cuando está completamente extendida y la longitud de malla es la distancia entre los centros de dos juntas opuestas en la misma malla cuando está completamente extendida (Figura 9). La red de cerco es un arte de pesca no selectivo, debido a que permite la captura de peces de todos los tamaños (Misund & Beltestad, 1994), esto debido a que la luz de malla es tan pequeña que no permite el escape masivo de los peces, incluso de los individuos de tallas menores que son objetivo de la pesca (Bjordal, 2005).

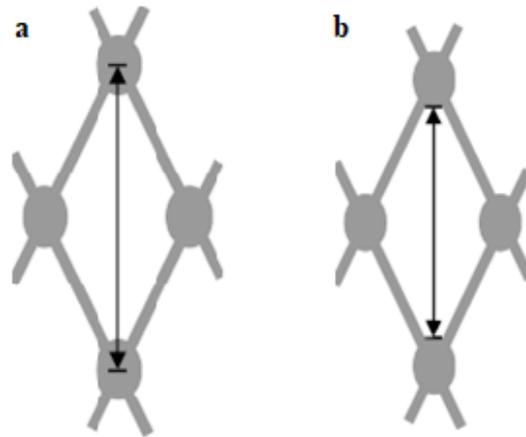


Figura 9. Tamaños de malla (cm) de arte de pesca. a. Longitud de malla. b. Apertura de malla. Tomado de ICES (2004)

Una forma de verificar el tamaño de malla de los paños de la red de cerco proveniente de fábrica y que este cumpla con lo dispuesto en la normativa nacional, es que tanto los pescadores industriales y los observadores a bordo utilicen un calibrador de malla. Por ejemplo, la Unión Europea cuenta con el Reglamento (CE) N° 517/2008, que establece que los inspectores de pesca utilicen obligatoriamente calibradores de medición del tamaño de malla. Esta normativa describe la forma de uso, el sistema de selección de mallas, el método de medición de mallas, el cálculo del tamaño de malla y el procedimiento de inspección. En ese aspecto, el calibrador OMEGA (Figura 10) es un calibrador de malla objetivo aceptado por el Consejo Internacional para la Exploración del Mar (ICES), capaz de realizar mediciones precisas y objetivas de la apertura de malla que están libres de la influencia humana y que puede ser utilizado por inspectores de pesca, científicos, pescadores y fabricantes de redes (Fonteyne *et al.*, 2007).

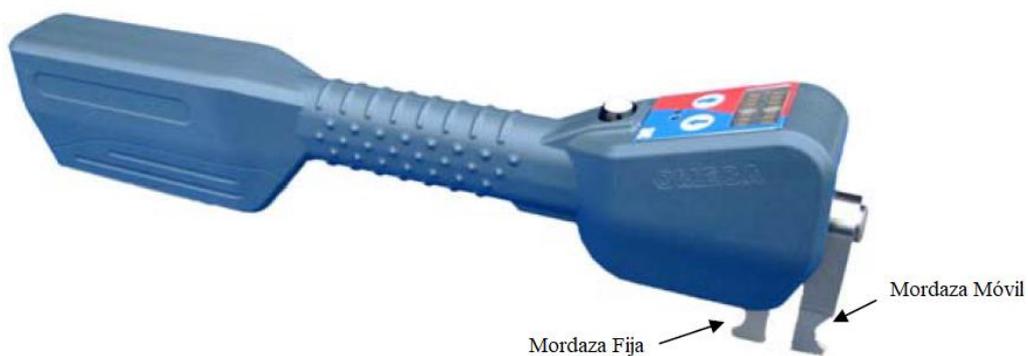


Figura 10. Calibrador de malla OMEGA. Tomado de ICES (2005)

En el Perú, las redes de pesca de cerco de la anchoveta utilizan un tamaño de malla romboide de 0.5 pulgadas (13 mm) (IHMA & SNP, 2017). Sin embargo, la red de cerco industrial permite la captura de juveniles (Torrejón, 2014) y de peces no objetivo como el jurel, la caballa, el bonito, entre otros (Saldarriaga, 2015). Aunque, algunas empresas pesqueras como Copeinca, Tasa y Hayduk utilizan redes de cerco con tamaños de malla de 9/16 pulgada y 5/8 pulgada en la parte del cabecero y cuerpos finos de la red de cerco a fin de mejorar la selectividad del arte (Salas, 2017; Félix, 2017; Moncada 2017). Por otra parte, Alarcón (2017), señala que un aspecto fundamental para determinar el tamaño de malla óptimo, es la medición del perímetro del pez, que puede ser el perímetro máximo (Gm) o el perímetro opercular (Go). Además, para evitar agallamientos o enmallamientos, se requiere que el tamaño de malla sea menor a Go o mayor a Gm, por lo que, para la elección del tamaño de malla se considera un promedio entre ambas (Figura 11). El estudio de IMARPE (2019c) sobre la biología y pesquería del bonito (*Sarda chiliensis*), determinó la luz de malla para redes de cerco, tomando en consideración la medición del perímetro del pez (perímetro opercular y máximo). El estudio de IMARPE (2019c) permitió establecer un tamaño de malla óptimo para la red de cerco de bonito, que podrá ser implementado en la pesquería una vez realizado estudios in situ con redes con el tamaño de malla óptimo según indica la R.M. N° 321-2019-PRODUCE.

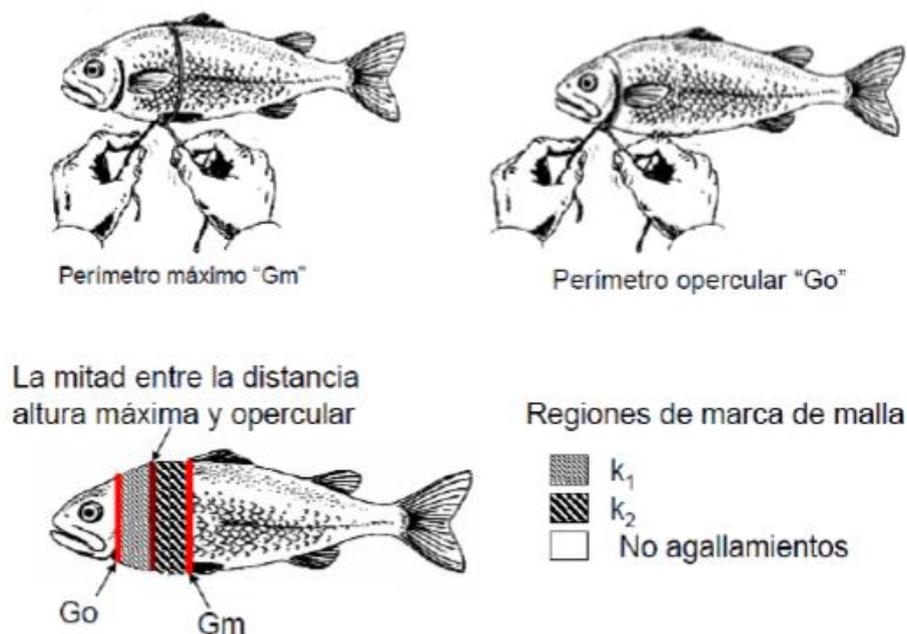


Figura 11. Medición del perímetro del pez para la determinación del tamaño de malla óptimo. Tomado del Informe de Instituto Humboldt de Investigación Marina y Acuícola y Sociedad Nacional de Pesquería (2017)

4.3.5. Sobrepesca

La sobrepesca es un problema global en la ordenación pesquera que se demuestra en el exceso de pesca de los peces maduros, la reducción del tamaño medio de los peces y la destrucción relativa de los peces inmaduros (Petersen, 1903). La sobrepesca consta de dos componentes, la sobrepesca por reclutamiento que consiste en disminuir la capacidad reproductiva de los peces y la sobrepesca por crecimiento que consiste en capturar los peces antes de que puedan alcanzar plenamente su potencial de crecimiento (Froese, 2004). Según, Najmudeen & Sathiadhas (2008) señalan que la sobrepesca por crecimiento se produce cuando se extraen los peces antes de que alcancen su máximo nivel de biomasa, afectando gran parte del rendimiento potencial de la pesquería, que podría lograrse si los peces son capturados en un futuro próximo.

En el Perú, la sobrepesca por crecimiento de la anchoveta data de inicios de la pesquería, donde los desembarques de anchoveta mostraban la presencia de peces juveniles denominados “peladilla” (Schaefer, 1967). Durante la pesquería de la anchoveta, se promulgaron diferentes normativas que limitaron el esfuerzo de pesca como cuotas de captura, vedas, áreas y prohibiciones de pesca, entre otros (Arias, 2012). Sin embargo, en las últimas dos décadas, la extracción de juveniles de anchoveta continúa superando el límite de tolerancia máxima del 10 % en número de individuos en la captura, afectando la sostenibilidad del recurso anchoveta a nivel biológico y económico (Salvatecci & Mendo, 2005; Torrejón, 2014). Según Ganoza *et al.* (2014), durante la fase final del gareteo (inicio del embolsamiento del cardumen) ocurre una drástica reducción en la abertura vertical de la malla de la red de cerco que altera la selección por tallas. Este efecto mecánico de la red, disminuye la respuesta selectiva y desfavorece su accionar cuando se enfrenta a cardúmenes conformados por ejemplares juveniles.

a. Medidas de manejo para la reducción de la sobrepesca por crecimiento

Algunos autores recomiendan que para mejorar la selectividad de la red de cerco se debe cambiar la configuración de la red mediante el uso de dispositivos selectores. Por ejemplo, Misund & Beltestad (1994) experimento con rejillas clasificadoras colocadas en la red de cerco (Figura 12) y con paños de mallas de mayor tamaño en diferentes secciones de la red para la pesca de carbonero y caballa. Aunque, se logró el escape de los peces a través de los paños y las rejillas, estos generaron estrés físico y lesiones en los organismos y posiblemente su posterior muerte. Por otra parte, Gonçalves *et al.* (2008) experimentó

con un panel de malla en forma de diamante en el ala posterior de la red de cerco demersal de especies como la dorada y la lubina europea. El estudio demostró que el dispositivo selector permite el escape de los peces pequeños y que puede ser utilizado en redes de cerco pelágicas, siendo una herramienta útil para las pesquerías de cerco basada en cuotas durante el proceso de deslizamiento a fin de reducir la alta mortalidad de peces pequeños pelágicos como la sardina.

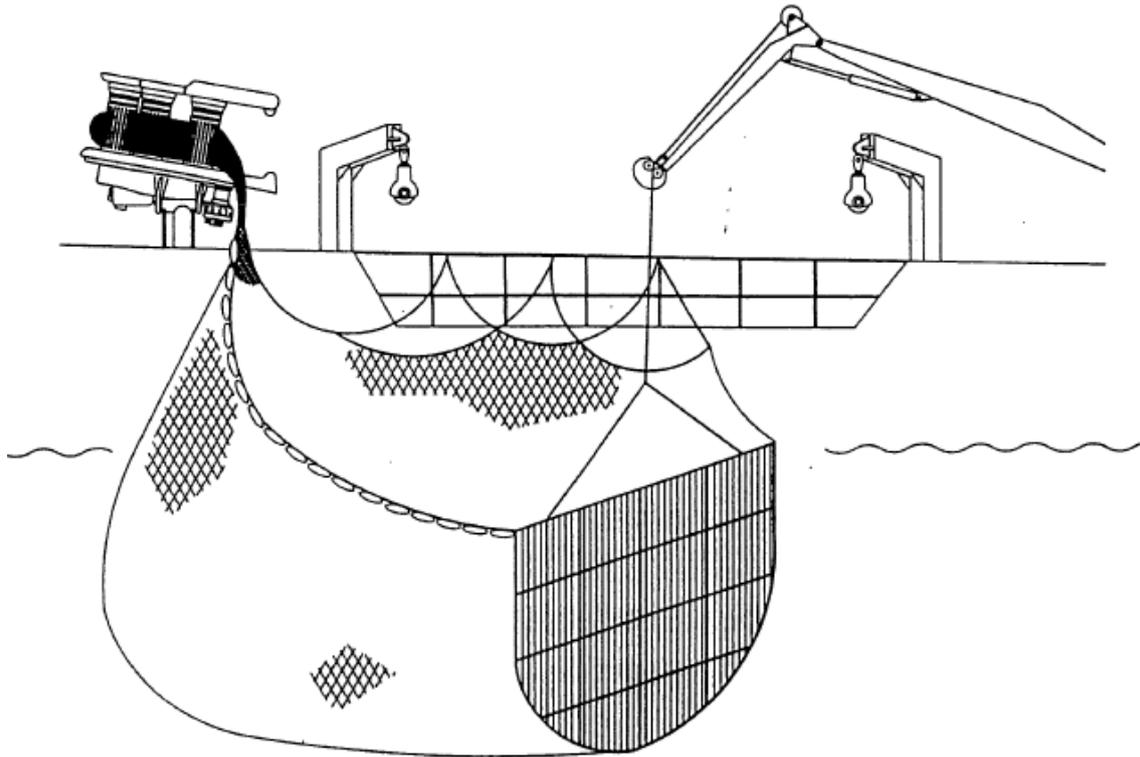


Figura 12. Rejilla clasificadora montada en una red de cerco para caballa. Tomado de Misund & Beltestad (1994)

También, un método para reducir el descarte y la captura de juveniles de la anchoveta es mediante el proceso de deslizamiento, que consiste en la liberación de toda la captura o parte de esta, a fin de asegurar en lo posible la sobrevivencia de los peces liberados (Aguilar-Ramírez & Barrera-Guevara, 2018). En Noruega, se planteó un programa de mitigación para minimizar la mortalidad de los peces liberados como la caballa y el arenque mediante el proceso de deslizamiento (Breen *et al.*, 2012). El programa se centró en tres áreas principales (Figura 13): en primer lugar, la aplicación de tecnología hidroacústica para la identificación previa a la captura (respecto a las especies, la cantidad y el tamaño de los peces); en segundo lugar, monitorear la captura y la red durante el lance para proporcionar información sobre el volumen de captura, el tamaño y la calidad

de los peces; y en tercer lugar, modificar el diseño y las técnicas de la red de cerco para promover la supervivencia de los peces liberados de menor tamaño mediante el proceso de deslizamiento (Breen *et al.*, 2012).

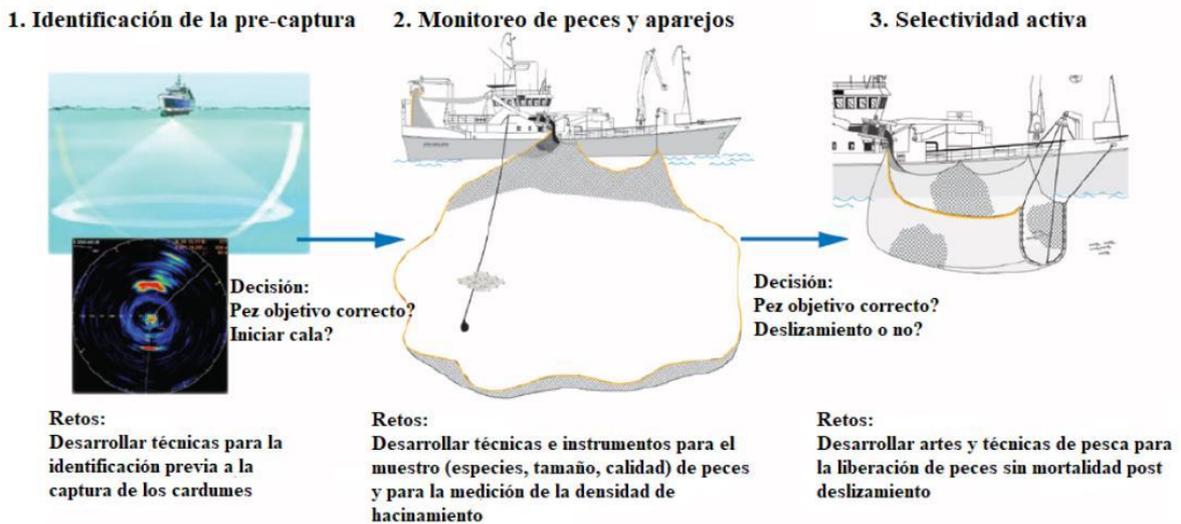


Figura 13. Descripción del programa de mitigación para minimizar la mortalidad de los peces liberados por deslizamiento en la pesca con red de cerco pelágica de la caballa y el arenque (Tomado con permiso de los autores Breen *et al.*, 2012).

Actualmente, la tecnología hidroacústica a través de los ecosondas verticales permite el reconocimiento de las especies y un aproximado de las tallas que conforman el cardumen susceptible a la captura, basado en la distribución de frecuencia de tallas (Aguilar-Ramírez & Barrera-Guevara, 2018). La empresa SIMRAD ofrece ecosondas con tecnología Split beam, que mide la intensidad de los ecos generados por los peces y permite capturar peces del tamaño adecuado (SIMRAD, 2018). El Simrad ES80 es el ecosonda Split beam de quinta generación en la que se utiliza lo último en tecnología informática, capaz de operar en un rango de frecuencia de 10-500 kHz. Está hecho para enviar un haz y recibir en tres o cuatro, donde se analiza el eco de retorno y permite al usuario ver el tamaño del pez antes de capturarlo (SIMRAD, 2018). En el Perú, IMARPE cuenta con el ecosonda científica multifrecuencia Simrad EK80 y algunas embarcaciones industriales anchoveteras cuentan con ecosondas semi-científicas Simrad ES60, ES70 y/o ES80 (Castillo *et al.*, 2020; Castillo *et al.*, 2021).

Por otra parte, la identificación previa a la captura no siempre es precisa, especialmente cuando los cardúmenes son grandes y densos (Marçalo *et al.*, 2019). Por lo que, para determinar las tallas del cardumen, se requiere muestreos físicos para evaluar el tamaño de la especie de captura (Breen *et al.*, 2012). Un enfoque prometedor es el uso de una pequeña red de arrastre pelágica (Figura 14), desplegada desde la cubierta de la embarcación a través de la red de cerco mediante una pistola de aire comprimido y luego transportada de regreso a la embarcación. Sin embargo, se requieren más estudios para optimizar el despliegue y la operación de la red de muestreo (Breen *et al.*, 2012).



Figura 14. Modelo de prototipo de red de arrastre pelágica para muestreo (Tomado con permiso de los autores Breen *et al.*, 2012).

Para aplicar correctamente la operación de deslizamiento, Breen *et al.* (2012), plantea una modificación relativamente simple de la red de cerco en la sección del extremo de la red de cerco y el estrobo de anillas asociadas, que consiste en la reducción del coeficiente de armado (E) del paño del extremo de la red de cerco y la línea de flotación. Esta reducción del coeficiente de armado de un 42 % a 25 %, permitirá que la longitud del extremo de la red casi duplique su longitud, lo que hará que el volumen del cardumen no se amontone en la red y facilite la apertura de la red a fin de que los peces puedan escapar de la red de cerco. Al mismo tiempo, la anilla corrediza en el extremo de la red puede ser remplazada con un único estrobo asegurado a una terminal (Figuras 15 y 16).

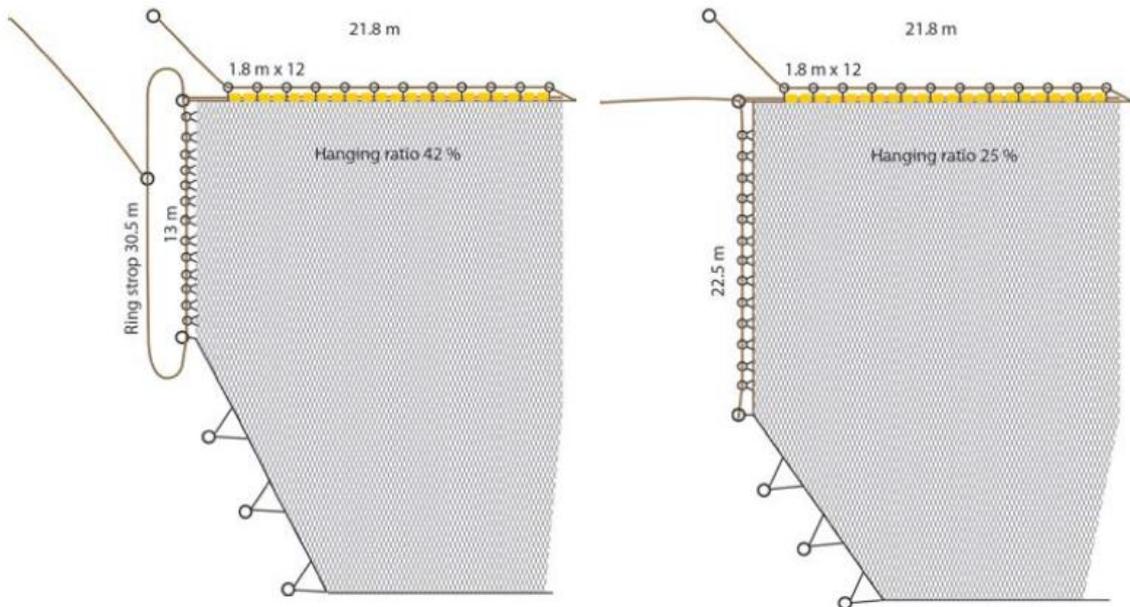


Figura 15. Izquierda: Coeficiente de armado normal del extremo de la red de cerco noruega del 42%. Derecha: Coeficiente de armado al 25% y reemplazando el anillo corredizo con un cabo simple que incremente la abertura de escape hasta 7 m de profundidad y 14 m de ancho, facilitando el escape de peces (Tomado con permiso de los autores Breen *et al.*, 2012).

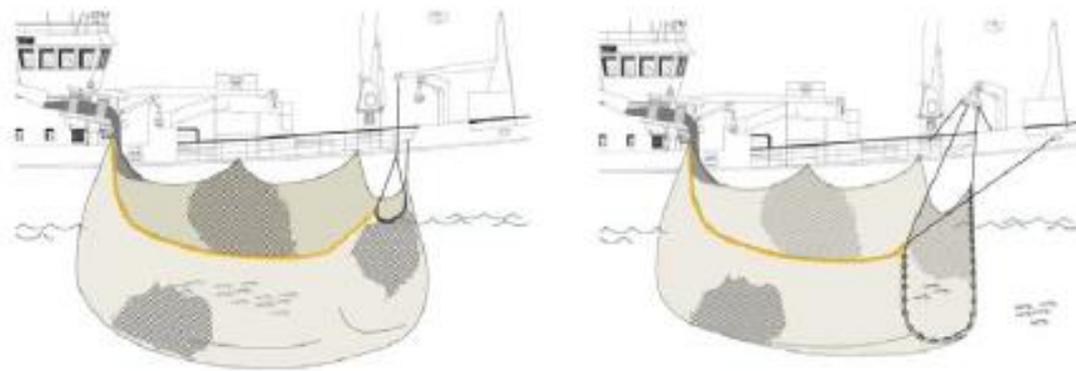


Figura 16. Modificación del relingado del extremo de la red de cerco para aumentar la abertura disponible para la liberación de los peces (Tomado con permiso de los autores Breen *et al.*, 2012).

Aunque, el estudio desarrollado por Anders *et al.* (2019), describió el comportamiento de la caballa y el arenque durante el proceso de deslizamiento a través de la instalación de cámaras de video en la abertura de descarga de la red de cerco, evidenció que la mayoría de los peces que escaparon de la red tuvieron un escape desordenado, permitiendo el contacto entre ellos y con el arte de pesca, siendo probable una baja supervivencia de los

peces. Además, durante el tiempo que estuvo abierta la red, los peces no pudieron escapar ya sea porque los peces tuvieron dificultades para encontrar la abertura de la red o porque no quisieron usarla. Anders *et al.* (2019), señala que el método de deslizamiento depende de que los peces sean forzados a salir de la red por un factor externo ya sea por la reducción del volumen de la red de cerco y el aumento estímulos negativos como el aumento de ruido o proximidad de sus congéneres.

Otra medida de manejo pesquero que permite la reducción de la captura de juveniles son los cierres espaciales y temporales. De acuerdo a Gullestad *et al.* (2015), estos cierres en función del tiempo y lugar se imponen temporalmente en áreas donde existe una mezcla indeseada de peces, ya sea debido a peces por debajo del tamaño mínimo legal o que el nivel de capturas secundarias exceda los límites permitidos. Según O'Keefe *et al.* (2014) señala que, la aplicación de los cierres espaciales y temporales en las pesquerías resultan ser más efectivos en la reducción de la captura incidental cuando se combina con otras técnicas de mitigación. En el Perú, se está aplicando esta medida a través del Decreto Supremo N° 024-2016-PRODUCE, que tiene objetivo reducir la captura de juveniles (peces menores de 12 cm).

4.4. Industria de harina y aceite de pescado

4.4.1. Plantas de procesamiento

En el Perú, la producción de harina de pescado se inició en 1950, con la instalación de la primera planta harinera con una capacidad de 5 toneladas/hora. En la década de los setenta, el número de plantas y la capacidad de procesamiento promedio de las plantas pesqueras disminuyó considerablemente debido a la disminución del stock de anchoveta a causa de la sobrepesca del recurso y del evento de El Niño 1972-1973 (Csirke & Gumy, 1996) (Figura 17). En 1992, con la promulgación del Decreto Ley N° 25997 “Ley General de Pesca”, que estableció una cuota total de captura (TAC) y prohibió la expansión de la flota pesquera. En el año 2001, se publicó la Resolución Ministerial N° 218-2001-PE, que prohibió la instalación y el aumento de la capacidad de las plantas de procesamiento de harina de pescado estándar y de alto contenido proteico. Según Paredes (2012), en la práctica las normas no se cumplieron, por lo que, el número de embarcaciones y plantas de procesamiento se multiplicó facilitando la carrera olímpica por el pescado. En 2008, después de la promulgación del Decreto Legislativo N° 1084 “Ley Sobre Límites Máximos de Captura por Embarcación”, Bouchon (2018) señala que, se produjo un

cambio en la producción de harina de pescado que permitió a las empresas mejorar en la calidad de la harina de pescado de tipo Harina Prime y Super Prime, así como la diversificación de productos con mayor valor agregado para el consumo humano.

Según Freón *et al.* (2017), en el Perú operan tres tipos principales de plantas de harina de pescado, las plantas de vapor modernas que producen harina de pescado de calidad Prime y Super y a menudo harina de pescado de calidad estándar; las plantas tradicionales que producen harina de pescado estándar y plantas residuales que producen harina de pescado estándar a partir de residuos de pescado y de especies como la anchoveta, jurel o caballa. Aunque, Grillo *et al.* (2018), señala que, entre enero y abril de 2018 se identificaron 62 centros de producción (plantas de procesamiento y pampas de secado de harina) presuntamente involucrados en el procesamiento ilegal de harina de pescado en la costa norte y centro del Perú, los cuales producen harina a partir de anchoveta fresca extraída por la flota artesanal y de menor escala. Según PRODUCE (2020), al año 2019, existen legalmente 78 plantas de harina especial con capacidad instalada promedio de 98 TM/hora, 28 plantas de harina estándar con capacidad instalada promedio de 50 TM/hora y 56 plantas de harina residual con capacidad instalada promedio de 6 TM/hora.

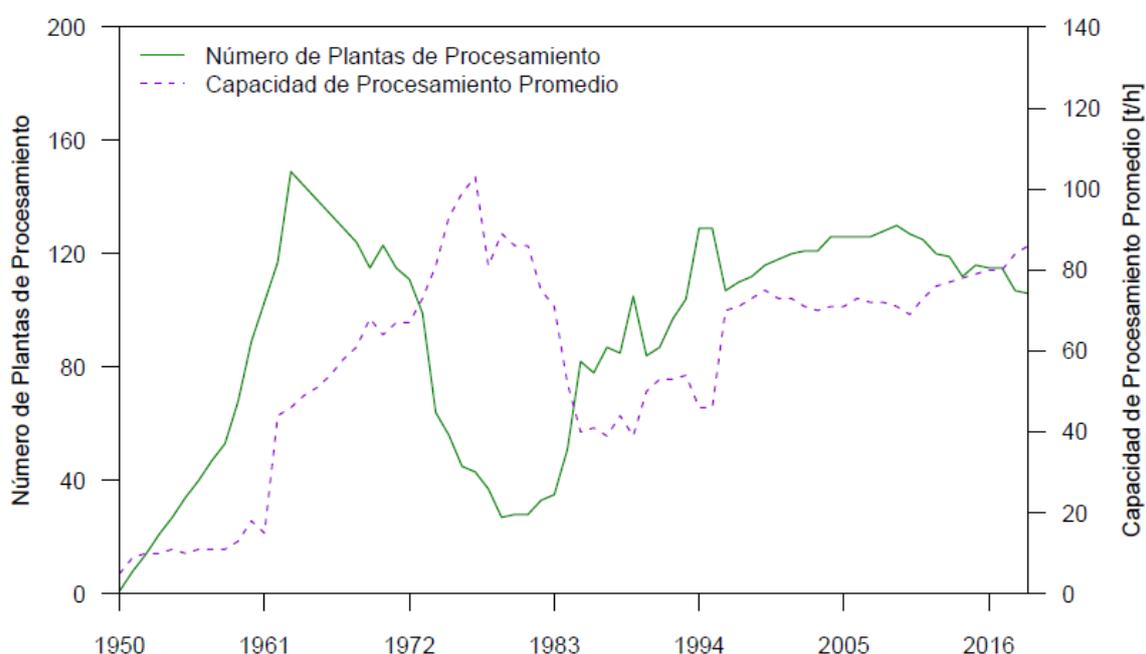


Figura 17. Número de plantas y capacidad de procesamiento promedio (toneladas/hora) para la producción de harina y aceite de pescado durante 1950-2019 (Elaborado con datos de Csirke & Gumy 1996, Yonashiro & Balbín 2016 y PRODUCE 2020)

4.4.2. Producción

a. Descripción de los productos

La harina de pescado es un alimento proteico que se obtiene después de la molienda y el secado del pescado entero o de partes de este, mientras que el aceite de pescado se obtiene mediante el prensado del pescado cocido y posterior centrifugación del líquido obtenido (FAO, 2020). Para la producción de harina y aceite de pescado se utilizan peces enteros, principalmente especies pelágicas pequeñas como la anchoveta (FAO, 2020).

Según Naylor (2009), la acuicultura es la principal actividad económica que demanda altos insumos de harina y aceite de pescado, debido a que estos son elementos claves en la alimentación de especies marinas como el salmón, la trucha, el camarón, entre otros. La harina y el aceite de pescado son considerados los ingredientes más nutritivos y más digeribles para los peces cultivados, así como la principal fuente de ácidos grasos omega 3 ácido eicosapentaenoico (EPA) y ácido docosahexaenoico (DHA) (FAO, 2020). Aunque, estos insumos también son utilizados para la elaboración de piensos para la actividad porcina y avícola (Le Manach *et al.*, 2017), y el aceite de pescado también es utilizado para el consumo humano directo en forma de cápsulas y nutraceúticos, y como insumo en pesticidas y pinturas (EUMOFA, 2021).

Según IFFO (2020), algunos controles de calidad considerado durante el procesamiento de harina y aceite de pescado son los siguientes:

- **Frescura de la materia prima**, es importante minimizar el tiempo entre la captura y el procesamiento del pescado, así como la conservación en hielo/agua refrigerada a fin de evitar la producción de histamina y cadaverina, indicadores de deterioro del pescado.
- **Temperatura de la exposición durante el procesamiento**, la cocción suave (a 90 °C o menos) y el secado (a 90 °C o menos) destruyen bacterias perjudiciales y a la vez incrementan el valor nutricional, especialmente la digestibilidad.
- **Estabilidad de la grasa**, uso de antioxidantes como la etoxiquina a fin de evitar la oxidación (rancidez) de los ácidos grasos poliinsaturados omega-3 de cadena larga, especialmente EPA y DHA.
- **Higiene**, la manipulación del pescado debe ser bajo estándares de buenas prácticas de manufactura a fin de evitar el deterioro y mantener la calidad del producto.

Además, de evitar de cualquier forma de contaminación con excrementos de aves durante el almacenamiento o la presencia de otros animales.

b. Volúmenes de producción

Los volúmenes de producción de harina y aceite de pescado fluctúan a razón de los cambios en las capturas de las especies utilizadas como materia prima, ya que El Niño Oscilación Sur (ENOS) y a la sobrepesca, son factores que afectan la abundancia de la población (Naylor, 2009). Por ejemplo, después El Niño 1997-1998, la producción de harina de pescado superó el millón de toneladas debido a la accesibilidad a la población de anchoveta a causa de las buenas condiciones oceanográficas que se presentaron durante inicios de la década de 2000s (Castillo *et al.*, 2018). Al respecto, Bouchon (2018) menciona que, la alternancia entre condiciones neutras y los eventos de El Niño en los años 2009-2010, 2012, 2014 y 2015-2016 (categoría fuerte) y los eventos La Niña en el 2010-2011 y 2013, influyeron sobre la abundancia y disponibilidad de la anchoveta. Por lo que, es probable que las variaciones de las condiciones oceanográficas produjeron la disminución de los desembarques y a la vez redujeron los volúmenes de producción de harina y aceite de pescado a principios de la década de los 2010s (Figura 18).

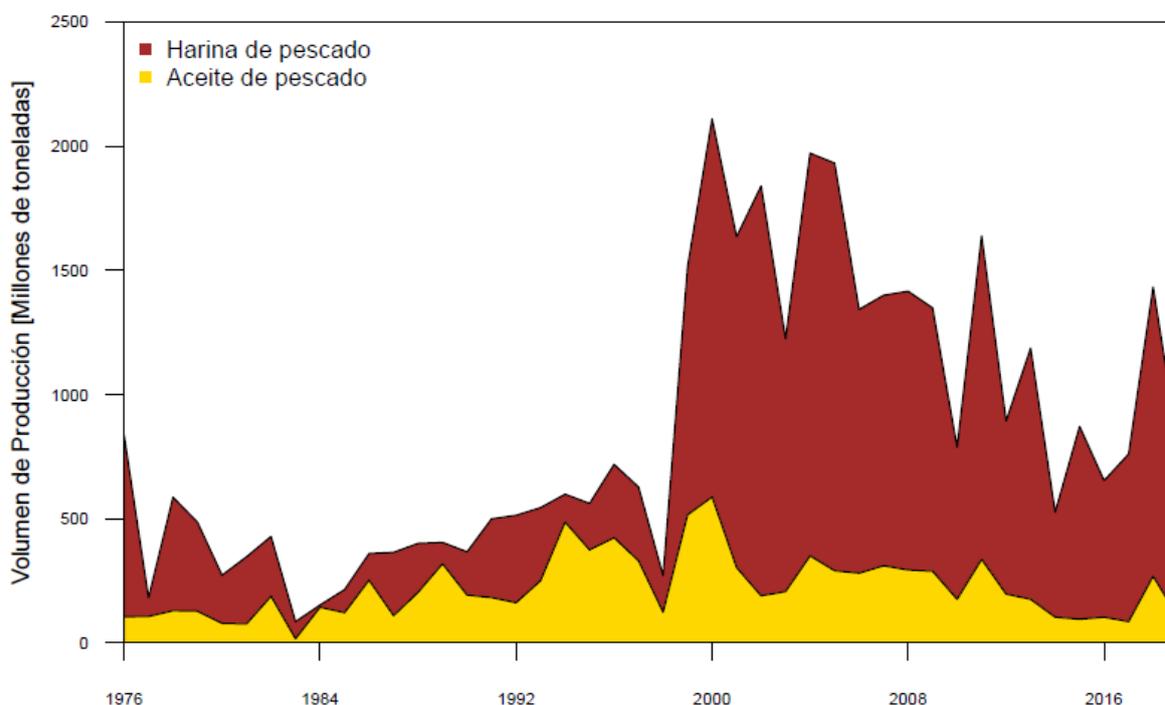


Figura 18. Volumen de producción de harina y aceite de pescado (Millones de toneladas) durante 1976-2019 (Elaborado con datos de FAO 2020)

c. Rendimiento

La composición de la materia prima expresada en términos de materia seca, proteína y grasa, determina los rendimientos de los productos pesqueros como la harina y el aceite de pescado (FAO, 1986). El contenido de proteínas y minerales (sólidos) en la anchoveta permanecen casi constante en diferentes épocas del año, pero existe una relación inversa entre el contenido de grasa y de humedad (Ayala *et al.*, 2002). También, el contenido de grasa tiene una relación inversa con la época de desove, debido a que la anchoveta utiliza la grasa de su organismo como reserva de energía para utilizarla en el desarrollo y función de las gónadas (Lam, 1968). En la Tabla 3, se muestra la composición proximal de la anchoveta.

Tabla 3: Composición proximal de la anchoveta. Tomado de Instituto del Mar del Perú (IMARPE) & Instituto Tecnológico Pesquero del Perú (ITP) 1996

Componente	Promedio (%)
Humedad	70.8
Grasa	8.2
Proteína	19.1
Sales Minerales	1.2

El rendimiento de harina y aceite de pescado por peso de pez capturado, varía de acuerdo a los cambios en la composición proximal de la materia prima porque la harina de pescado presenta un alto contenido de proteína y el aceite un alto de contenido de grasa (FAO, 1986). Según Svana (2021), el rendimiento de la producción de harina de pescado suele ser alrededor del 20 %, mientras que el rendimiento del aceite de pescado puede variar del 0 % al 20 % dependiendo del contenido de grasa de la especie.

4.4.3. Exportación

a. Volumen y valor de la exportación

El Perú es el principal productor y exportador mundial de harina y aceite de pescado (FAO, 2018). La industria acuícola el destino principal de estos productos a nivel mundial, donde el principal mercado es China con 60% de participación en valor, seguido de Japón, Canadá y Dinamarca (PROMPERÚ, 2020). Entre los años 2009 a 2020, China se convirtió en el mercado de destino más importante para la harina de pescado peruana,

representando el 77 % del total de las exportaciones en 2020, que, a comparación del año 2009, donde las exportaciones de harina de pescado a China representaron menos de la mitad de las exportaciones totales de harina de pescado (EUMOFA, 2021). Según PRODUCE (2020), en 2019, los volúmenes de exportación de harina y aceite de pescado fueron 1.25 millones de toneladas, generando un valor de 1949.2 millones de US\$ para el Perú (Figura 19).

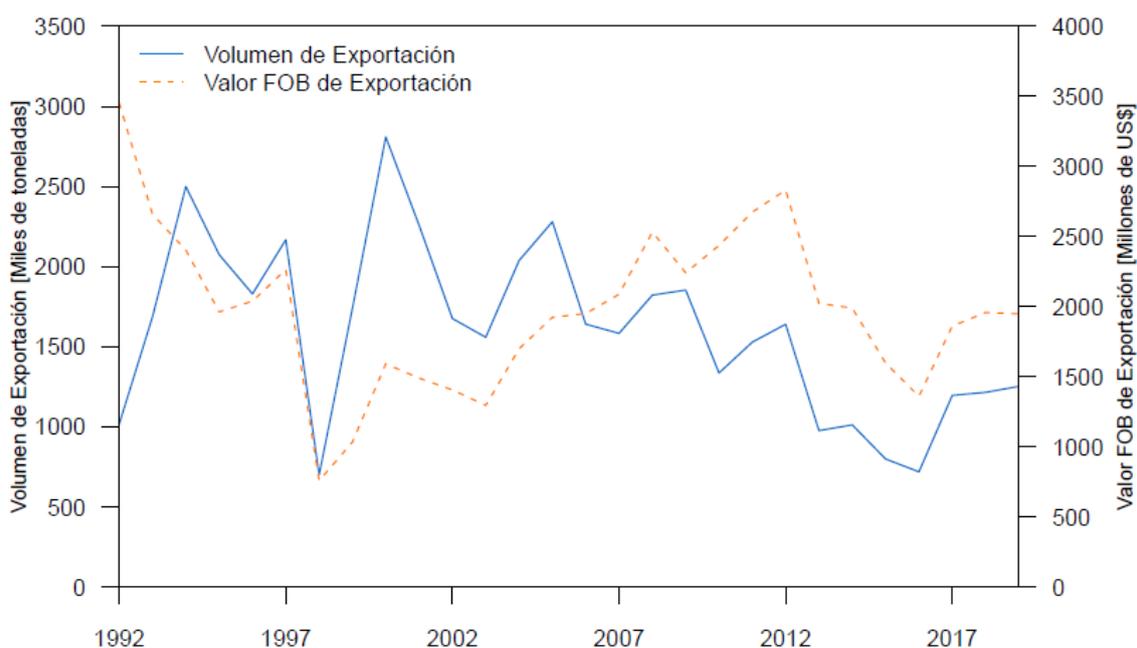


Figura 19. Volumen (Mil toneladas) y valor FOB (Millones de US\$) de exportación de la harina y aceite de pescado durante 1992-2019 actualizados al año 2019 (Elaborado con datos del BCRP 2020, PRODUCE 2010 y PRODUCE 2020)

b. Precios

Los precios mundiales de harina y aceite de pescado están ligados en gran medida a los precios de harina y aceite producido en Perú, debido a que Perú es la mayor fuente de producción de harina y aceite de pescado en la actualidad (EUMOFA, 2021). Además, el precio de la harina de pescado está relacionado con el contenido proteico; y con la demanda, la oferta y la competencia con otras fuentes de proteínas (IFREMER, 2008). Durante el periodo de 1995 a 2000 los precios estuvieron por debajo de 1500 US\$/tonelada (Figura 20). Recién, a partir del siglo XX, los precios de harina y aceite a nivel mundial mostraron una tendencia creciente debido al crecimiento de la acuicultura, que es la actividad que mayor demanda estos insumos para la elaboración de piensos (Olsen & Hasan, 2012). Por ejemplo, entre los años 2005 a 2008, los precios se elevaron

rápido debido a una serie de diferentes factores, principalmente a la fuerte demanda de harina y aceite de pescado para la acuicultura y la ganadería en los principales países importadores (principalmente en China) y al aumento de los precios del aceite vegetal a nivel mundial (Tacón & Metian, 2008). Durante el periodo 2005-2014, la demanda mundial de harina y aceite aumentó y la producción (oferta) disminuyó gradualmente a causa de los eventos El Niño, lo que provocó un alza en los precios históricos hasta finales de 2014 (FAO, 2016). Durante los últimos meses del 2016 y primeros meses del 2017, los precios de harina y aceite de pescado tuvieron una tendencia a la baja debido a la normalización de las condiciones oceanográficas cerca de la costa peruana luego del evento de El Niño de 2015-2016 (FAO, 2018).

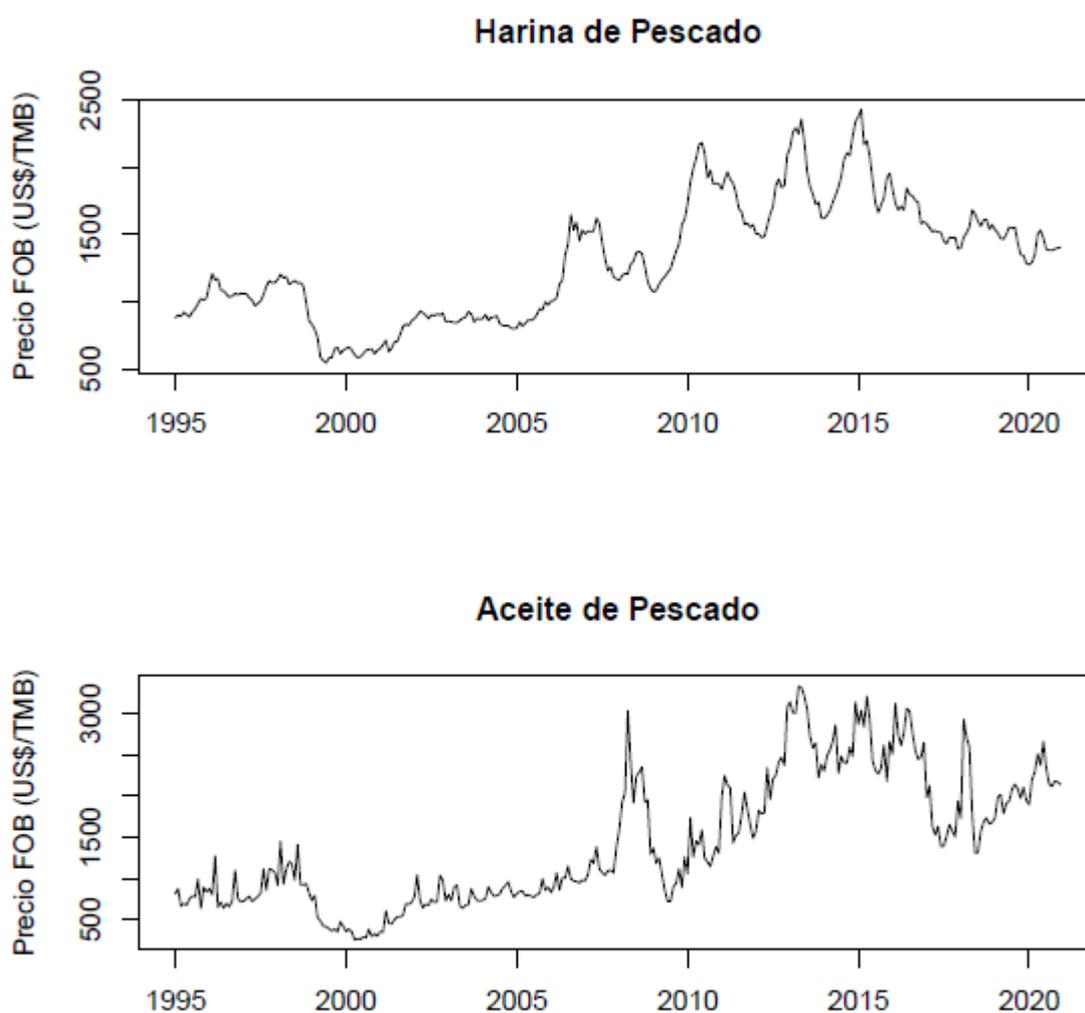


Figura 20. Precio promedio FOB (US\$/tonelada) de exportación de harina y aceite de pescado durante 1995-2020 actualizados al año 2020 (Elaborado con datos de PRODUCE 2020)

III. METODOLOGÍA

3.1. Lugar y ubicación del estudio

El lugar y ubicación del estudio fue la región norte-centro del Perú ($4^{\circ}30'S-16^{\circ}00'S$) que abarco las zonas de pesca operadas por la flota industrial de cerco durante los viajes observados por el Programa Bitácora de Pesca (PBP) del IMARPE (Figura 21).

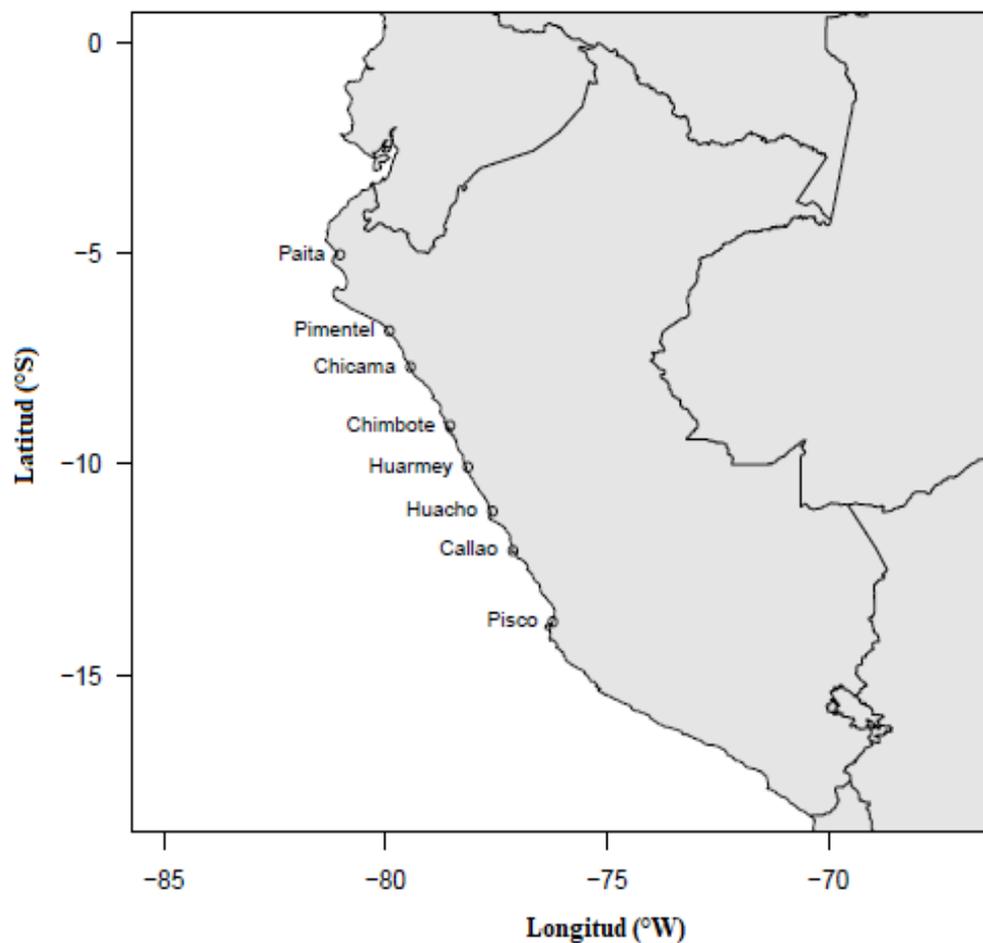


Figura 21. Zona de distribución donde opera la flota industrial de cerco dedicada a la pesca del stock norte-centro de la anchoveta ($4^{\circ}30'S-16^{\circ}00'S$) (Tomado de IMARPE 2019b)

3.2. Descripción general del estudio

El estudio consistió en la evaluación del impacto económico de la sobrepesca por crecimiento en la pesca industrial del stock norte-centro de la anchoveta (*Engraulis ringens*), basándose en el análisis de tendencias significativas de los ingresos no percibidos durante el periodo 2000-2019. Se utilizó el modelo predictivo Thompson y Bell (1934) para estimar la biomasa de todos los juveniles capturados, proyectando el crecimiento y el número de sobrevivientes de los juveniles capturados hasta que alcancen la talla mínima de captura de 12 cm a fin de obtener una estimación más objetiva. También, el modelo predictivo incorporó factores de conversión y precios para la estimación del volumen y valor de la producción de harina y aceite de pescado. Los ingresos no percibidos debido a la sobrepesca por crecimiento del stock norte-centro de la anchoveta peruana fueron estimadas por la diferencia entre el valor de la biomasa de individuos juveniles que alcanzaron tallas mínimas de capturas de 12 cm y el valor del peso de los individuos juveniles capturados.

3.3. Fuente de la información

Se utilizaron datos de composición por tallas de la captura de 132 meses durante el periodo 2000-2019, provenientes de los muestreos biométricos realizados por el Programa Bitácoras de Pesca (PBP) con observadores a bordo de la flota de cerco del Instituto del Mar del Perú (IMARPE). De cada lance se colectó una muestra aleatoria de 2 kg de anchoveta y se registró la longitud total de aproximadamente 120 a 180 individuos en clases de talla de 3.0 a 20.0 cm con intervalos de 0.5 cm (Bouchon *et al.*, 2001). En este estudio, los peces menores a la talla mínima de captura de 12 cm fueron considerados juveniles y los peces mayores o iguales a 12 cm fueron considerados adultos.

3.4. Análisis y procesamiento de la información

3.4.1. Estimación del peso de la captura de los juveniles

El peso de la captura de juveniles por mes (i) y clase de talla (j), fue obtenido multiplicando el número de juveniles capturados por mes y clase de talla (C_{ij}) por el peso promedio de clase de talla juvenil (w_j), calculado con la relación longitud-peso, según la siguiente ecuación potencial:

$$w_j = 0.0036 * L_j^{3.238} \quad (1)$$

La relación longitud-peso de la anchoveta fue proporcionado por IMARPE. La información utilizada para estimar los parámetros promedio de la relación longitud-peso para el stock norte-centro provino de todos los Cruceros de Evaluación del IMARPE realizados desde 1991 a 2019 (IMARPE, 2020).

El peso de los juveniles capturados por mes (PC_m), fue obtenido sumando el peso de la captura de cada clase de talla juvenil (P_j).

$$PC_m = \sum_{j=1}^n P_j \quad (2)$$

3.4.2. Estimación de la biomasa de los juveniles a tallas mínimas de captura de 12 cm

La proyección de la biomasa de los individuos juveniles fue realizada hasta que alcancen la talla de 12 cm (B_{12}). Los meses de captura futura se restringieron a los meses de captura cuando la pesquería estaba en operación de acuerdo con las temporadas de pesca establecidas por PRODUCE.

En primer lugar, se proyectó el crecimiento de los juveniles capturados, utilizando la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy:

$$L_{12} = L_{\infty} * [1 - e^{-K*(t_{12}-t_o)}] \quad (3)$$

Donde

L_{12} = talla de un pez que alcanza la talla mínima de captura de 12 cm

L_{∞} = talla infinita

K = parámetro de curvatura

t_{12} = edad de un pez que alcanza la talla mínima de captura de 12 cm

t_o = edad (teórica) de un pez a la talla cero

El parámetro de curvatura K y la talla infinita L_{∞} fueron datos anuales proporcionados por IMARPE, mientras que la talla a la edad cero t_o fue calculado anualmente, aplicando la metodología utilizada por Salvatecci & Mendo (2005) (Ver Anexo 1). Los parámetros de crecimiento K y L_{∞} fueron estimados utilizando el método de Análisis de Frecuencias de Tallas, rutina ELEFAN I desarrollada en R por Taylor & Mildenerger (2017).

Luego, el número de individuos sobrevivientes de cada clase de talla (N_{12}) fue estimado utilizando la ecuación de decaimiento exponencial:

$$N_{12} = C_{ij} * e^{-M_j*(t_{12}-t_j)} \quad (4)$$

Donde:

N_{12} = número de sobrevivientes a la talla mínima de captura de 12 cm

C_{ij} = número de juveniles capturados por mes (i) y clase de talla (j)

M_j = tasa de mortalidad natural para cada clase de talla (j)

t_{12} = edad de un pez que alcanza la talla mínima de captura de 12 cm

t_j = edad de un pez juvenil

La tasa de mortalidad natural para cada clase de talla M_j fue proporcionada por IMARPE como dato invariable en el tiempo (Ver Anexo 2).

La biomasa de los juveniles capturados que alcanzaron tallas mínimas de captura de 12 cm (B_{12}) fue estimado multiplicando el número de sobrevivientes (N_{12}) y el peso promedio individual (w_{12}), este último fue calculado utilizando la ecuación (1). Luego, la biomasa de los individuos adultos mensual (B_m), fue obtenido sumando la biomasa de cada clase talla juvenil (B_j), empleando la ecuación (2). Finalmente, la diferencia entre la biomasa de los individuos adultos (B_m) y el peso de la captura de los juveniles (PC_m) permitió obtener la biomasa que se dejó de percibir.

3.4.3. Determinación del volumen de producción de harina y aceite de pescado

En primer lugar, se determinaron factores de conversión de harina (FC_h) y aceite (FC_a) de pescado utilizando los datos reportados por Lam (1968), quien midió el contenido de grasa de la anchoveta por mes y clase de talla, durante el período 1964-1967 en los puertos de Chimbote, Callao e Ilo. Para el estudio, se consideró un valor promedio de sólidos del 20,4% para la estimación del factor de harina de pescado, independientemente del tamaño del pescado, debido a que el porcentaje de sólidos (proteínas y minerales) permanece casi constante durante el año (Lam, 1968).

Teniendo en cuenta que el contenido de grasa varía a lo largo del año en respuesta al ciclo de desove de la anchoveta. Se utilizó un modelo aditivo generalizado (GAM) para estimar los cambios en el contenido de grasa (porcentaje) por mes del año y por talla del pez, usando las medidas reportadas por Lam (1968). El GAM fue ajustado utilizando el paquete R mgcv (Wood, 2006). Se probaron dos modelos diferentes: un GAM con el porcentaje de grasa como variable de respuesta y el mes y la talla como variables predictoras, incluyendo su interacción, y otro GAM con la misma variable de respuesta y

variables predictoras, pero sin incluir su interacción. Ambos modelos fueron ajustados utilizando criterios de máxima verosimilitud (ML). Se utilizó un análisis de desviación para determinar el mejor ajuste de los dos modelos anidados, que luego fue ajustado utilizando criterios de máxima verosimilitud restringida (REML).

Luego, de acuerdo al balance de materia de harina y aceite de pescado reportado por Burgos (2014), quien muestra que el 27% del contenido graso de la anchoveta es destinado a la producción de harina y el 73% restante destinado a la producción de aceite. Por lo que, estos valores fueron considerados para la determinación de los factores de conversión de harina y aceite de pescado, respectivamente. Además, de acuerdo al balance de materia, se consideró el contenido de humedad como un valor constante de 1.9 en el factor de conversión de harina; y el contenido de sólidos y de humedad como valores insignificantes en el factor de conversión de aceite. Teniendo en cuenta estos valores y las predicciones del porcentaje de contenido de grasa por mes y talla (cg_{ij}), los factores de conversión de harina y aceite de pescado fueron determinados por mes (i) y clase de talla (j), utilizando las siguientes ecuaciones:

$$FC_{h(ij)} = \frac{100}{(20.4+1.9+cg_{ij}*0.27)} \quad (5)$$

$$FC_{a(ij)} = \frac{100}{(cg_{ij}*0.73)} \quad (6)$$

Finalmente, el volumen de producción de harina y aceite de pescado por mes (i) y clase de talla (j) fue estimado dividiendo la biomasa de juveniles de cada clase de talla que alcanzaron tallas mínimas de captura de 12 cm (B_{12}) y el peso de la captura de juveniles de cada clase de talla (P_j) entre los factores de conversión de harina (FC_h) y aceite (FC_a) de pescado.

3.4.4. Determinación del valor de la producción de harina y aceite de pescado

En primer lugar, se consideró solamente utilizar el precio promedio FOB de la exportación de harina y aceite de pescado como precio de los productos exportados tradicionales. Dado que, en este estudio, para la determinación del volumen producción de harina y aceite de pescado se ha considerado solamente la cantidad producida y no la calidad de los diferentes productos de harina y aceite de pescado. Debido a que la calidad del producto depende de la frescura de la materia prima y al propio procesamiento.

Los precios promedio FOB fueron actualizados a precios reales utilizando del índice de precios al consumidor (IPC) al mes de noviembre de 2020, siendo el periodo futuro en el que los últimos juveniles capturados alcanzaron la talla mínima de captura de 12 cm. Se utilizó la siguiente ecuación, que fue tomada del Instituto Nacional de Estadística e Informática (2001):

$$PR_{pa} = PN_{pp} * \frac{IPC_{pa}}{IPC_{pp}} \quad (7)$$

Donde:

PR_{pa} = Precio real al periodo actual

PN_{pp} = Precio nominal al periodo previo

IPC_{pa} = IPC al periodo actual

IPC_{pp} = IPC al periodo previo

Los precios promedio FOB de la exportación de harina y aceite de pescado por mes y los índices de precios al consumidor (IPC) por mes, fueron proporcionados por el Ministerio de la Producción (PRODUCE) y el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), respectivamente (Ver Anexos 3, 4 y 5).

El valor económico de la producción de harina y aceite de pescado por mes (i) y clase de talla (j) fue estimado multiplicando el volumen de producción de harina y aceite de pescado por los precios promedio FOB (US\$). Luego, se calculó el valor económico de la producción de harina y aceite de pescado mensual proveniente de la biomasa mensual de los individuos adultos (B_m) y del peso mensual de la captura de los juveniles (PC_m), obtenido de la suma de todos los valores de producción de cada clase de talla.

Finalmente, los ingresos no percibidos fueron estimados por la diferencia entre el valor de la producción de harina y aceite obtenida de la biomasa mensual de juveniles que alcanzaron tallas mínimas de captura de 12 cm (B_m) y el valor de la producción de harina y aceite obtenido del peso mensual de los juveniles capturados (PC_m).

3.4.5. Evaluación del impacto económico de la sobrepesca por crecimiento

La evaluación del impacto económico de la sobrepesca por crecimiento en la pesca industrial del stock norte-centro de la anchoveta fue mediante el análisis de tendencias. Este método es ampliamente utilizado en el análisis estadístico para determinar la tendencia en un conjunto de datos económicos, hidrometeorológicos, geofísicos, ambientales y climáticos de una serie de tiempo (Kale, 2020).

En ese sentido, se utilizó la prueba no paramétrica Mann-Kendall (Mann, 1945; Kendall, 1975), a fin de evaluar la existencia de tendencias positivas o negativas significativa en los datos de ingresos no percibidos durante el periodo 2000-2019, ya que esta prueba no requiere que los datos tengan una distribución en particular (Gilbert, 1987; Mustapha, 2013; Kale & Sönmez, 2019). Además, la prueba no paramétrica asume que los datos son independientes, es decir que no exista correlación serial alrededor de los datos (Hamed & Rao, 1998; Yue *et al.*, 2002). Por lo que, se utilizó la prueba de Durbin-Watson para detectar la existencia de autocorrelación serial (Durbin & Watson, 1950).

La prueba Mann Kendall se basó en la estadística de prueba definida de la siguiente manera:

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(X_j - X_i)$$

Donde S es el estadístico de la prueba de Mann-Kendall, X_j y X_i son los valores de datos secuenciales y n es la longitud del conjunto de datos.

$$\text{sgn}(X_j - X_i) = \begin{cases} +1, & \text{si } (X_j - X_i) > 0 \\ 0, & \text{si } (X_j - X_i) = 0 \\ -1, & \text{si } (X_j - X_i) < 0 \end{cases}$$

Mann (1945) y Kendall (1975) documentaron que cuando $n \geq 8$, el estadístico S tiene una distribución aproximadamente normal con la media y la varianza de la siguiente manera:

$$E(S) = 0$$

$$V(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^n t_i i(i-1)(2i+5)}{18}$$

donde t_i es el número de lazos de extensión i . El estadístico de prueba estandarizado Z se calcula de la siguiente manera:

$$Z = \begin{cases} \frac{S - 1}{\sqrt{\text{var}(S)}}, & \text{si } S > 0 \\ 0, & \text{si } S = 0 \\ \frac{S + 1}{\sqrt{\text{var}(S)}}, & \text{si } S < 0 \end{cases}$$

Los valores de Z positivos indican una tendencia creciente en la serie de tiempo; en tanto que, los valores Z negativos indican una tendencia decreciente. Dado un nivel de confianza α , los datos observados experimentan una tendencia estadísticamente significativa si $|Z| > Z(1 - \alpha/2)$, donde se rechaza (H_0): no existe tendencia en la serie y se acepta (H_a): existe tendencia en la serie. El valor crítico de $Z(1 - \alpha/2)$ para el p-valor de 0.05 de la tabla normal estándar es 1.96.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Composición de la captura

Durante el periodo de estudio, se capturaron 5 557.8 millones de individuos, donde la frecuencia de tallas fue comprendida entre 5.0 y 20.0 cm, con moda principal en 13.5 cm y 14.0 cm; mientras que, los juveniles capturados fueron 780.7 millones de individuos (Figura 22).

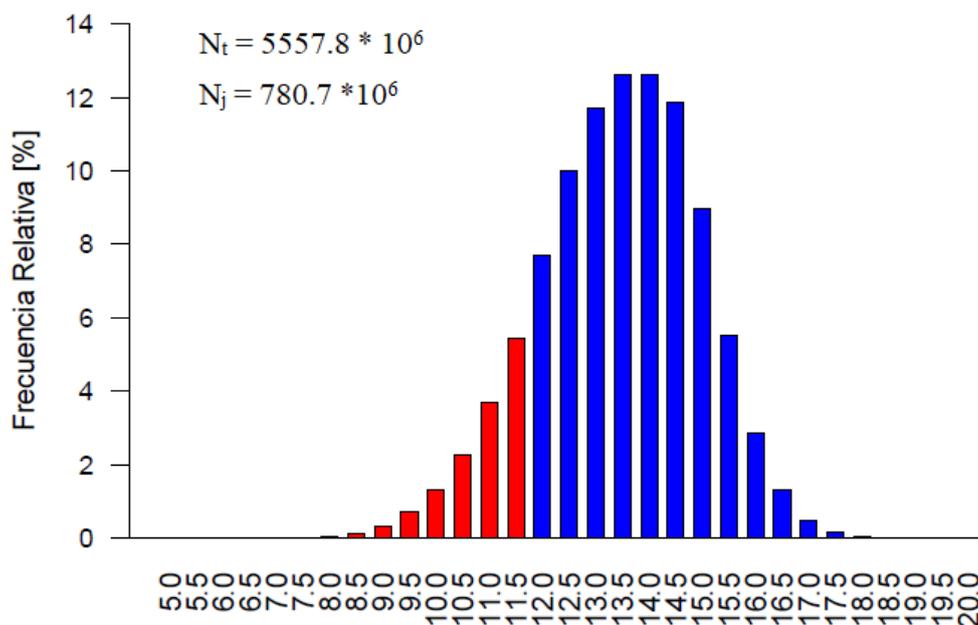


Figura 22. Frecuencia de tallas de los individuos capturados por la flota industrial durante el periodo 2000-2019

Según la Resolución Ministerial N° 209-2001-PE, el límite de tolerancia máxima para la extracción juveniles de anchoveta en la captura es el 10 %, dicho porcentaje esta expresado en número de ejemplares menores a la talla mínima de captura de 12 cm. En este caso, si se analiza la captura total de la anchoveta durante el periodo 2000-2019, el porcentaje de juveniles extraídos en número de individuos es el 14.05 % de la captura, un valor mayor al límite de tolerancia máxima establecido en la R.M. N° 209-2001-PE. En ese sentido, durante el periodo de estudio, las mayores capturas de ejemplares de

anchovetas menores a la talla mínima de captura fueron a las tallas de 10.5, 11.0 y 11.5 cm, que representaron el 2.3 %, 3.7 % y 5.5 % de la captura total, respectivamente. El Anexo 6 presenta en detalle los ejemplares de anchoveta capturados en número de individuos por cada clase de talla y el porcentaje que representa los ejemplares capturados de la captura total por cada clase de talla.

De igual forma, si se analiza la captura total de la anchoveta de forma mensual durante el periodo 2000-2019, los datos de la composición por tallas de la captura de la anchoveta muestran que, de los 132 meses cuando la pesquería estaba en operación acorde a las temporadas de pesca, en 52 meses, la captura de la anchoveta excedió el límite de tolerancia máxima del 10 % para la extracción de juveniles, incumpliendo lo establecido en la R.M. N° 209-2001-PE como se observa en la Figura 23.

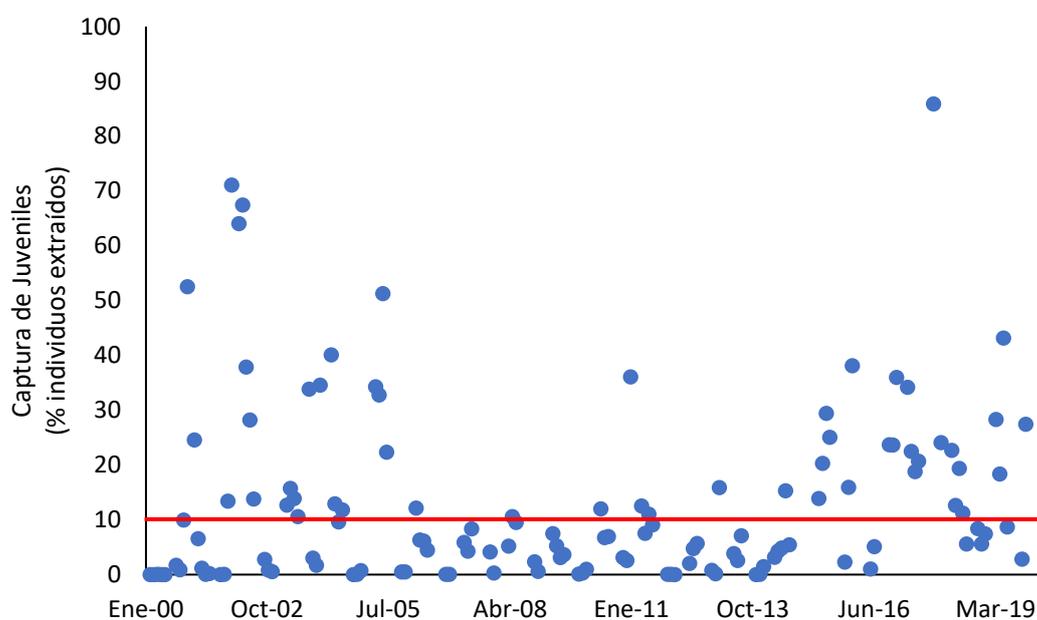


Figura 23. Porcentaje de juveniles en la captura mensual durante el periodo 2000-2019. El límite de tolerancia permitido de juveniles (10%) se muestra como una línea roja.

De esta manera, realizando el análisis de los datos de la composición por tallas de la captura mensual de la anchoveta, se puede inferir que, en determinadas operaciones de pesca, las embarcaciones industriales dedicadas a la extracción de la anchoveta han superado el límite de tolerancia máxima permitida del 10 % para la extracción de juveniles.

También, si se realiza un análisis de la captura total de la anchoveta a nivel del histórico de meses durante el periodo de estudio, muestra que, las mayores capturas de juveniles extraídos en número de individuos fueron en los meses de enero, abril y marzo; con valores de 31.8 %, 22.3 % y 21.6 %, respectivamente. El Anexo 7 muestra los juveniles de anchoveta capturados en número de individuos por cada mes del año y el porcentaje que representa los juveniles capturados en número de individuos de la captura por cada mes del año.

La Figura 24, muestra que en los meses de verano (enero y marzo) durante el periodo 2000-2019, se obtuvo el mayor porcentaje de juveniles extraídos en la captura en número de individuos, excediendo el límite de tolerancia máxima del 10 %. Esta sobrepesca por crecimiento se debió a que, durante el verano, la distribución de la anchoveta es más costera (Ganoza *et al.*, 2000), siendo la anchoveta más vulnerable a las artes de pesca debido a que existe una mayor densidad de anchoveta por unidad de área y volumen (Castillo *et al.*, 2018).

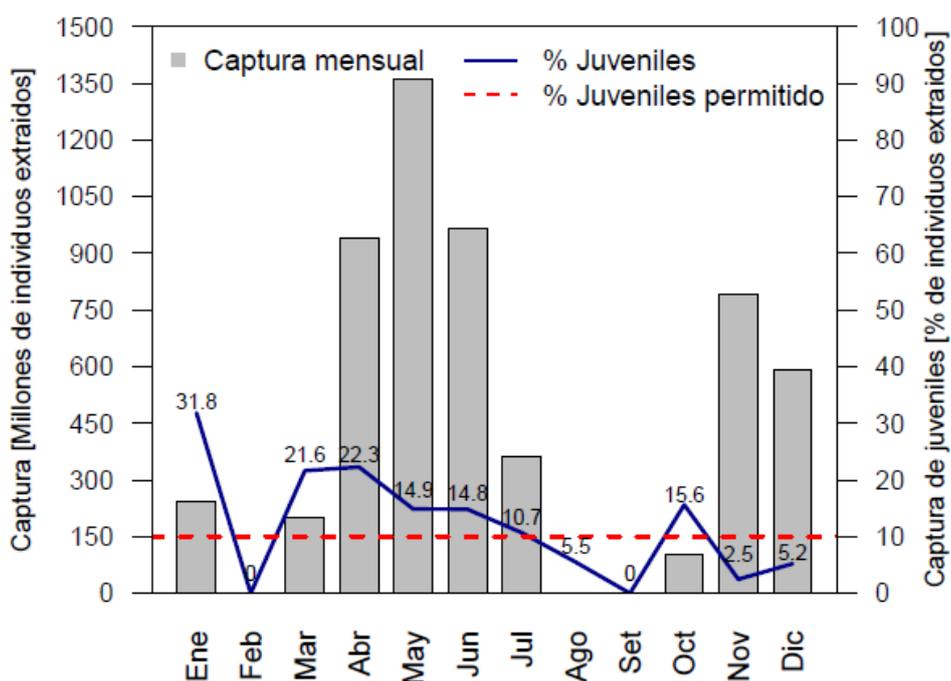


Figura 24. Número de individuos capturados histórico por mes durante el periodo 2000-2019. El porcentaje de juveniles capturados se muestra en el eje secundario con una línea azul y el límite de tolerancia permitido de juveniles (10 %) se muestra como una línea discontinua roja.

Además, el análisis de la captura total de la anchoveta a nivel del histórico de años durante el periodo de estudio, muestra que, las mayores capturas de juveniles extraídos en número de individuos fueron en los años 2002, 2017 y 2005; con valores de 35.5 %, 26.0 % y 25.6 %, respectivamente. El Anexo 8 muestra los juveniles de anchoveta capturados en número de individuos por cada año y el porcentaje que representa los juveniles capturados en número de individuos de la captura por cada año.

La Figura 25, muestra que durante los años de 2001 a 2005 y 2015 a 2019 se superó el límite de tolerancia máxima de juveniles en la captura (10 %). La sobrepesca por crecimiento durante los años 2001 a 2005, principalmente en los años 2002 y 2005, se debió a los eventos cálidos que ocurrieron y que influyeron en la distribución de la anchoveta. En relación a esto, Oliveros-Ramos *et al.* (2021), señala que, durante los eventos de calentamiento, se genera una mayor superposición en la distribución juveniles y adultos de la anchoveta, lo que provoca una mayor captura de juveniles y a la vez compromete la sostenibilidad del recurso. Por ejemplo, en el verano de 2002 ocurrió un evento de El Niño Moderado frente a Perú, registrándose una alta presencia de juveniles durante el verano y otoño; y las mayores capturas de anchoveta fueron dentro de las 10 y 20 millas náuticas (IMARPE, 2005). También, en 2005, se registró una alta presencia de juveniles entre abril a junio, principalmente en junio con una incidencia del 53 %, que coincidió con la llegada de un tren de Ondas Kelvin a fines de abril que transportó energía térmica positiva al Pacífico ecuatorial, causando alteración térmica y halina en la capa superficial en la zona norte del Perú (Morón & Marquina, 2005; IMARPE, 2006).

También, este incremento en la captura de juveniles podría explicarse analizando la emisión de los Decretos Supremos N° 008-2002-PRODUCE y N° 013-2003-PRODUCE, ya que ambas normativas no consideraban como infracción grave la captura de individuos de tallas menores a los establecidos por la norma; y el decomiso y la multa por la infracción cometida no aplicaba para la pesca industrial de la anchoveta. Esto probablemente permitió a los pescadores no descartar la captura de juveniles y reportarla a PRODUCE.

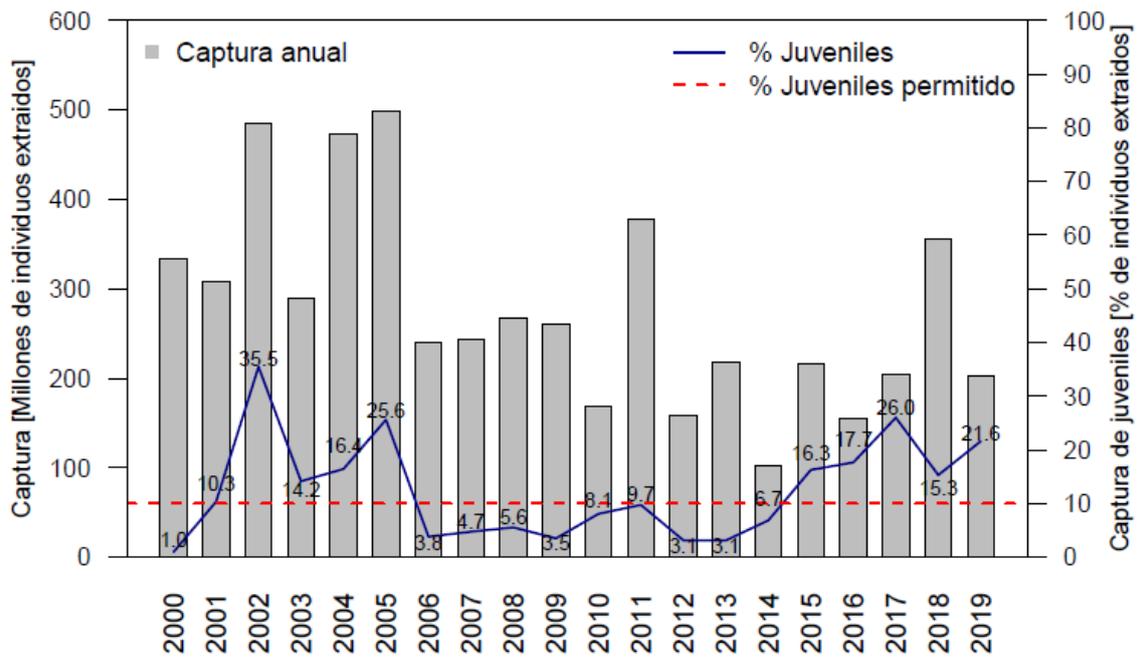


Figura 25. Número de individuos capturados histórico por año durante el periodo 2000-2019. El porcentaje de juveniles capturados se muestra en el eje secundario con una línea azul y el límite de tolerancia permitido de juveniles (10%) se muestra como una línea roja.

En tanto que, la sobrepesca por crecimiento durante los años 2015 a 2019 pudo deberse al efecto los eventos de calentamiento anómalos como El Niño 2015-2016 y El Niño Costero 2017 que influyeron en la distribución de la anchoveta, provocando el acercamiento de la anchoveta hacia la costa (IMARPE, 2016; IMARPE 2017; IMARPE 2018). Este acercamiento a la costa de la anchoveta, probablemente generó una superposición entre juveniles y adultos, siendo vulnerables los individuos de menor tamaño a la red de cerco.

El análisis de tendencias aplicado a los datos de la captura de juveniles, muestra la existencia de una tendencia creciente no significativa ($Z > 0$, $p\text{-valor} > 0.05$) durante el periodo 2000-2019 (Tabla 4). En tanto que, durante la década 2000-2009 se muestra la existencia de una tendencia decreciente no significativa ($Z < 0$, $p\text{-valor} > 0.05$) y durante la década 2010-2019 se muestra la existencia de una tendencia creciente significativa ($Z > 0$, $p\text{-valor} < 0.05$).

Tabla 4: Resultados de análisis de tendencias a la captura de juveniles (millones de individuos) a diferentes a periodos de tiempo

Periodo	Captura Juvenil	S	Z	p-valor
2000-2019	780.7	6	0.16	0.87 n.s
2000-2009	497.7	-7	-0.53	0.59 n.s
2010-2019	283.0	23	1.96	0.04 *

n.s = significativo, * significativo ($p < 0.05$)

Por otra parte, este incremento en la captura de juveniles durante este periodo podría explicarse analizando la publicación del Decreto Supremo N° 024-2016-PRODUCE en noviembre de 2016, que aun cuando estuvo dirigida a reducir la captura de juveniles de la anchoveta (menores de 12 cm), permitió la pesca de juveniles sin restricciones a cambio que los titulares de permisos de pesca reporten a PRODUCE rápidamente el exceso de captura de juveniles ($\geq 10\%$) para realizar el cierre de la zona de pesca por 5 días. En ese sentido, se requiere analizar si la migración de la flota a otra zona de pesca asegura una menor presencia de juveniles y, por ende, una reducción de los juveniles en la captura.

Por otra parte, la figura 20 muestra que, durante los años 2006-2014, la captura de juveniles de anchoveta no supero el límite de tolerancia máxima del 10%. Esto debido a que durante ese periodo la normativa vigente de la época (Decreto Supremo N° 016-2007-PRODUCE y Decreto N° 019-2011-PRODUCE) aplicaba multas a los titulares de los permisos de pesca que extraían anchoveta por debajo de la talla mínima de captura de 12 cm. En ese aspecto, no se registró grandes volúmenes de extracción de juveniles de anchoveta que superaran el límite de tolerancia máxima del 10 % debido a que probablemente los pescadores descartaban los juveniles en el mar. Según Paredes (2014) señala que, la aplicación de sanciones por la captura de juveniles, incentiva a los pescadores a descartar los juveniles en el mar a fin de evadir la sanción administrativa.

Por lo tanto, hoy en día, se puede inferir que la normativa vigente de PRODUCE (Decreto Supremo N° 024-2016), es más flexible en relación a la captura de juveniles frente a las normativas anteriores, permitiendo un sinceramiento del porcentaje de juveniles en la captura y una reducción de los descartes de juveniles. Sin embargo, la norma no ha reducido la extracción de juveniles en la captura debido a que después de su publicación, todavía se registra que la captura de la anchoveta excede el límite de tolerancia máxima del 10 % para la extracción de juveniles en determinados meses de captura (Figura 23).

4.2. Estimación del peso de la captura de los juveniles

Durante el periodo de estudio, la captura total fue 93.8 millones de toneladas y el peso de los juveniles capturados fue 6.4 millones de toneladas, representando el 6.9 % de la captura total (Figura 26). Respecto a ello, las mayores capturas de individuos juveniles fueron a las tallas de 11.0 y 11.5 cm con valores de 1.8 y 3.0 millones de toneladas, respectivamente. El Anexo 9 presenta en detalle las capturas de los individuos de anchoveta por cada clase de talla respecto a la captura total.

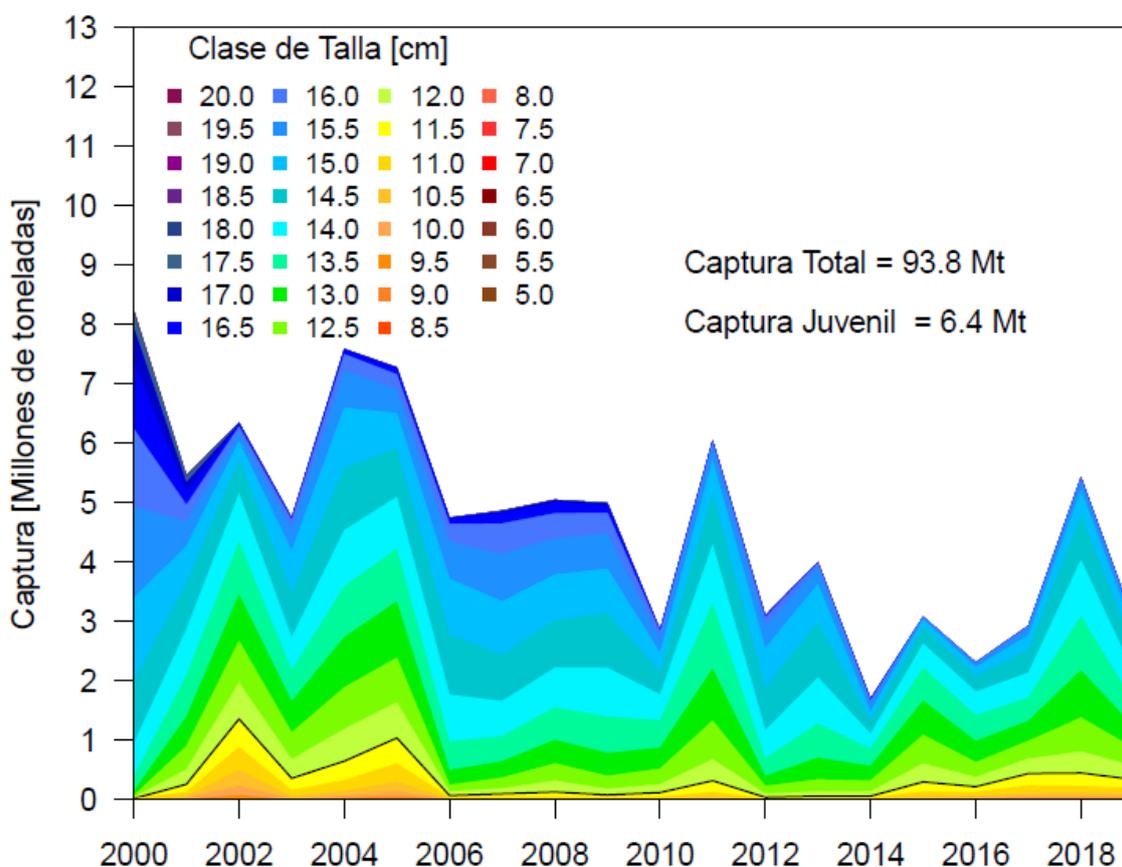


Figura 26. Captura de anchoveta (Millones de toneladas) apiladas en clase de tallas (incremento de 0.5 cm) durante el periodo 2000-2019. Las capturas totales de juveniles apilados (< 12 cm) se muestran con la línea continua.

Se observa en la figura 26 y en el anexo 10 que, las capturas de los peces de tallas mayores o iguales a 14 cm se han reducido durante el periodo 2000-2019 y, por el contrario, las capturas de los peces de tallas menores se han incrementado con el tiempo. Al respecto, Lappalainen *et al.* (2016), señala que reducir la proporción de individuos grandes es una situación no deseable para el stock debido a que tiende a afectar la distribución de tallas de la población adulta reclutada, generando cambios en la talla de primera madurez sexual hacia una talla de madurez pequeña. Además, la mortalidad generada por la presión

pesquera, aumenta la velocidad de crecimiento de los peces inmaduros y disminuye la edad de primera madurez sexual (González *et al.*, 2012). Si bien la presión pesquera generada durante la primera década del siglo XX conocida como “carrera olímpica” fue controlada por el sistema de cuotas individuales por embarcación a través del D.L. N° 1084, se debe continuar realizando estudios sobre el estado reproductivo de la anchoveta a fin de estimar correctamente la talla de primera madurez sexual de la anchoveta.

4.3. Estimación de la biomasa de los juveniles a tallas mínimas de captura de 12 cm

La biomasa estimada de los juveniles a la talla mínima de captura de 12 cm durante el periodo de estudio fue de 7.8 millones de toneladas, por ende, la biomasa no percibida fue 1.4 millones de toneladas durante el periodo de estudio (Figura 27). La biomasa no percibida represento el 1.49 % respecto a la captura total.

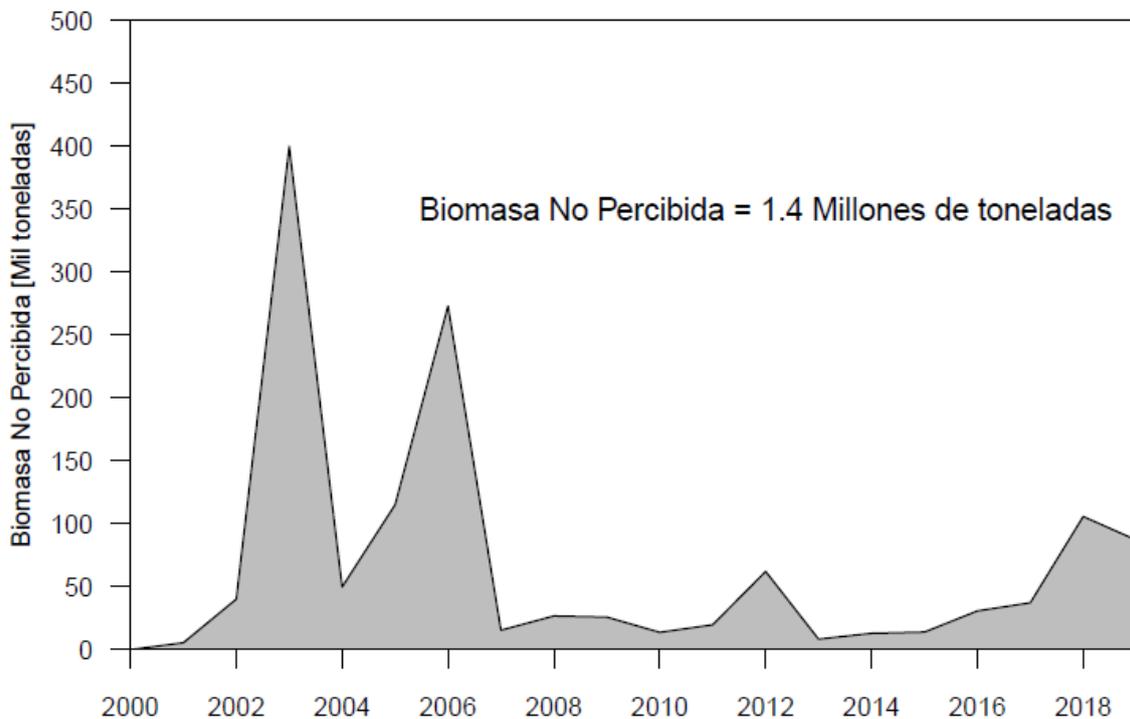


Figura 27. Biomasa no percibida de anchoveta (Mil toneladas) durante el periodo 2000-2019.

De acuerdo a la tabla 5, en 2002 se obtuvo la mayor biomasa no percibida con un valor de 364.9 mil toneladas. Este resultado es diferente a lo reportado por Salvatecci & Mendo (2005) quienes estimaron en el año 2002, una pérdida de biomasa de 256 mil toneladas. La diferencia radica en que, ellos utilizaron una metodología diferente para proyectar la biomasa. Salvatecci & Mendo (2005) proyectaron el crecimiento y el número de

sobrevivientes de los juveniles capturados hasta alcanzar la talla mínima de captura y considerando el 10 % de tolerancia de juveniles según la norma. La proyección en este estudio se restringió solamente a los meses de captura cuando la pesquería estaba en operación, a fin de obtener una mejor estimación de los ingresos que no se percibieron por causa de la captura de juveniles.

Tabla 5: Captura de los juveniles (tx10³), biomasa estimada de juveniles a 12 cm (tx10³) y biomasa no percibida (tx10³) durante el periodo 2000-2019

Año	Captura Juvenil (tx10 ³)	Biomasa Estimada (tx10 ³)	Biomasa No Percibida (tx10 ³)
2000	24.4	29.8	5.4
2001	264.8	304.8	40.0
2002	1363.4	1728.3	364.9
2003	360.1	409.9	49.8
2004	647.9	763.0	115.1
2005	1041.5	1314.6	273.1
2006	74.7	90.1	15.4
2007	95.1	121.8	26.7
2008	132.5	158.3	25.8
2009	79.2	92.9	13.7
2010	121.0	140.7	19.7
2011	320.2	382.3	62.1
2012	44.3	52.6	8.3
2013	60.4	73.3	12.9
2014	59.8	73.7	13.9
2015	301.8	332.5	30.7
2016	222.3	259.4	37.1
2017	435.5	541.3	105.8
2018	445.8	532.9	87.1
2019	342.3	431.8	89.5
Total	6.4	7.8	1.4

(Millones de toneladas)

4.4. Determinación del volumen de producción de harina y aceite de pescado

4.4.1. Predicción del contenido de grasa

Los dos modelos GAM fueron analizados mediante una prueba de desviación, la cual mostró que el modelo más complejo no mejoró significativamente el ajuste ($p = 0.08$). Por esta razón, se utilizó el modelo más simple sin el término de interacción (Ver Anexo 11). El GAM mostró la predicción del contenido de grasa de la anchoveta peruana por

clase de talla, teniendo una mayor disminución en septiembre y una menor disminución en febrero (Figura 28). Estos valores mínimos del contenido de grasa en setiembre y febrero, se deben principalmente a la época de desove de la anchoveta (Lam, 1968; Ayala *et al.*, 2002). En relación a esto, la anchoveta es una especie que utiliza sus reservas lipídicas principalmente para el gasto energético relacionado a la reproducción, y el excedente energético de sus necesidades reproductivas es almacenado como grasa corporal (Espinoza *et al.*, 2009).

En la figura 27 se muestra una relación directa entre el tamaño del pez y el contenido de grasa. El crecimiento en los peces adultos se reduce, siendo la ingesta de energía utilizada principalmente para el almacenamiento de grasa, que luego es utilizada para la formación de gametos (Tsukayama, 1989); mientras que, los peces juveniles asignan su energía para el crecimiento somático a fin de aumentar su eficiencia locomotora, la evasión a los depredadores y la obtención de alimentos (Calow & Townsend citado por Anthony *et al.*, 2000). En relación a esto, el contenido de grasa en los peces es muy importante desde el aspecto comercial debido a que los peces con mayor grasa muscular tienen un mayor valor en el mercado (Kenyon *et al.*, 2021).

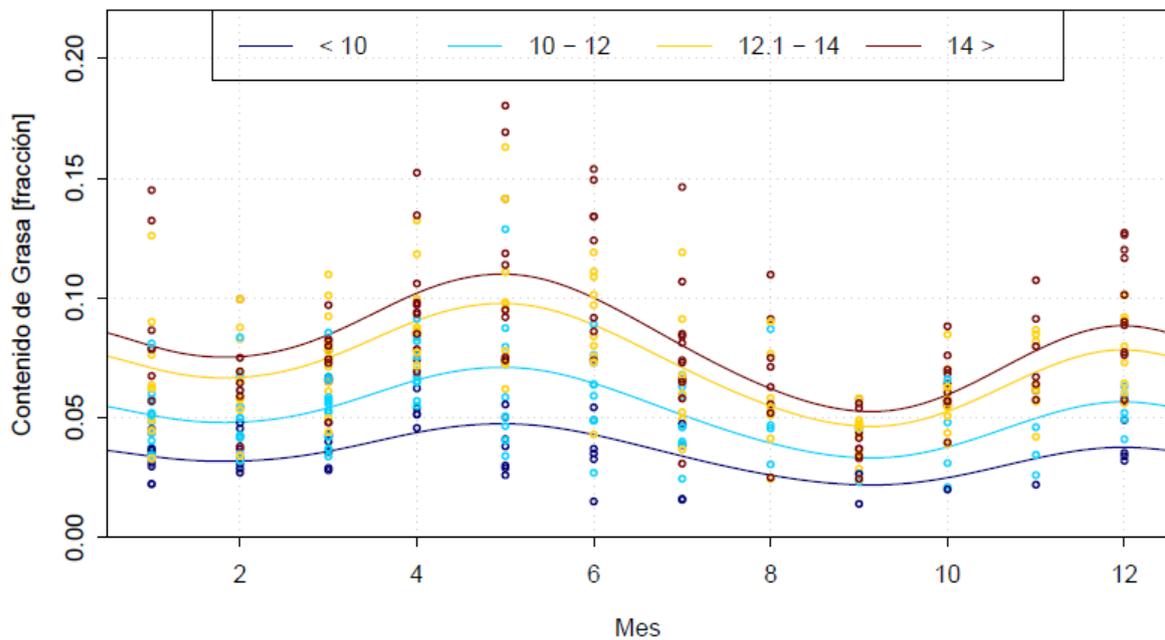


Figura 28. Fracción del contenido de grasa de la anchoveta peruana por mes y clase de talla (cm) predicha por el modelo GAM a partir de datos presentados por Lam (1968)

4.4.2. Factores de conversión

La Tabla 6 muestra que, los valores del factor de conversión de aceite fluctúan mucho en relación al mes del año. En relación a ello, Avadí *et al.* (2014) menciona que, los factores de conversión de aceite de pescado fluctúan mucho en el tiempo debido a que dependen del contenido de grasa de la anchoveta.

Tabla 6: Estimación del porcentual del contenido de grasa (cg_{ij}) y factores de conversión de harina (FC_h) y aceite (FC_a) de pescado

	Clase de Talla (cm)	Mes												
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Pro
cg_{ij} (%)	<10.0	3.38	3.19	3.59	4.38	4.74	4.29	3.39	2.60	2.19	2.49	3.30	3.76	3.44
	10.0-12.0	5.10	4.81	5.41	6.57	7.10	6.44	5.12	3.94	3.33	3.77	4.97	5.66	5.19
	12.1-14.0	7.08	6.68	7.50	9.05	9.77	8.88	7.10	5.49	4.65	5.26	6.90	7.84	7.18
	>14.0	7.99	7.55	8.47	10.20	10.99	10.00	8.01	6.21	5.27	5.96	7.80	8.84	8.11
FC_h	<10.0	4.31	4.32	4.30	4.26	4.24	4.26	4.31	4.35	4.37	4.35	4.31	4.29	4.30
	10.0-12.0	4.22	4.24	4.21	4.15	4.13	4.16	4.22	4.28	4.31	4.29	4.23	4.20	4.22
	12.1-14.0	4.13	4.15	4.11	4.04	4.01	4.05	4.13	4.20	4.25	4.22	4.14	4.10	4.13
	>14.0	4.09	4.11	4.07	3.99	3.96	4.00	4.09	4.17	4.22	4.18	4.10	4.05	4.08
FC_a	<10.0	40.47	42.99	38.11	31.29	28.87	31.94	40.36	52.67	62.45	55.00	41.54	36.40	39.79
	10.0-12.0	26.84	28.48	25.30	20.86	19.28	21.28	26.77	34.79	41.15	36.30	27.54	24.19	26.41
	12.1-14.0	19.36	20.52	18.27	15.13	14.02	15.43	19.31	24.97	29.47	26.04	19.85	17.48	19.08
	>14.0	17.14	18.15	16.18	13.43	12.46	13.70	17.09	22.05	26.00	22.99	17.57	15.49	16.90

Los factores de conversión promedio de harina y aceite del presente estudio fueron 4.18 y 25.54, respectivamente. Estos factores de conversión varían de acuerdo a la metodología de cálculo empleada. Por ejemplo, Péron *et al.* (2010) analizando información de los desembarques y volúmenes de producción de harina y aceite de anchoveta peruana durante el periodo 2001-2006, determinaron factores de conversión promedio para harina y aceite de pescado de 4.45 y 28.00, respectivamente. En tanto que, Avadí *et al.* (2014) usando el mismo método de Péron *et al.* (2010), determinaron factores de conversión promedio de harina y aceite de pescado de 4.19 y 21.27, respectivamente para el periodo 2000-2011. Por el contrario, Cabrera *et al.* (2020), basándose en los rendimientos de producción durante el procesamiento de 84 TM/hora de anchoveta fresca en la planta de la empresa Pesquera Exalmar S.A.A. en el año 2019, determinaron factores de conversión de harina y aceite de pescado de 4.15 y 15.86, respectivamente. El rendimiento en la producción de harina y aceite de pescado puede variar por la ubicación del recurso, la época del año, por la tecnología utilizada en las diferentes fábricas, etc. (Arnesen & Sánchez, 1963).

Los factores de conversión de rendimiento para harina y aceite de pescado en los estudios mencionados en los dos primeros estudios mencionados son similares ya que ambos usan datos de desembarque y producción de harina y aceite de pescado, y distan del tercer estudio ya que en este se analizó el balance de materia del flujo de procesamiento de harina y aceite en una planta pesquera para una descarga de pescado, donde probablemente la captura de juveniles haya sido poca en ese momento. Por ende, los factores de conversión promedio en ese estudio son similares a factores de conversión para individuos con talla mayores a 12 cm estimados en el presente estudio.

4.4.3. Determinación del volumen de producción de harina y aceite de pescado

Durante el periodo 2000-2019, el volumen de producción total de harina y aceite de pescado fue 28.9 millones de toneladas y el volumen de producción de harina y aceite proveniente del peso de los juveniles capturados fue 1.8 millones de toneladas, representando el 6.2 % del volumen de producción total (Figura 29).

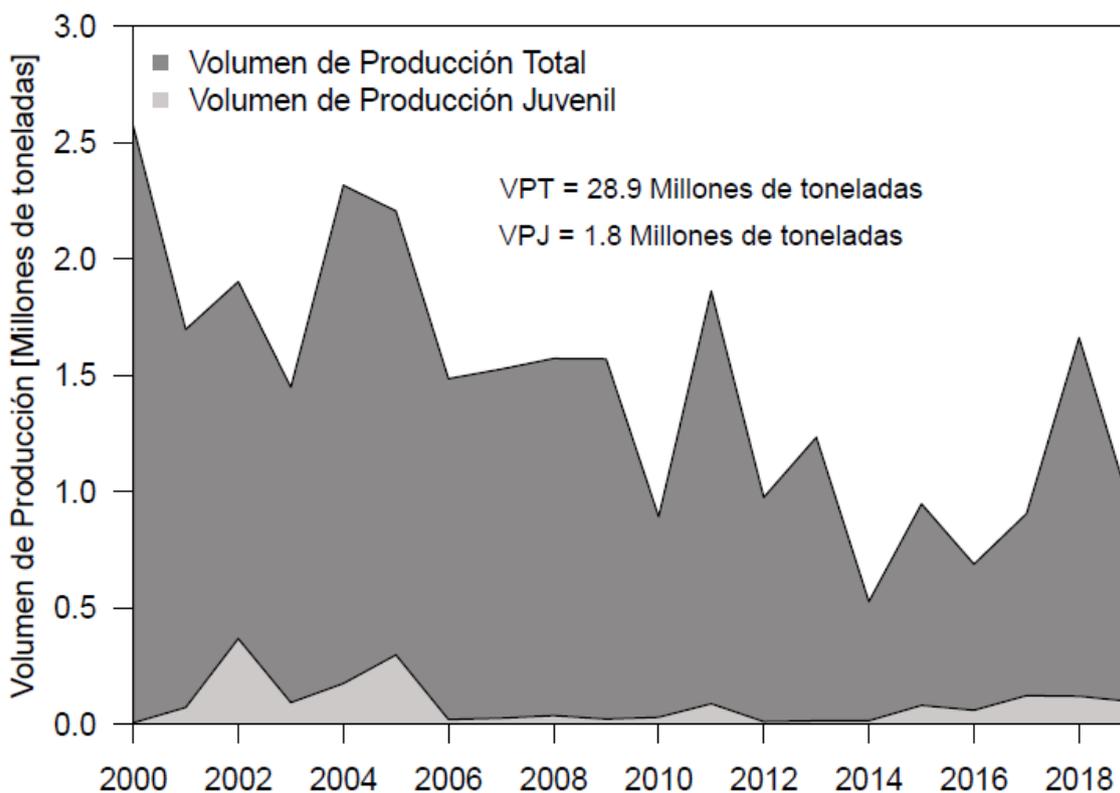


Figura 29. Volumen de producción de harina y aceite de anchoveta (Millones de toneladas) durante el periodo 2000-2019.

El volumen de producción de harina y aceite obtenido de la biomasa estimada de los juveniles a la talla de mínima de captura de 12 cm fue 2.2 millones de toneladas, siendo el volumen de producción no percibido de 0.4 millones de toneladas (Tabla 7). Este volumen de producción no percibido represento el 1.45 % respecto al volumen de producción total.

Tabla 7: Volumen de producción de harina y aceite proveniente de la captura juvenil ($\text{tx}10^3$), de la biomasa estimada a 12 cm ($\text{tx}10^3$) y de la biomasa no percibida ($\text{tx}10^3$) durante el periodo 2000-2019

Año	Volumen de Producción Captura Juvenil ($\text{tx}10^3$)	Volumen de Producción Biomasa Estimada ($\text{tx}10^3$)	Volumen de Producción Biomasa No Percibida ($\text{tx}10^3$)
2000	6.7	8.4	1.7
2001	73.3	87.8	14.5
2002	368.9	472.1	103.2
2003	93.9	109.1	15.2
2004	176.4	207.6	31.2
2005	299.5	376.9	77.4
2006	21.3	26.1	4.8
2007	27.1	35.6	8.5
2008	38.1	46.2	8.1
2009	23.0	26.5	3.5
2010	31.4	36.4	5.0
2011	88.6	110.2	21.6
2012	12.1	14.5	2.4
2013	16.1	21.1	5.0
2014	16.1	20.9	4.8
2015	81.6	91.7	10.1
2016	61.1	76.4	15.3
2017	124.1	157.7	33.6
2018	121.4	149.2	27.8
2019	97.9	124.4	26.5
Total	1.8	2.2	0.4

(Millones de toneladas)

De acuerdo a la tabla 7, en 2002 se obtuvo el mayor volumen de producción de harina y aceite de pescado no percibido con un valor de 103.2 mil toneladas. Este resultado difiere a lo reportado por Salvatecci & Mendo (2005), quienes reportaron en 2002 una pérdida en la producción de harina y aceite de 153.2 mil toneladas. Esta diferencia fue debido a que Salvatecci & Mendo (2005) utilizaron factores de conversión de harina y aceite de pescado de una empresa pesquera correspondientes a los años 2001 y 2002, y por la

metodología empleada en la proyección de la biomasa. En el presente estudio, se consideró utilizar factores de conversión para harina y aceite de pescado constantes para cada talla de los peces y mes de captura con la finalidad de obtener una mejor estimación de los volúmenes de producción.

La figura 30, muestra los volúmenes totales de producción de harina y aceite de pescado no percibidos durante el periodo de estudio, que fueron alrededor de 0.3 y 0.1 millones de toneladas, respectivamente. Estos volúmenes de producción no percibidos no han sido muy altos, debido a que representaron el 1.47 % y el 1.73 % respecto del volumen total de producción de harina y aceite de pescado estimado, respectivamente.

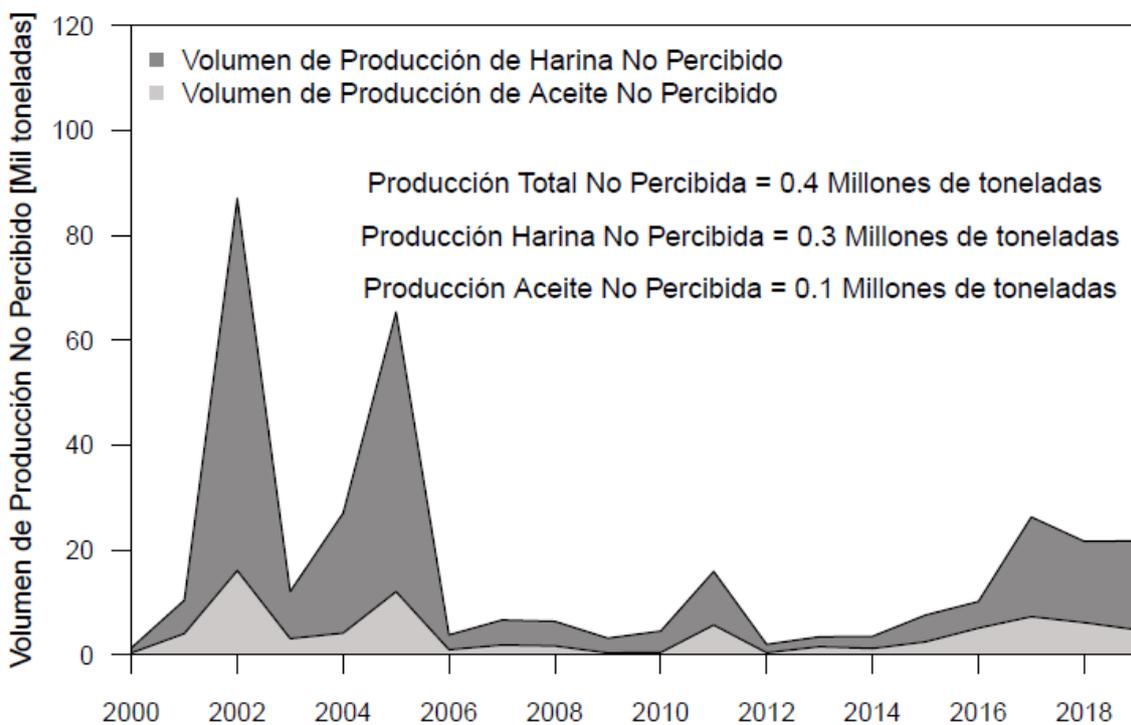


Figura 30. Volumen de producción no percibida de harina y aceite de anchoveta (Mil toneladas) durante el periodo 2000-2019.

Por otra parte, si se analiza la relación entre el volumen de producción de harina y de aceite durante el periodo de estudio, se observa que, durante los años 2002 a 2005 y 2015 a 2019, se obtuvieron los mayores valores de dicha relación que coinciden con los mayores porcentajes de extracción de juveniles en la captura que superan el límite de tolerancia máxima del 10 % (Figura 31). Por lo que, se infiere que una alta extracción de juveniles de anchoveta en la captura permitirá obtener una menor de producción de aceite en relación a la producción de harina, debido a que el contenido de grasa es menor en peces juveniles y es destinado principalmente a la producción de aceite de pescado. Por

lo que, el valor económico de la producción de aceite sería menor, dado que la demanda de aceite es alta ya que se utiliza como complemento alimenticio humano y constituye un ingrediente importante en la dieta de determinados peces carnívoros (FAO, 2016).

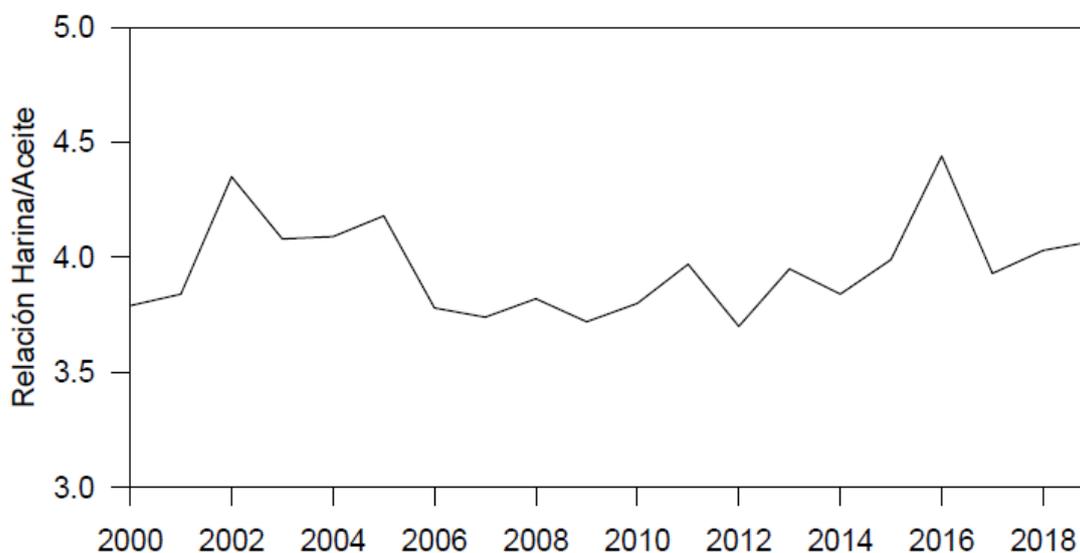


Figura 31. Relación harina/aceite de anchoveta durante el periodo 2000-2019

También, en las figuras 32 y 33, muestran que durante el periodo 2000-2019, un incremento porcentual del volumen de producción de harina y aceite de pescado respecto a escenarios de proyección de la captura de juveniles de anchoveta utilizando diferentes tallas de mínima captura. En ese sentido, de acuerdo a estos resultados, se puede inferir que si se aumentará el tamaño mínimo de captura de la anchoveta se obtendría mayores volúmenes en la producción de harina y aceite de pescado. Esta conclusión se explica debido a que, de acuerdo a los factores de conversión de harina y aceite de pescado predichos por el modelo GAM, muestran que los peces de mayor clase de talla permiten obtener factores de conversión de menor valor, que a su vez este factor de conversión mantiene una relación inversamente proporcional con el volumen de producción de harina y aceite de pescado.

Por otra parte, un potencial aumento de la talla mínima de captura de la anchoveta, permitiría mantener individuos de mayor tamaño en el stock. Según, Perea *et al.* (2011), los individuos de anchoveta de mayor tamaño mantienen una actividad reproductiva durante mayor tiempo y tienen una mayor de producción de huevos anual, que a su vez incrementan el reclutamiento del stock. De acuerdo a la R.M. N° 209-2001-PE, la talla mínima de captura de 12 cm de la anchoveta fue propuesto por IMARPE en base a la evaluación de la talla media de desove. Aunque, un estudio de Buitrón *et al.* (2015)

determinó una nueva escala de la madurez gonadal macroscópica y microscópica de la anchoveta, que permitirá separar la población juvenil de la adulta y obtener una correcta estimación de la talla de primera madurez sexual de la anchoveta. Sin embargo, se requieren más estudios sobre el estado reproductivo de la anchoveta a fin de establecer medidas adecuadas para el manejo pesquero de la anchoveta, tal como la determinación de vedas reproductivas y la estimación de la talla mínima de captura.

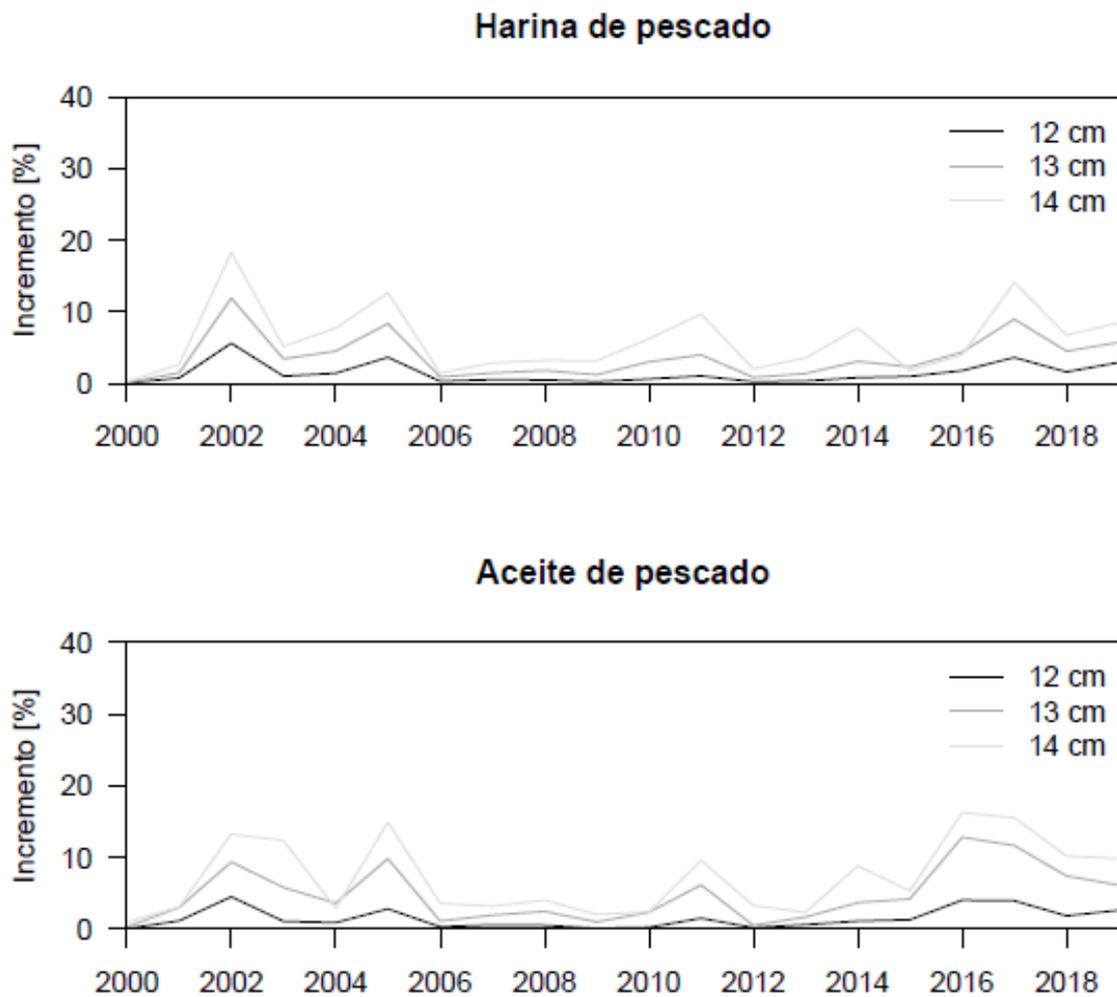


Figura 32. Incremento porcentual del volumen de producción de harina y aceite de anchoveta bajo escenarios de proyección de la captura de juveniles usando diferentes tallas de mínima de captura.

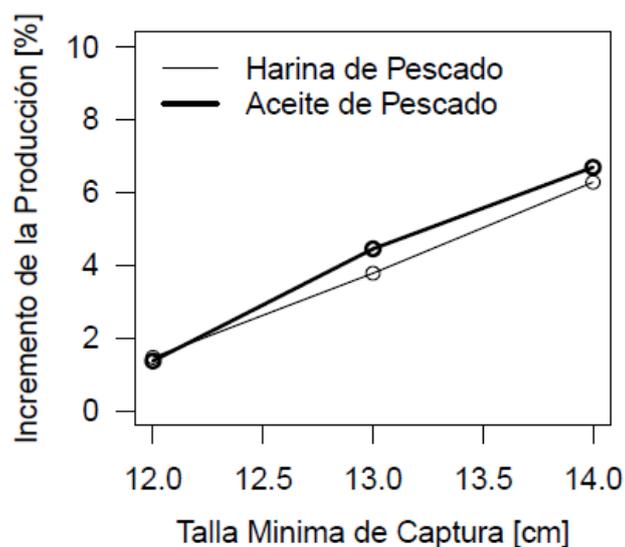


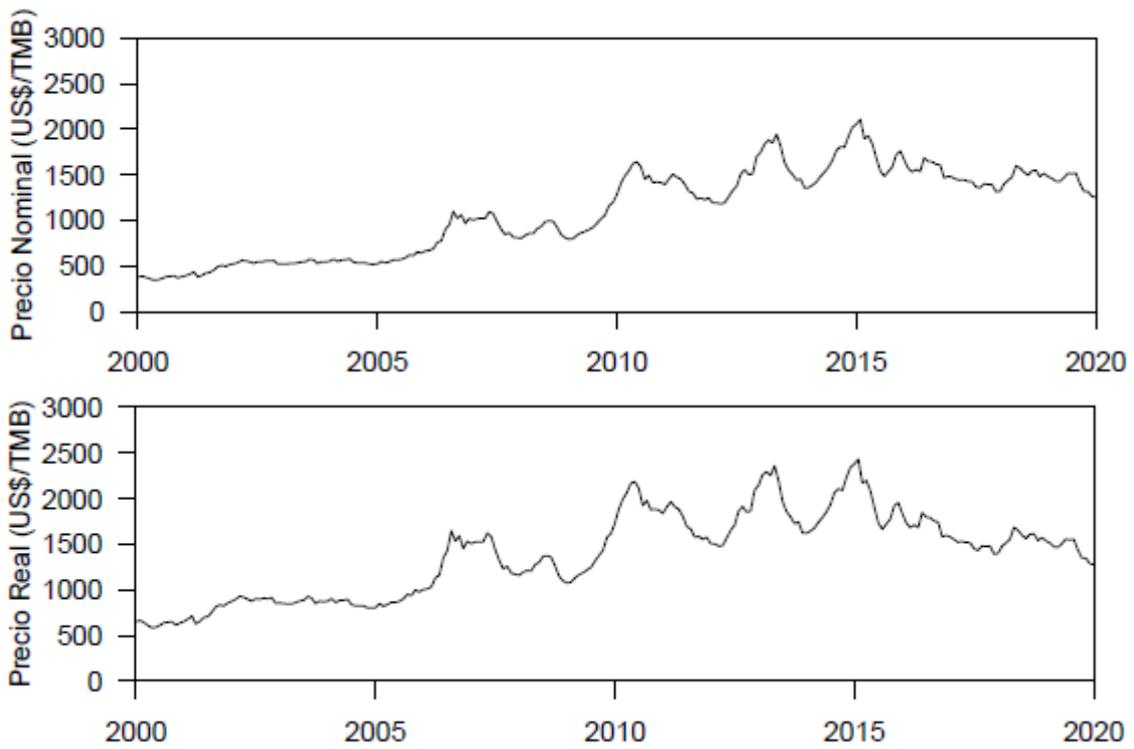
Figura 33. Incremento porcentual del volumen de producción de harina y aceite de anchoveta durante el periodo 2000-2019 bajo escenarios de proyección de la captura de juveniles usando diferentes tallas de mínima captura.

4.5. Determinación del valor de la producción de harina y aceite de pescado

4.5.1. Actualización de los precios nominales a precios reales

Los precios promedio FOB de exportación de la harina y aceite de pescado actualizados a precios reales utilizando el Índice de Precios al Consumidor (IPC) desde enero 2000 a noviembre 2020 se muestran en la Figura 34. Los precios actualizados vigentes son mayores a los precios reportados cada año por la autoridad competente, debido a que el IPC mide el cambio en el poder adquisitivo, y en presencia de inflación los precios deben ser ajustados para que sean comparados en términos monetarios constantes a lo largo del tiempo (Murekesi, 2009). En ese aspecto, Kokoshi (2010), señala que el IPC es la medida más utilizada en los análisis económicos en series temporales debido a que refleja la inflación experimentada por los consumidores.

Harina de Pescado



Aceite de Pescado

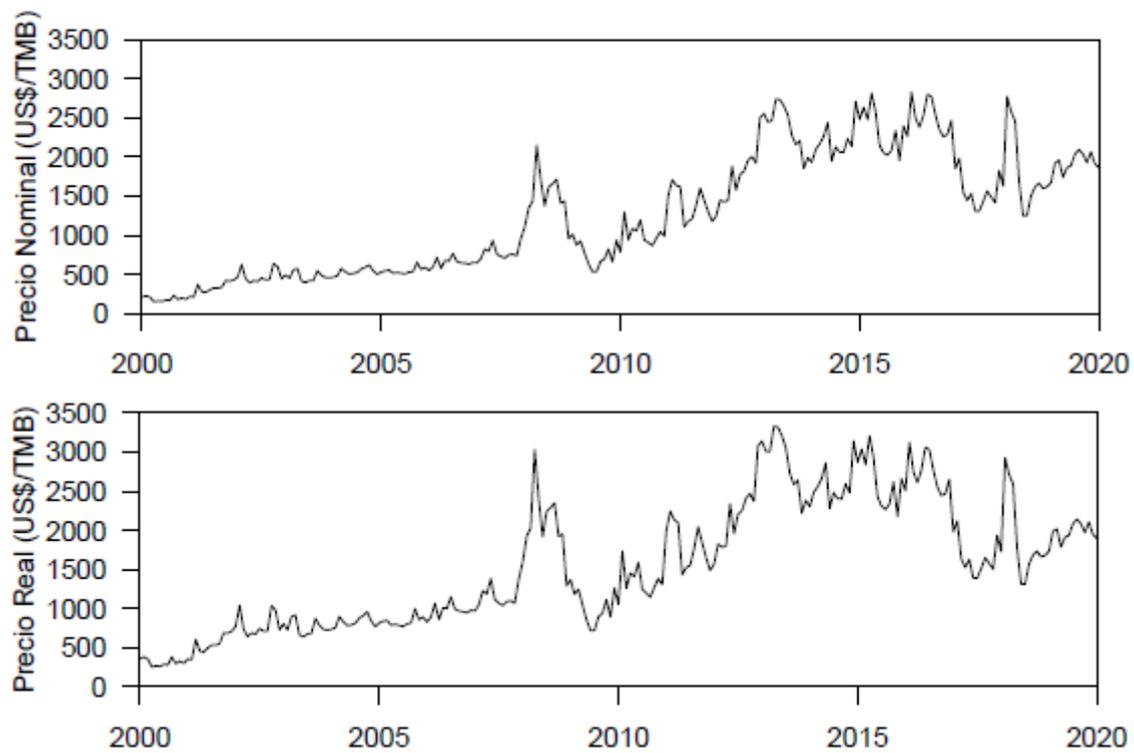


Figura 34. Precio FOB promedio (US\$/tonelada) nominal y real de harina y aceite de pescado durante el periodo 2000-2020.

Los precios están inversamente correlacionados con las cuotas de captura por temporada y con los volúmenes de producción (Figuras 35 y 36). Esta correlación negativa ya sea la cuota de captura por temporada o el volumen de producción de harina y aceite de pescado entre los precios nacionales, tienen una influencia en el mercado global debido a que Perú domina la producción de harina y aceite de pescado (Delgado *et al.*, 2020). Según FAO (2016), la producción mundial de harina y aceite de pescado disminuye principalmente debido al descenso de la producción en América Latina a causa de la restricción de las cuotas de captura de la materia prima. Además, los precios mundiales dependen en gran medida de la producción en América del Sur (Perú) y la demanda en Asia (China), encontrándose que los precios mundiales están influenciados por los precios peruanos (EUMOFA, 2021). Por lo tanto, una potencial reducción de la cuota de captura de la anchoveta por temporada reduciría la producción de harina y aceite de pescado, que a su vez provocaría un alza en los precios. En el futuro, esta alza en los precios y potencial reducción de la cuota, generaría un mayor ingreso económico en la industria, y un mayor crecimiento del stock respectivamente; debido a que la demanda de estos insumos se mantendría constante a causa del crecimiento sostenido de la acuicultura en el largo plazo.

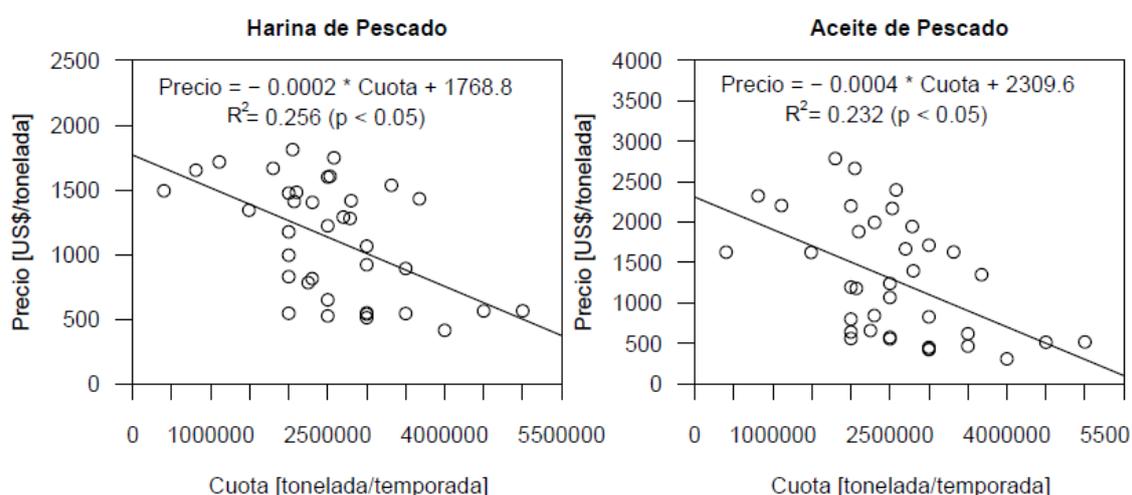


Figura 35. Efecto de la cuota de captura sobre el precio de la harina de pescado (izquierda) y aceite de pescado (derecha). La regresión lineal se muestra como la línea sólida con coeficientes y estadísticas de ajuste (p-valor < 0.05). Los valores de la cuota de captura de anchoveta están inversamente correlacionados con el precio. (Elaborado con datos de Bouchon *et al.*, 2018).

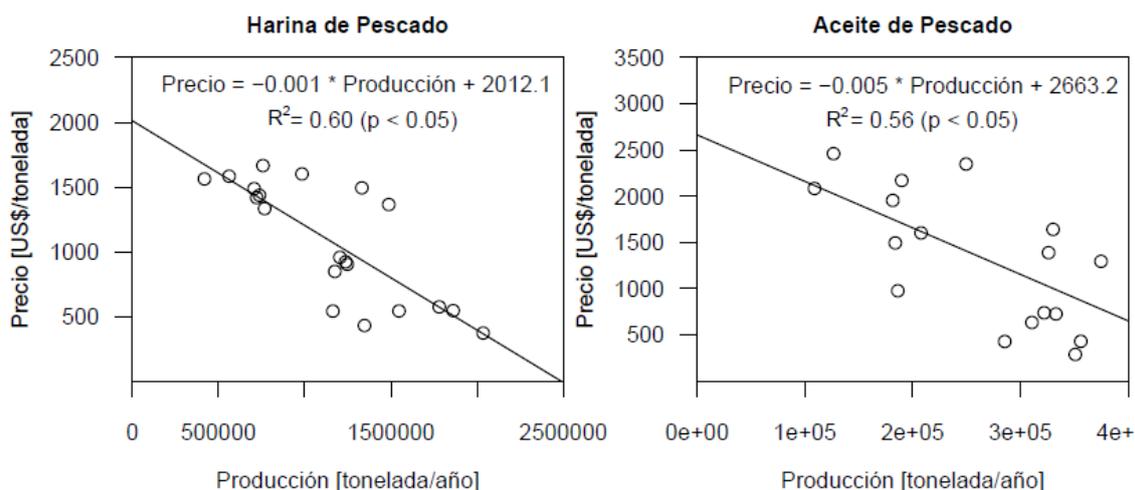


Figura 36. Efecto de la producción sobre el precio de la harina de pescado (izquierda) y aceite de pescado (derecha). La regresión lineal se muestra como la línea sólida con coeficientes y estadísticas de ajuste (p -valor < 0.05). Los valores de producción de harina y aceite de pescado están inversamente correlacionados con el precio.

4.5.2. Determinación de los ingresos económicos no percibidos

Durante el periodo 2000-2019, el ingreso total por la producción de harina y aceite de pescado fue 28 266 millones de US\$ y los ingresos económicos percibidos por la producción de harina y aceite proveniente de los juveniles capturados fueron 1 974.2 millones de US\$, representando el 7.0 % del ingreso total (Figura 37).

Los ingresos de la producción de harina y aceite obtenido de la biomasa estimada de los juveniles a la talla de mínima de captura de 12 cm fue 2 490.9 millones de US\$, siendo los ingresos no percibidos de 516.7 millones de US\$ (Tabla 8). Estos ingresos no percibidos representaron el 1.83 % respecto al ingreso total.

De acuerdo a la tabla 8, en los años 2002 y 2005 se obtuvieron los mayores ingresos no percibidos con valores de 92.9 y 96.9 millones de US\$, respectivamente. Este resultado es similar al estimado por Salvatecci & Mendo (2005), quienes reportaron en el año 2002 ingresos no percibidos por la captura de juveniles de anchoveta de 91.8 millones de US\$, aun cuando utilizaron precios internacionales vigentes al año 2002 y una metodología diferente para la estimación de la biomasa y los volúmenes de producción.

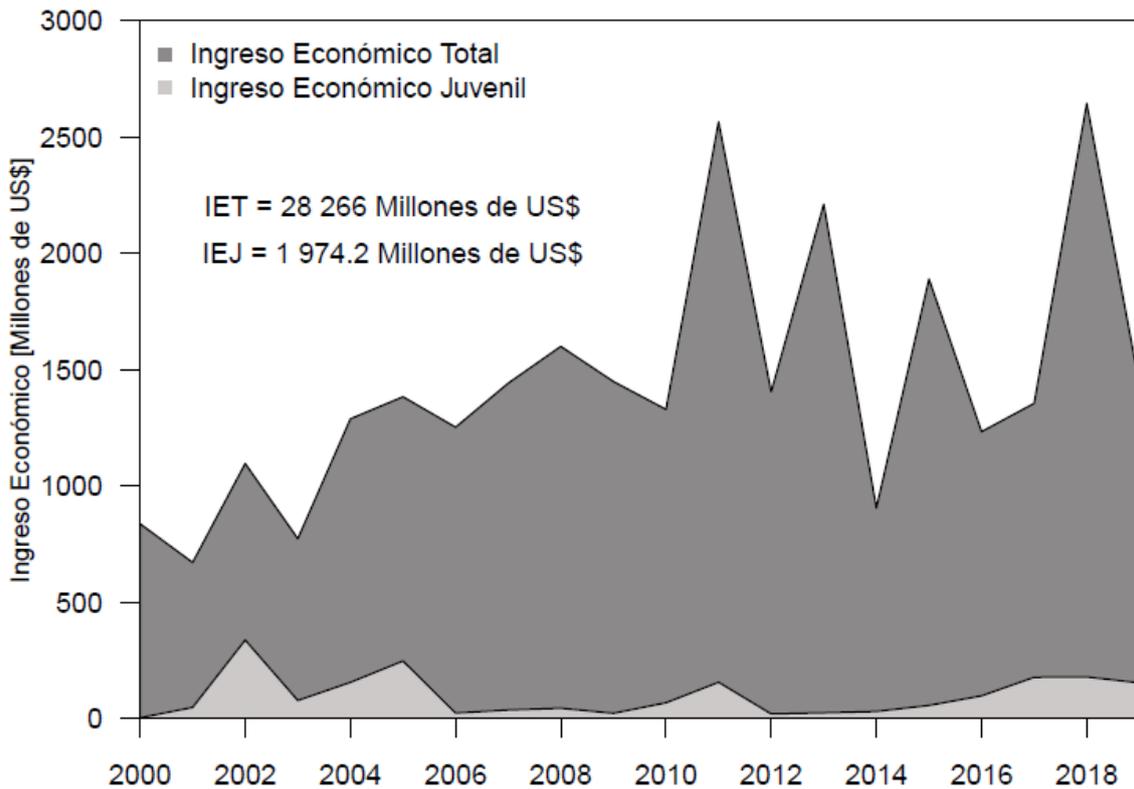


Figura 37. Ingresos económicos por la producción de harina y aceite de anchoveta (Millones de US\$) durante el periodo 2000-2019.

Durante el periodo 2000-2019, los ingresos económicos no percibidos por la producción de harina y aceite de pescado fueron 399.3 y 117.4 millones de US\$, respectivamente (Figura 38). Estos ingresos económicos no percibidos no han sido tan altos, debido a que representaron el 1.80 % y 1.93 % respecto al ingreso total de harina y aceite de pescado, respectivamente. Es muy probable que en los años 60/70 la sobrepesca por crecimiento habría generado mayores ingresos no percibidos, tal como lo sostienen Salvatecci & Mendo (2005), quienes indican que, durante el período 1968-1971, los desembarques de anchoveta superaron el límite de tolerancia del 10 % de juveniles en la captura, llegando alcanzar en algunos meses valores por encima del 80 %.

El análisis de tendencias aplicado a los datos de los ingresos no percibidos, muestra la existencia de una tendencia creciente no significativa ($Z > 0$, $p\text{-valor} > 0.05$) durante el periodo 2000-2019 (Tabla 9). En tanto que, durante la década 2000-2009 se muestra la existencia de una tendencia decreciente no significativa ($Z < 0$, $p\text{-valor} > 0.05$) y durante la década 2010-2019 se muestra la existencia de una tendencia creciente significativa ($Z > 0$, $p\text{-valor} < 0.05$).

Tabla 8: Valor de los ingresos provenientes de la captura juvenil (Millones de US\$), de la biomasa estimada a 12 cm (Millones de US\$) y de la biomasa no percibida (Millones de US\$) durante el periodo 2000-2019

Año	Ingreso de la Captura Juvenil (Millones de US\$)	Ingreso de la Biomasa Estimada (Millones de US\$)	Ingreso de la Biomasa No Percibida (Millones de US\$)
2000	3.9	5.4	1.5
2001	48.5	56.4	7.9
2002	338.3	431.2	92.9
2003	78.5	92.1	13.6
2004	156.4	180.7	24.3
2005	248.2	345.1	96.9
2006	24.4	33.7	9.3
2007	37.5	44.9	7.4
2008	45.2	52.6	7.4
2009	23.3	30.1	6.8
2010	68.5	75.8	7.3
2011	156.7	190.5	33.8
2012	20.6	27.0	6.4
2013	25.4	36.9	11.5
2014	31.3	45.8	14.5
2015	57.2	70.3	13.1
2016	98.4	122.1	23.7
2017	178.1	223.5	45.4
2018	179.5	233.1	53.6
2019	154.1	193.4	39.3
Total	1974.2	2490.9	516.7

(Millones de US\$)

En general, se puede afirmar que el aumento de los ingresos no percibidos por la sobrepesca por crecimiento de la anchoveta durante la última década 2010-2019 fue debido principalmente a la normatividad nacional vigente (D.S. N° 024-2016), que aborda la problemática de la captura de juveniles. En ese aspecto, la comunicación oportuna a PRODUCE sobre información de las capturas de anchoveta mediante la bitácora electrónica, probablemente haya permitido eliminar la práctica de descarte de juveniles en el mar. Sin embargo, Englander (2021) estimó que la política de cierres espaciales y temporales aumento la captura total de juveniles de anchoveta en un 50 % durante el periodo 2017-2019, utilizando un modelo de teoría de juegos, usando datos de desembarques y el porcentaje de juveniles capturados proveniente de la bitácora electrónica de un grupo de embarcaciones.

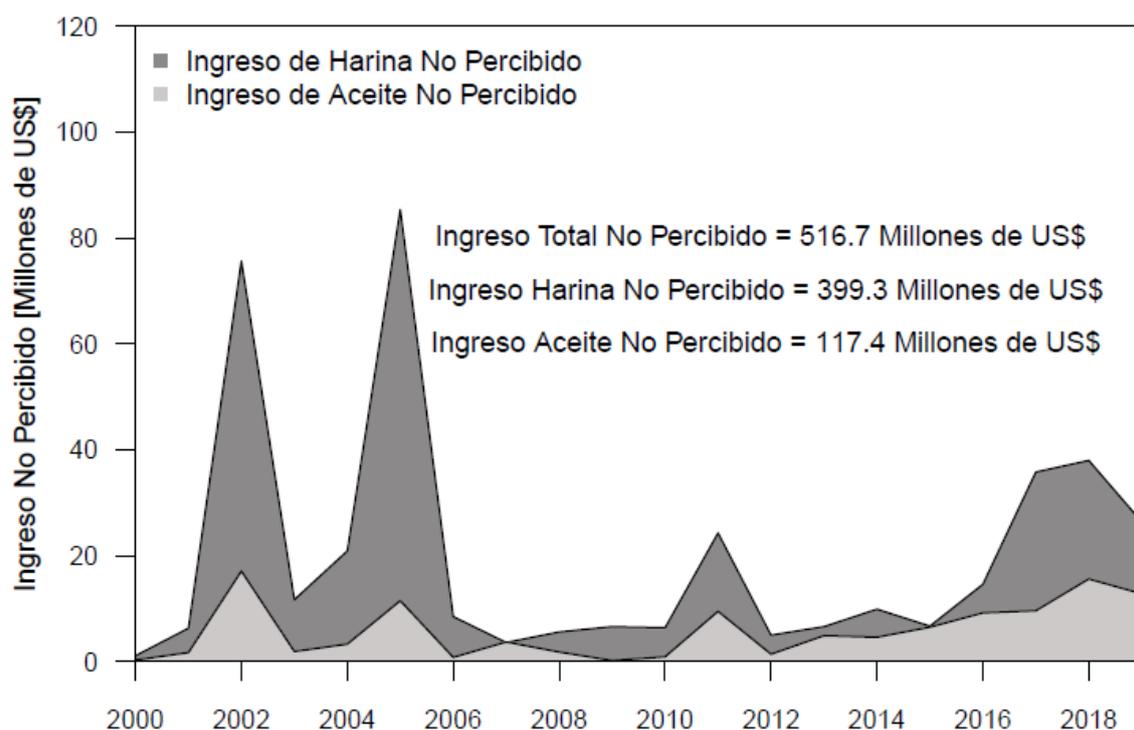


Figura 38. Ingresos económicos no percibidos por la producción de harina y aceite de anchoveta (Millones de US\$) durante el periodo 2000-2019

Tabla 9: Resultados de análisis de tendencias a los ingresos económicos no percibidos (millones de US\$) a diferentes a periodos de tiempo

Periodo	Ingresos No Percibidos	S	Z	p-valor
2000-2019	516.7	41	1.29	0.19 n.s
2000-2009	268.1	-8	-0.63	0.53 n.s
2010-2019	248.6	27	2.33	0.02 *

n.s = no significativo, * significativo ($p < 0.05$)

Según Englander (2021), señala que la política de cierres espaciales y temporales si bien ha reducido la captura de juveniles dentro de las áreas cerradas durante el periodo de cierre, no ha logrado solucionar el problema de la captura de juveniles, debido a que durante el periodo 2017-2019 hubo una alta captura de juveniles dentro de las áreas cerradas entre el anuncio y el comienzo durante el periodo de cierre, afuera de las áreas cerradas durante el periodo de cierre, y dentro de las áreas cerradas uno y dos días después de que finalizaran los cierres. En ese aspecto, IMARPE a través del Oficio N° 995-2021-IMARPE/PCD denominado “Informe sobre la estimación de la distancia a la que se debe alejar una embarcación luego de haber advertido una incidencia de juveniles superior a la

tolerancia establecida – informe actualizado con datos de las temporadas 2016-II a 2021-I”, identifiqué tres zonas en función a la presencia de juveniles y concluyendo que mientras más se aleja una embarcación de la posición geográfica de un lance inicial con alta incidencia de juveniles, mayor es la probabilidad de reducir la incidencia de juveniles en el lance posterior. Por lo que, en el año 2022, se ha presentado un proyecto de “Decreto Supremo que modifica el Decreto Supremo N° 024-2016-PRODUCE” mediante la Resolución Ministerial N° 00132-2022-PRODUCE, a fin de establecer distancias mínimas de alejamiento para las embarcaciones de mayor escala para la extracción de la anchoveta destinado al CHI en relación al porcentaje de presencia de juveniles y establecer infracciones en caso de incumplimiento por parte de las embarcaciones.

4.7. Valoración del modelo predictivo

Los modelos predictivos sirven para proveer información a los administradores de las pesquerías sobre los efectos biológicos y/o económicos de la pesca sobre los stocks (Sparre & Venema, 1997). El modelo de Thompson & Bell es un modelo predictivo ampliamente utilizado para evaluar el factor óptimo para aumentar o disminuir el esfuerzo de pesca a fin de lograr el máximo rendimiento sostenible de una especie explotada comercialmente (Kizakkudan, 2017).

El modelo predictivo Thompson & Bell utilizado en el presente estudio, supone que se puede evitar por completo la captura de individuos juveniles debido a que el modelo proyectó el crecimiento y la supervivencia de los juveniles capturados hasta que alcanzaron una talla igual o superior a 12 cm y que después de la proyección, la captura de los individuos es completa. Si bien es cierto, este supuesto en la práctica no se logra cumplir debido a factores como la selectividad de la red de cerco, la zona de pesca o las condiciones del mar, se consideró oportuno incluir en el modelo predictivo el supuesto de que los juveniles capturados puedan alcanzar una talla igual o superior a 12 cm, debido a que permitió obtener una estimación más objetiva de las posibles ganancias de la pesquería industrial de la anchoveta desde una perspectiva optimista. Además, el presente modelo utiliza data histórica de la captura de juveniles, lo que permite una adecuada estimación de los ingresos económicos que se dejaron de percibir a causa de la sobrepesca por crecimiento.

De esta manera, tanto los administradores como la industria tendrán información sobre el impacto económico de la sobrepesca por crecimiento en la pesquería industrial de la anchoveta a fin de que los motive a tomar medidas de gestión basadas en conocimiento científico y que sirva para establecer políticas o normas que aseguren la sostenibilidad del recurso y a que a su vez incremente los ingresos económicos en la industria. Dado que la pesca de juveniles de anchoveta no beneficia a los pescadores industriales debido al bajo rendimiento de harina y aceite de pescado que representan los individuos de tallas menores ni a los administradores porque la anchoveta no alcanzaría una edad adulta que le permite reproducirse al menos una vez, poniendo en riesgo la sostenibilidad del recurso.

4.8. Algunas consideraciones para el manejo pesquero

En el Perú, la normativa vigente (Decreto Supremo N° 024-2016-PRODUCE), no establece la distancia mínima de alejamiento de las embarcaciones industriales respecto a las áreas cerradas en tiempo real durante el periodo de cierre. En este aspecto, Pons *et al.* (2021) señala que los cierres espaciales y temporales pueden aumentar la mortalidad por pesca de las especies no objetivo, si el esfuerzo de pesca en vez de eliminarse se desplaza hacia aguas que rodean las áreas cerradas. Además, de que los cierres espaciales y temporales pueden resultar ineficaces si los pescadores regresan directamente a los cierres después de la reapertura o si la duración del cierre es demasiado corta (Needle & Catarino, 2011).

De acuerdo a los resultados del presente estudio, luego de la publicación de la normativa vigente, todavía se registra que la captura de la anchoveta excede el límite de tolerancia máxima del 10 % para la extracción de juveniles en determinados meses de captura, principalmente en los meses de enero a abril. Esto debido a que la norma permitió la descarga de juveniles, aunque se exceda el límite de tolerancia máxima del 10 %, sin que los titulares de los permisos de pesca sean sancionados, siempre y cuando comuniquen a PRODUCE la presencia de juveniles de anchoveta de forma inmediata. En ese sentido, se puede afirmar que es necesario aprobar la Resolución Ministerial N° 00132-2022-PRODUCE que presenta un proyecto de “Decreto Supremo que modifica el Decreto Supremo N° 024-2016-PRODUCE, y a la vez evaluar la eficacia las medidas de manejo vigentes a fin de establecer otras medidas de manejo que permita reducir la sobrepesca por crecimiento de la anchoveta.

Una medida de manejo que podría limitar el esfuerzo pesquero y a la vez reducir la captura de juveniles es declarar que la segunda temporada de pesca de la anchoveta termine en diciembre, dado que los resultados del presente estudio muestran que durante el mes de enero se alcanzó el más alto porcentaje de juveniles en la captura en términos de números de individuos, superando el límite de tolerancia máxima del 10 %. Probablemente, esta medida afectaría a la industria debido a que durante ese tiempo las empresas dejarían de percibir ingresos por no capturar anchoveta en enero, sin embargo, se obtendría mayores ingresos económicos en el futuro por el crecimiento de los peces que permitiría mayores rendimientos de harina y aceite de pescado. Además, esta medida traería beneficios biológicos por el potencial reclutamiento proveniente de los peces de tallas mayores.

V. CONCLUSIONES

1. La biomasa de anchoveta que se dejó de capturar por la sobrepesca por crecimiento fue 1.4 millones de toneladas durante el periodo 2000-2019.
2. El volumen de producción de harina y aceite de anchoveta que se dejó de producir por la sobrepesca por crecimiento fue 0.4 millones de toneladas durante el periodo 2000-2019.
3. Los ingresos económicos no percibidos por la sobrepesca por crecimiento fue 516.7 millones de US\$ durante el periodo 2000-2019.

VI. RECOMENDACIONES

1. Replicar esta investigación a la pesquería histórica de la anchoveta para comparar el impacto económico que provoco la sobrepesca por crecimiento en las últimas seis décadas.
2. Considerando la tendencia creciente significativa en la captura de juveniles durante la década 2010-2019, se recomienda evaluar la eficacia de las medidas de manejo actuales emitidas a fin de reducir la captura de juveniles de anchoveta.
3. Evaluar la posibilidad de que la segunda temporada de pesca de la anchoveta termine en el mes de diciembre, debido a que en el mes de enero se presenta el más alto porcentaje de juveniles en la captura.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar-Ramírez, D. & Barrera-Guevara, J. (2018). Alternativas Tecnológicas para el Control de Descartes y la Reducción de la Captura de Juveniles en la Pesquería de Anchoveta. Reporte Técnico para Oceana Perú. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Daniel-Aguilar/publication/341740956_Pesca_Responsable_de_Anchoveta_Peruana/links/5ed14bca92851c9c5e663f09/Pesca-Responsable-de-Anchoveta-Peruana.pdf
- Alarcón, J. (29 de mayo de 2017). Re: Conversatorio sobre el diseño de las redes de cerco de anchoveta y el diseño de una red experimental para su uso en Operaciones Eureka [Comentario en un foro de discusión]. Recuperado de <https://drive.google.com/file/d/1AeBJZfoBaOnU3GcK5xi7OnhHs2PT3Sg/view>
- Anders, N.; Breen, M.; Saltskår, J.; Totland, B.; Øvredal J.T. & Vold, A. (2019). Behavioural and welfare implications of a new slipping methodology for purse seine fisheries in Norwegian waters. PLoS ONE, 14(3): e0213031. doi 10.1371/journal.pone.0213031
- Anthony, J.A.; Robby, D.D. & Turco, K. R. (2000). Lipid content and energy density of forages fishes from the northern Gulf of Alaska. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 248(1): 53-78. doi 10.1016/S0022-0981(00)00159-3
- Arias, M. (2012). The evolution of legal instruments and the sustainability of the Peruvian anchovy fishery. Marine Policy, 36(1): 78-89. doi 10.1016/j.marpol.2011.03.010
- Arnesen, E. & Sánchez, A. (1963). Análisis técnico de la industria de harina de pescado en el Perú. Informe N° 13 del Instituto de Investigación de los Recursos Marinos. Recuperado de <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/bitstream/123456789/467/1/INF%2013.pdf>
- Avadí, A.; Fréon, P. & Tam, J. (2014). Coupled Ecosystem/Supply Chain Modelling of Fish Products from Sea to Shelf: The Peruvian *Anchoveta* Case. PLoS ONE, 9(7): e102057. Doi 10.1371/journal.pone.0102057

- Ayala, M.; Albrecht-Ruiz, M.; Salas, A. & Paredes, J. (2002). Fat Content of Peruvian Anchovy (*Engraulis ringens*), After “El Niño” Phenomenon (1998-1999). *Journal of Food Composition and Analysis*, 15(6): 627-631. doi 10.1006/jfca.2002.1059
- Ayón, P. (2000). El método de producción diaria de huevos en la estimación de la biomasa desovante del stock norte-centro de la anchoveta peruana. *Boletín del Instituto del Mar del Perú*, 19(1-2): 7-14. Recuperado de <https://repositorio.imarpe.gob.pe/bitstream/20.500.12958/990/1/BOL%2019%281-2%29-2.pdf>
- Bertrand, A.; Lengaigne, M.; Takahashi, K.; Avadí, A.; Poulain, F. & Harrod, C. (2020). El Niño Southern Oscillation (ENSO) effects on fisheries and aquaculture. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper N° 660*. Recuperado de <https://www.fao.org/3/ca8348en/CA8348EN.pdf>
- Bjordal, A. (2005). Uso de medidas técnicas en la pesca responsable: regulación de artes de pesca. En Cochrane, K. (Eds). *Guía del administrador pesquero. Medidas de ordenación y su aplicación*. Recuperado de <http://www.fao.org/3/y3427s/y3427s04.htm#bm04>
- Boerema, L.; Saetersdal, G.; Tsukayama, I.; Valdivia, E. & Alegre, B. (1967). Informe sobre los efectos de la pesca en el recurso peruano de anchoveta. *Boletín del Instituto del Mar del Perú*, 1(4): 133-186. Recuperado de <https://revistas.imarpe.gob.pe/index.php/boletin/article/view/262/252>
- Bouchon, M.; Ñiquen, M.; Arias-Schreiber, M. & Bello, R. (1998). *Manual de Operaciones del Proyecto Bitácora de Pesca. Informe Progresivo del Instituto del Mar del Perú No 74*. Recuperado de <https://repositorio.imarpe.gob.pe/bitstream/20.500.12958/978/1/IP%2074.pdf>
- Bouchon, M.; Ñiquen, M.; Cahuín, S.; Valdez, J. (1999). La pesquería de cerco en la costa peruana durante 1998. *Informe Progresivo del Instituto del Mar del Perú No 97*. Recuperado de <https://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/bitstream/20.500.12958/1031/1/IP%2097.pdf>
- Bouchon, M.; Cahuín, S.; Díaz, E. & Ñiquen, M. (2000). Captura y esfuerzo pesquero de la pesquería de la anchoveta peruana (*Engraulis ringens*). *Boletín Instituto del*

Mar del Perú, 19(1-2): 109-115. Recuperado de <https://repositorio.imarpe.gob.pe/bitstream/20.500.12958/1001/1/BOL%2019%281-2%29-10.pdf>

Bouchon, M.; Ñiquen, M.; Mori, J.; Echevarría, A. & Cahuín, S. (2001). Manual de muestreo de la pesquería pelágica. Informe Progresivo del Instituto del Mar del Perú No 157. Recuperado de <https://repositorio.imarpe.gob.pe/bitstream/20.500.12958/907/1/IP%20157.pdf>

Bouchon, M.; Ayón, P.; Mori, J.; Peña, C.; Espinoza, P.; Hutchings, L.; Buitrón, B.; Perea, Á.; Goicochea, C. & Messié, M. (2010). Biología de la anchoveta, *Engraulis ringens* Jenyns. Boletín del Instituto del Mar del Perú, 25(1-2): 23-30. Recuperado de <https://repositorio.imarpe.gob.pe/bitstream/20.500.12958/1099/1/BOL%2025%281-2%29-3.pdf>

Bouchon, M. (2018). La pesquería de anchoveta en Perú (Tesis de doctorado, Universidad de Alicante). Recuperado de https://renati.sunedu.gob.pe/bitstream/sunedu/750837/1/Bouchon_Corrales_Mari lu.pdf

Bouchon, M.; Ñiquen, M.; Franco, M. & Ttito, H. (2018). Estadísticas de la pesquería pelágica en la costa peruana (1959-2015). Informe del Instituto del Mar del Perú, 45(4): 397-562. Recuperado de <https://repositorio.imarpe.gob.pe/bitstream/20.500.12958/3302/5/Inf%2045%204%20Bouchon.pdf>

Bouchon M.; Peña, C.; Roman, G. & Limache, J. (2019). Cambios en la distribución de la anchoveta durante Eventos El Niño extraordinarios (1982-83 y 1997-98) y El Niño Costero 2017. Boletín Técnico del Instituto del Mar del Perú, 6(8): 5-9. Recuperado de https://repositorio.igp.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12816/4734/Bouchon_et-al_2019_Cambios-en-la-distibucion-de-la-anchoveta-durante-eventos-el-nino-extraordinarios.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Breen, M.; Isaksen, B.; Ona, E.; Pedersen, A. O.; Pedersen, G.; Saltskår, J.; Svoldal, B.; Tenningen, M.; Thomas, P. J.; Totland, B., Øvredal, J. T. & Vold, A. (2012). A review of possible mitigation measures for reducing mortality caused by slipping from purse-seine fisheries. ICEM CM 2012/C:12
- Buitrón, B. & Perea, A. (2000). Aspectos reproductivos de la anchoveta peruana durante el periodo 1992-2000. *Boletín del Instituto del Mar del Perú*, 19(1-2): 45-53. Recuperado de <https://revistas.imarpe.gob.pe/index.php/boletin/article/view/163/152>
- Buitrón, B.; Perea, Á.; Mori, J.; Sánchez, J.; Roque, C.; Gálvez, M.; Castillo, J. (2015). Escala de madurez gonadal de anchoveta peruana. *Boletín del Instituto del Mar del Perú*, 30(1-2): 10-19. Recuperado de [https://repositorio.imarpe.gob.pe/handle/20.500.12958/2936#:~:text=La%20esca la%20establece%20seis%20estadios,\(recuperaci%C3%B3n%2Fpost%20expulsante\)](https://repositorio.imarpe.gob.pe/handle/20.500.12958/2936#:~:text=La%20esca la%20establece%20seis%20estadios,(recuperaci%C3%B3n%2Fpost%20expulsante)).
- Burgos, C. (2014). Tratamiento del agua de bombeo para la recuperación del aceite y sólidos en la empresa pesquera Tecnológica de Alimentos S.A. (Tesis de ingeniero, Universidad Nacional de Santa). Recuperado de <http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/1949/27273.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cabrera, C.; Sotomayor, A.; Espinel, V. (2020). Análisis del ciclo de vida en la industria de harina y aceite de pescado en plantas pesqueras de Huacho, Carquín y Vegueta, Huaral, Lima, 2018-2019. *Revista del Instituto de Investigación FIGMMG-UNMSM*, 23(46): 21-28. Recuperado de <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/17729/16080>
- Canales, T. & Leal, E. (2009). Parámetros de historia de vida de la anchoveta *Engraulis ringens* Jenyns, 1842, en la zona centro norte de Chile. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 44(1): 173-179. Recuperado de https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-19572009000100017
- Castillo, R.; Dalla, L.; García, W.; Madureira, L.; Gutiérrez, M.; Vásquez, L. & Koppelman, R. (2018). Anchovy distribution off Peru in relation to abiotic

parameters: A 32-year time series from 1985 to 2017. *Fisheries Oceanography*, 28(12): 1-13. doi 10.1111/niebla.12419

Castillo, R., Cornejo, R. La Cruz, L., Grados, D.; Cuadros, G.; Valdez, C.; Pozada, M. (2020). Distribución y biomasa de recursos pelágicos neríticos y oceánicos en el ecosistema marino peruano obtenidos de los cruceros hidroacústicos en el 2019. *Boletín Instituto del Mar del Perú*, 35(2): 213-241. Recuperado de <https://revistas.imarpe.gob.pe/index.php/boletin/article/view/302/288>

Castillo, R., Cornejo, R. La Cruz, L., Grados, D.; Cuadros, G.; Valdez, C.; Paz, A.; Pozada, M. (2021). Abundancia de anchoveta (*Engraulis ringens*) y otras especies pelágicas estimadas por el método hidroacústico en el ecosistema marino peruano en el 2020. *Boletín Instituto del Mar del Perú*, 48(3): 327-349. Recuperado de <https://repositorio.imarpe.gob.pe/handle/20.500.12958/3599>

Chirinos de Vildoso, A. & Alegre de Haro, B. (1969). La madurez sexual de la anchoveta (*Engraulis ringens* J.) en los periodos reproductivos 1961/1968. *Boletín del Instituto del Mar del Perú*, 2(3): 110-125. Recuperado de <https://repositorio.imarpe.gob.pe/bitstream/20.500.12958/1078/1/BOL%202%283%29.2.pdf>

Chirichigno, N. & Vélez, J. (1998). Clave para identificar los peces marinos del Perú (2da Edición). Publicación Especial del Instituto del Mar del Perú. Recuperado de <https://repositorio.imarpe.gob.pe/handle/20.500.12958/3327>

Csirke, J. & Gumy, A. (1996). Análisis bioeconómico de la pesquería pelágica peruana dedicada a la producción de harina y aceite de pescado. *Boletín del Instituto del Mar del Perú*, 15(2): 25-68. Recuperado de <https://repositorio.imarpe.gob.pe/handle/20.500.12958/1059>

Cuba, A.; Sánchez, J.; Mori, J. & Chávez, G. (2019). Anomalías de los índices reproductivos fracción desovante e índice gonadosomático de anchoveta peruana *Engraulis ringens* (Jenyns, 1842) del stock norte-centro del Perú en relación al Niño Costero 2017. *The Biologist (Lima)*, 17(2): 253-261. Recuperado de <https://revistas.unfv.edu.pe/rtb/article/view/371/320>

- Cubillos, L. & Alarcón, C. (2010). Estimación de la talla media de madurez sexual en *Trachurus murphy* mediante parámetros del consumo relativo del oxígeno. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 38(2): 178-187. doi 10.3856/vol38-issue2-fulltext-2
- Diekert, F. (2012). Growth Overfishing: The Race to Fish Extends to the Dimensions of Size. *Environmental and Resource Economics*, 52(4): 549-572. doi 10.1007/s10640-012-9542-x
- Durbin, J. & Watson, G.S. (1950). Testing for serial correlation in least squares regression: I. *Biometrika*, 37(3/4): 409-428. doi 10.2307/2332391
- Espinoza, P. & Blaskovic, V. (2000). Cambios en la dieta de la anchoveta *Engraulis ringens* y su influencia en la dinámica de alimentación. *Boletín Instituto del Mar del Perú*, 19(1-2): 21-27. Recuperado de <https://repositorio.imarpe.gob.pe/bitstream/20.500.12958/994/1/BOL%2019%281-2%29-4.pdf>
- Espinoza, P. & Bertrand, A. (2008). Revisiting Peruvian anchovy (*Engraulis ringens*) trophodynamics provides a new vision of the Humboldt Current system. *Progress in Oceanography*, 79(2): 215-227. doi 10.1016/j.pocean.2008.10.022
- Espinoza, C.; Vera, V.; Perea, Á.; Buitrón, B.; Rojas, P. & Sigurd, O. (2009). Efecto de la ración alimenticia sobre la maduración gonadal y acumulación de grasa en la anchoveta peruana (*Engraulis ringens* Jennyns, 1842) en cautiverio. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 37(2): 181-190. doi 10.3856/vol37-issue2-fulltext-5
- Espinoza, P. (2010). Dinámica espacio temporal en la ecología trófica de la anchoveta (*Engraulis ringens* Jenyns, 1842; Pisces: Engraulidae) en el mar peruano (Tesis de maestría, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima-Perú). Recuperada de <https://repositorio.imarpe.gob.pe/bitstream/20.500.12958/2334/1/Espinoza-Pepe-Master-UNMSM-2010.pdf>
- Espinoza, P. & Bertrand, A. (2014). Ontogenetic and spatiotemporal variability in anchoveta *Engraulis ringens* diet off Peru. *Journal of Fish Biology*, 84: 422-435. doi 10.1111/jfb.12293

- EUMOFA. (2021). Fishmeal and Oil Fish. Production and Trade Flows in the EU. Recuperado de <https://www.eumofa.eu/documents/20178/432372/Fishmeal+and+fish+oil.pdf>
- FAO. (1986). La producción de harina y aceite de pescado. Recuperado de <https://www.fao.org/3/x6899e/X6899E00.HTM>
- FAO. (2016). El estado mundial de la pesca y acuicultura 2016. Contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos. Roma. Recuperado de <https://www.fao.org/3/i5555s/i5555s.pdf>
- FAO. (2018). El estado mundial de la pesca y acuicultura 2018. Cumplir con los objetivos de desarrollo sostenible. Roma. Recuperado de <https://www.fao.org/3/i9540es/i9540es.pdf>
- FAO. (2020). El estado mundial de la pesca y acuicultura 2020. La sostenibilidad en acción. Roma. Recuperado de <https://www.fao.org/3/ca9229es/ca9229es.pdf>
- Félix, F. (29 de mayo de 2017). Re: Conversatorio sobre el diseño de las redes de cerco de anchoveta y el diseño de una red experimental para su uso en Operaciones Eureka [Comentario en un foro de discusión]. Recuperado de <https://drive.google.com/file/d/1AeBJZfoBaOnU3GcK5xi7OnhHs2PT3Sg/view>
- Fonteyne, R.; Buglioni, G.; Leonori, I.; O'Neill, F. & Fryer, R. (2007). Laboratory and field trials of OMEGA, a new objective mesh gauge. *Fisheries Research*, 85: 197-201. doi 10.1016/j.fishres.2007.02.006
- Freón, P.; Bouchon, M.; Mullon, C.; García, C. & Ñiquen, M. (2008). Interdecadal variability of anchoveta abundance and overcapacity of the fishery in Peru. *Progress in Oceanography*, 79(2-4): 401-412. doi 10.1016/j.pocean.2008.10.011
- Freón, P.; Avadí, A.; Marin, W. & Negrón, R. (2014). Environmentally extended comparison table of large-versus small-and medium-scale fisheries: the case of the Peruvian anchoveta fleet. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 71(10): 1459-1474. doi 10.1139/cjfas-2013-0542
- Freón, P.; Durand, H.; Avadí, A.; Huaranca, S. & Orozco, R. (2017). Life cycle assessment of three peruvian fishmeal plants: Toward a cleaner production. *Journal of Cleaner Production*, 145, 50-63. doi 10.1016/j.jclepro.2017.01.036

- Froese, R. (2004). Keep it simple: three indicators to deal with overfishing. *Fish and Fisheries*, 5(1): 86-91. doi 10.1111/j.1467-2979.2004.00144.x
- Ganoza, F.; Castillo, P. & Marín, D. (2000). Variaciones estacionales en la distribución y biomasa de anchoveta entre 1983 y 2000. *Boletín del Instituto del Mar del Perú*, 19(1-2): 157-177. Recuperado de <https://repositorio.imarpe.gob.pe/bitstream/20.500.12958/1007/1/BOL%2019%281-2%29-15.pdf>
- Ganoza, F.; Salazar, C.; Cornejo, R. & Alarcón, J. (2014). Operatividad y comportamiento de redes de cerco artesanal en la zona de Huacho. Informe del Instituto del Mar del Perú, 41(1-4): 82-93. Recuperado de <https://repositorio.imarpe.gob.pe/bitstream/20.500.12958/2311/1/Informe%2041-8.pdf>
- Ganoza, F.; Cornejo, R.; Alarcón, J. & Salazar, C. (2021). Redes de cerco artesanal en la zona de Parachique, Perú. Informe del Instituto del Mar del Perú, 48(1): 103-114. Recuperado de <https://repositorio.imarpe.gob.pe/bitstream/20.500.12958/3526/1/Informe%2048-1%20Articulo13.pdf>
- Garteizgogeoasca, M.; Gonzales, I.; Kluger, L., Damonte, G. & Flitner, M. (2020). Institutional context and governance of Peruvian fisheries and aquaculture. Recuperado de Microsoft Word - artec_paper 226_normal 5.docx (uni-bremen. https://www.uni-bremen.de/fileadmin/user_upload/sites/artec/Publikationen/artec_Paper/226_paper.pdf de)
- Gayanilo, F. C.; Sparre, P. & Pauly, D. (2005). FAO-ICLARM Stock Assessment Tools II (FiSAT II). Revised Version. User's Guide. FAO. Computerized Information Series fisheries.
- Gilbert, R. (1987). Detecting and Estimating Trends. *Statistical Methods for Environmental Pollution Monitoring* (p. 336). Recuperado de <https://www.osti.gov/servlets/purl/7037501>

- Gonçalves, J.; Bentes, L.; Monteiro, P.; Coelho, R.; Corado, M. & Erzini, K. (2008). Reducing discards in a demersal purse-seine fishery. *Aquatic Living Resources*, 21(2): 135-144. doi 10.1051/alr:2008023
- González, J.; Pajuelo, J.; Lorenzo, J.; Santana, J.; Tuset, V.; Jiménez, S.; Perales-Raya, C.; González-Lorenzo, G.; Martín-Sosa, P. & Lozano, I. (2012). Talla mínima de captura de peces, crustáceos y moluscos de interés pesquero en Canarias. Una propuesta científica para su conservación. Recuperado de <https://orfish.eu/library/talla-minima-de-captura-peces-crustaceos-y-moluscos-de-interes-pesquero-en-canarias-una-propuesta-cientifica-para-su-conservacion>
- Greenberg, A. & Pauly, D. (2013). Using the New ELEFAN in R System. In D. Pauly and A. Greenberg (eds.) *ELEFAN in R: A new tool for length-frequency analysis*. *Fisheries Research Reports*, 21(3): 27-44. Recuperado de: https://s3-us-west-2.amazonaws.com/legacy.seaaroundus/doc/Researcher+Publications/dpauly/PDF/2013/BookSections/Guide+to+ELEFAN+in+R_2013.pdf
- Gullestad, P.; Blom, G.; Bakke, G. & Bogstad, B. (2015). The “Discard Ban Package”: Experiences in efforts to improve the exploitation patterns in Norwegian fisheries. *Marine Policy*, 54: 1-9. doi 10.1016/j.marpol.2014.09.025
- Gutiérrez, M. (2000). Estimados de biomasa hidroacústica de los cuatro principales recursos pelágicos en el mar peruano durante 1983-2000. *Boletín del Instituto del Mar del Perú*, 19(1-2): 139-156. Recuperado de <https://revistas.imarpe.gob.pe/index.php/boletin/article/view/154/143>
- Gutiérrez, M.; Ñiquen, M.; Peraltilla, S.; Herrera, N. (2000). Las Operaciones EUREKA: Una aproximación a la abundancia de la anchoveta en el periodo 1966-1982. *Boletín del Instituto del Mar del Perú*, 19(1-2): 83-102. Recuperado de <https://revistas.imarpe.gob.pe/index.php/boletin/article/view/161/150>
- Guzmán, S. (2000). Breve revisión de los cambios en el desove de la anchoveta peruana entre 1966 y 1999. *Boletín del Instituto del Mar del Perú*, 19(1-2): 1-5. Recuperado de <https://repositorio.imarpe.gob.pe/bitstream/20.500.12958/989/1/BOL%2019%281-2%29-1.pdf>

- Hamed, K. & Rao, A. (1998). A modified Mann-Kendall trend test for autocorrelated data. *Journal of Hydrology*, 204(1-4): 182-196. doi 10.1016/S0022-1694(97)00125-X
- Heck, C. (2015). Hacia un manejo ecosistémico de la pesquería peruana de anchoveta. Análisis del marco legal y administrativo para reformar el manejo de la pesquería peruana de anchoveta. Recuperado de https://spda.org.pe/?wpfb_dl=435
- ICES. (2004). Mesh Size Measurement Revisited. ICES Cooperative Research Report No. 266. Recuperado de [https://www.ices.dk/sites/pub/Publication%20Reports/Cooperative%20Research%20Report%20\(CRR\)/CRR266.pdf](https://www.ices.dk/sites/pub/Publication%20Reports/Cooperative%20Research%20Report%20(CRR)/CRR266.pdf)
- ICES (2005). Protocol for the Use of an Objective Mesh Gauge for Scientist Purposes. ICES Cooperative Research Report No. 279. Recuperado de https://ices-library.figshare.com/articles/report/Protocol_for_the_Use_of_an_Objective_Mesh_Gauge_for_Scientific_Purposes/18624257
- IFFO. (2020). Control y garantía de calidad. Recuperado de <https://www.iffco.com/es/node/85>
- IFREMER. (2008). Harina de pescado y otros productos acuáticos. Recuperado de <https://aquaculture.ifremer.fr/en/Info.-Card/Fish-sector/Fishmeal-and-other-aquatic-products>
- IHMA & SNP (2017). Conversatorio sobre el diseño de las redes de cerco de anchoveta y el diseño de una red experimental para su uso en Operaciones Eureka. Recuperado de http://cedepesca.net/wp-content/uploads/2018/04/2017-08-31_IHMA-SNP_Informe-Segundo-Conversatorio-Redes-Anchoveta.pdf
- IMARPE & ITP (1996). Compendio biológico tecnológico de las principales especies hidrobiológicas comerciales del Perú. Recuperado de <https://repositorio.imarpe.gob.pe/handle/20.500.12958/1387>
- IMARPE. (2005). Anuario Científico Tecnológico Imarpe 2002. Volumen 2. Enero - Diciembre 2002. Callao, Perú.
- IMARPE. (2006). Anuario Científico Tecnológico Imarpe 2005. Volumen 5. Enero - Diciembre 2005. Callao, Perú.

- IMARPE. (2016). Anuario Científico Tecnológico Imarpe 2015. Volumen 15. Enero - Diciembre 2015. Callao, Perú.
- IMARPE. (2017). Anuario Científico Tecnológico Imarpe 2016. Volumen 16. Enero - Diciembre 2016. Callao, Perú.
- IMARPE. (2018). Anuario Científico Tecnológico Imarpe 2017. Volumen 17. Enero - Diciembre 2017. Callao, Perú.
- IMARPE. (2019a). *Engraulis ringens* “anchoveta”. Catalogo Digital de la Biodiversidad Acuática del Perú. Recuperado de <https://biodiversidadacuatica.imarpe.gob.pe/Catalogo/Especie?id=103>
- IMARPE. (2019b). Programa de observadores a bordo de la flota industrial de cerco “Programa Bitácoras de Pesca” (PBP). Pesquería del stock norte-centro de la anchoveta. Reporte de la primera temporada de pesca 2019. Recuperado de http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/reportes/imarpe_bpfind_primera_temporada_pesca_2019.pdf
- IMARPE. (2019c). Informe sobre biología y pesquería del recurso bonito (*Sarda chiliensis chiliensis*). Recuperado de http://www.imarpe.gob.pe/imarpe/descarga_informe.php?archivo=6#:~:text=La%20normativa%20vigente%2C%20determina%20para,cortina%20no%20se%20encuentra%20reglamentado.
- IMARPE. (2020). Protocolo. Elaboración de la Tabla de Decisión para la determinación del Límite Máximo de Captura Total Permisible por temporada de pesca en la pesquería del Stock Norte-Centro de la anchoveta peruana. Recuperado de https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1307822/Protocol_tabla_decision_anchoveta.pdf
- INEI. (2001). Metodología de cálculo del índice de precios al consumidor de Lima Metropolitana. Recuperado de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib0509/Libro.pdf
- Jordán, R. & Chirinos de Vildoso, A. (1965). La Anchoveta (*Engraulis ringens J.*) conocimiento actual sobre su biología, ecología y pesquería. Instituto del Mar del

Perú Informe No. 6. Recuperado de <https://repositorio.imarpe.gob.pe/bitstream/20.500.12958/235/1/INF%206.pdf>

Jordán, R. (1971). Distribution of anchoveta (*Engraulis ringens* J.) in relation to the environment. *Investigación Pesquera*, 35(1): 113-126.

Kale, S. & Sönmez, A. Y. (2019). Trend Analysis for Streamflow of Devrekani Stream (Turkey). *Review of Hydrobiology*, 12(1-2): 23-37. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/338342918_Trend_Analysis_for_Streamflow_of_Devrekani_Stream_Turkey

Kale, S. (2020). Trend analysis and future forecasting of marine capture fisheries production of Turkey. *Research in Marine Sciences*, 5(4): 773-794. Recuperado de <https://resmarsci.com/wp-content/uploads/2020/12/Research-in-Marine-Sciences-17-1.pdf>

Kamei, G.; Chakraborty, S.; Deshmukhe, G.; Jaiswar, A.; Mandakini, H.; Kumari, S. & Sreekanth, G. (2013). Assessment of economic impact of juvenile fishing of sciaenids along Mumbai Coast, India. *Indian Journal of Geo-Marine Sciences*, 42(5): 617-621. Recuperado de [http://nopr.niscair.res.in/bitstream/123456789/24782/1/IJMS%2042\(5\)%20617-621.pdf](http://nopr.niscair.res.in/bitstream/123456789/24782/1/IJMS%2042(5)%20617-621.pdf)

Kendall, M.G. (1975). *Rank correlation methods*. 4th edition, London, 202 pp.

Kenyon, S.; Pastoors, M.; Mackinson, S.; Cornulier, T. & Marshall, C. (2021). Intra-and inter-annual variability in the fat content of Atlantic herring (*Clupea harengus*) as revealed by routine industry monitoring. *ICES Journal of Marine Science*, 79(1): 88-99. doi 10.1093/icesjms/fsab244

Kizakkudan, S. (2017). Thompson and Bell prediction model. *Advance methods for fish stock assessment and fisheries management*. Recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/95776188.pdf>

Kokoshi, M. (2010). Getting Real: Price Deflation of Nominal Values. *Journal of Benefit-Cost Analysis*, 1(1): 1-11. doi 10.2202/2152-2812.1032

Lam, R. (1968). Estudios sobre la variación del contenido de grasa en la anchoveta peruana (*Engraulis ringens* J.). Informe del Instituto del Mar del Perú No 24. 29

pp. Recuperado de
<https://repositorio.imarpe.gob.pe/bitstream/20.500.12958/252/1/INF%2024.pdf>

Lappalainen, A.; Saks, L.; Šuštar, M.; Heikinheimo, O.; Jürgens, K.; Kokkonen, E.; Kurkilahti, M.; Verliin, A. & Vetemaa, M. Length at maturity as a potential indicator of fishing pressure effects on coastal pikeperch (*Sander lucioperca*) stocks in the northern Baltic Sea. *Fisheries Research* 174: 47-57. doi 10.1016/j.fishres.2015.08.013

Le Manach, F.; Bailey, M.; Cashion, T. & Nouvian, C. (2017). The dark side of aquaculture. Recuperado de <https://www.bloomassociation.org/wp-content/uploads/2017/02/Reduction-fisheries-BLOOMs-report.pdf>

López-Trelles, D. (2015). El régimen de ordenamiento pesquero de la anchoveta (*Engraulis ringens*) en el Perú y su impacto en la sostenibilidad del recurso. (Tesis de maestría, Universidad de Piura, Piura-Perú). Recuperado de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2781/MAS_GAA_029.pdf?sequence=1

Lorenzo, J. & González, J. (1993). Determinación de la talla de primera madurez sexual y periodo reproductivo de la caballa *Scomber japonicus* (Houttuyn, 1782) de las islas Canarias. *Boletín del Instituto Español de Oceanografía*, 9(1): 15-21. Recuperado de <https://accedacris.ulpgc.es/handle/10553/1581>

Mann, H.B. (1945). Nonparametric test against trend. *Econometrica*, 13: 245-259. doi 10.2307/1907187

Marçalo, A.; Breen, M.; Tenningen, M.; Onandia, I.; Arregi, L.; Gonçalves, J. (2019). Chapter 15. Mitigation Slipping-Related Mortality from Purse Seine Fisheries for Small Pelagic Fish: Case Studies from European Atlantic Waters. In Uhlmann, S.S., Ulrich, C., Kennelly, S. (Eds). *The European discard policy—reducing unwanted catches in complex multi-species and multi-jurisdictional fisheries*. Recuperado de https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-03308-8_15

Mendo, J. (1984). Edad, crecimiento y algunos aspectos reproductivos y alimentarios de la caballa (*Scomber japonicus peruanus*). *Boletín del Instituto del Mar del Perú*,

- 8(4): 101-156. Recuperado de <https://revistas.imarpe.gob.pe/index.php/boletin/article/view/221/213>
- Mendo, J. (1991). Stock identification of Peruvian anchoveta (*Engraulis ringens*): morphometric, tagging/recapture, electrophoretic and ecological studies. (Ph.D. thesis, University of Bremen, Germany).
- Mendo, J. (2018). Electrophoretic studies of Peruvian Anchoveta *Engraulis ringens* confirm the existence of distinct North/Central and Southern Stocks. In D. Pauly and V. Ruiz-Leotaud (eds.) Marine and Freshwater Miscellanea. Fisheries Centre Research Reports, 26(2): 16-26.
- Mildenberger, T.; Taylor, M.; Wolff, M. (2017). TropFishR: an R package for fisheries analysis with length-frequency data. *Methods in Ecology and Evolution*, 8(11): 1520-1527. doi 10.1111/2041-210X.12791
- Misund, O. & Beltestad, A. (1994). Size-selection of mackerel and saithe in purse seine. Recuperado de https://imr.brage.unit.no/imr-xmlui/bitstream/handle/11250/105247/CM_1994_B_28.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Moncada, M. (2017). Aspectos de diseño y mantenimiento de la red de cerco anchovetera en la flota CHI del Perú (Tesis de ingeniero pesquero, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima-Perú).
- Morón, O. & Marquina, R. (2005). Aspectos oceanográficos en otoño 2005: Crucero Demersal BIC OLAYA 0506. Informe Instituto del Mar del Perú, 38(1): 121-126. Recuperado de <https://repositorio.imarpe.gob.pe/handle/20.500.12958/2122>
- Murekesi, A. (2009). Adjusting Prices for Inflation and Creating Price Indices. FEWS NET Markets Guidance, 3. Recuperado de https://fews.net/sites/default/files/MT%20Guidance_Price%20Adjustment%20for%20Inflation_No%203_En.pdf
- Mustapha, A. (2013). Detecting surface water quality trends using Mann-Kendall tests and Sen's Slope estimates. *International Journal of Agriculture Innovations and Research*, 2278-7844: 108-114. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/235752471_DETECTING_SURFACE

_WATER_QUALITY_TRENDS_USING_MANN-
KENDALL_TESTS_AND_SEN'S_SLOPE_ESTIMATES

- Najmudeen, T. & Sathiadhas, R. (2008). Economic impact of juvenile fishing in a tropical multi-gear multi-species fishery. *Fisheries Research*, 92(2): 332-332. doi 10.1016/j.fishres.2008.02.001
- Naylor, R.; Hardy, R.; Bureau, D.; Chiu, A.; Elliott, M.; Farrell, A.; Forster, I.; Gatlin, D.; Goldberg, R.; Hua, K. & Nichols, P. (2009). Feeding aquaculture in an era of finite resources. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(36), 15103-15110. doi 10.1073/pnas.0905235106
- Nédelec, C. & Prado, J. (1990). Definición y clasificación de las diversas categorías de artes de pesca. FAO. Documento Técnico de Pesca. Recuperado de <https://www.fao.org/3/t0367t/t0367t.pdf>
- Needle, C. & Catarino, R. (2011). Evaluating the effect of real-time closures on cod targeting. *ICES Journal of Marine Science*, 68(8): 1647-1655. doi 10.1093/icesjms/fsr092
- Ñiquen, M.; Bouchon, M.; Cahuin, S. & Valdez, J. (1999). Efectos del Fenómeno “El Niño 1997-98” sobre los principales recursos pelágicos en la costa peruana. *Revista Peruana de Biología*, 6(3): 85-96. Recuperado de <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/rpb/article/view/8434/7322>
- Ñiquen, M.; Bouchon, M.; Cahuín, S. & Díaz, E. (2000). Pesquería de anchoveta en el mar peruano 1950-1999. *Boletín de Instituto del Mar del Perú*, 19(1-2): 117-123. Recuperado de <https://repositorio.imarpe.gob.pe/bitstream/20.500.12958/1003/1/BOL%2019%281-2%29-11.pdf>
- Ochoa, A. (1966). Observaciones sobre el desove de la anchoveta, *Engraulis ringens*, J., en la zona del Callao (Tesis de Biólogo, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima-Perú). Recuperada de <https://repositorio.imarpe.gob.pe/bitstream/20.500.12958/2204/1/Ochoa%20L%20c3%b3pez%2c%20Noemi%20A..pdf>

- Oliveros-Ramos, R.; Guevara-Carrasco, R.; Simmonds, J.; Csirke, J.; Gerlotto, F.; Peña, C. & Tam, J. (2010). Modelo de evaluación integrada del stock norte-centro de la anchoveta peruana *Engraulis ringens* Jenyns. Boletín del Instituto del Mar del Perú, 25(1-2): 49-55. Recuperado de <https://repositorio.imarpe.gob.pe/bitstream/20.500.12958/1111/1/BOL%2025%281-2%29-7.pdf>
- Oliveros-Ramos, R.; Ñiquen, M.; Csirke, J. & Guevara-Carrasco, R. (2021). Management of the Peruvian anchoveta (*Engraulis ringens*) fishery in the context of climate change. En T. Bahri; M. Vasconcellos; D. Welch; J. Johnson; R. Ian; X. Ma & R. Sharma (Eds.). Adaptative management of fisheries in response to climate change (p. 237-244). doi doi.org/10.4060/cb3095en
- O'Keefe C.; Cadrin S.; Stokesbury, K. (2014). Evaluating effectiveness of time/area closures, quotas/caps, and fleet communications to reduce fisheries bycatch. ICES Journal of Marine Science, 71(5): 1286-1297. doi 10.1093/icesjms/fst063
- Olsen, R. & Hasan, M. (2012). A limited supply of fishmeal: Impact on future increases in global aquaculture production. Trends in Food Science & Technology, 27(2): 120-128. doi 10.1016/j.tifs.2012.06.003
- Palomares, M.; Muck, P.; Mendo, J.; Chuman, E.; Gomez, O. & Pauly, D. (1987). Growth of the peruvian anchoveta (*Engraulis ringens*), 1953 to 1982. In D. Pauly and I. Tsukayama (eds.) The peruvian anchoveta and its upwelling ecosystem: three decades of change. Recuperado de <http://pubs.iclarm.net/libinfo/Pdf/Pub%20SR76%2015.pdf>
- Paredes, C (2012). Eficiencia y equidad en la pesca peruana: La reforma y los derechos de pesca. Instituto del Perú USMP. Recuperado de https://cies.org.pe/wp-content/uploads/2016/07/eficiencia_y_equidad_en_la_reforma_de_la_pesca_en_el_peru.pdf
- Paredes, C. (2014). La anchoveta: pesca y descarte de juveniles. Análisis de la regulación pesquera y propuestas para su perfeccionamiento (Edición N°20). Instituto del Perú USMP. Recuperado de [https://usmp.edu.pe/idp/wp-](https://usmp.edu.pe/idp/wp-content/uploads/2014/07/pesca_y_descarte_de_anchovetas_ju.pdf)

content/uploads/2015/09/pesca_y_descarte_de_anchovetas_juveniles.pdfveniles.pdf (usmp.edu.pe)

- Pauly, D. (1980). On the interrelationships between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *ICES Journal of Marine Science*, 39(2): 175-192. doi 10.1093/icesjms/39.2.175
- Pauly, D. (1983). Algunos métodos simples para la evaluación de recursos pesqueros tropicales. FAO. Documento Técnico de Pesca. Recuperado de <https://www.fao.org/3/X6845S/X6845S00.htm>
- Pauly, D. & Tsukayama, I. (1983). On the seasonal growth, monthly recruitment and monthly biomass peruvian anchoveta (*Engraulis ringens*) from 1961 to 1979. In S. Sharp and J. Csirke (eds.) Proceedings of the expert consultation to examine changes in abundance and species composition of neritic fish resources. Recuperado de <https://www.fao.org/3/x6851b/x6851b19.pdf>
- Pauly, D.; Palomares, M. L. & Gayanilo, F. C. (1987). VPA Estimates of the monthly population length composition, recruitment, mortality, biomass and related statistic of Peruvian Anchoveta, 1953 to 1981. In D. Pauly and I. Tsukayama (eds.) The peruvian anchoveta and its upwelling ecosystem: three decades of change. Recuperado de <http://pubs.iclarm.net/libinfo/Pdf/Pub%20SR76%2015.pdf>
- Pauly, D. & Palomares, M. (1989). New Estimates of Monthly Biomass, Recruitment and Related Statistics of Anchoveta (*Engraulis ringens*) off Peru (4-14°S), 1953-1985. In D. Pauly, P. Muck, J. Mendo & I. Tsukayama (eds.) The Peruvian Upwelling Ecosystem Dynamics and Interactions. Recuperado de withdrawal
- Pauly, D. & Sparre, P. (1991). A note on the development of a new software package, the FAO-ICLARM stock assessments tools (FiSAT), Fishbyte. *The WorldFish Center*: 9(1): 47-49.
- Pauly, D.; Christensen, V.; Guénette, S., Pichter, T.; Sumaila, U.; Walters, C.; Watson, R. & Zeller, D. (2002). Towards sustainability in world fisheries. *Nature*, 418 (6898): 689-695. doi 10.1038/nature01017
- Peña, C. (2019). Eventos El Niño y su impacto en la pesquería de anchoveta en Perú. (Tesis de maestría, Universidad de Alicante, Alicante-España) Recuperado de

https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/112564/1/TFM_CECILIA_LILIANA_PENA_TERCERO_FINAL.pdf

- Perea, Á. & Roque, C. (2008). Parámetros reproductivos de adultos de anchoveta peruana a finales del invierno 2005. *Boletín del Instituto del Mar del Perú*, 35(2): 167-171. Recuperado de <https://repositorio.imarpe.gob.pe/bitstream/20.500.12958/1989/1/INF.%2035%282%29-15.pdf>
- Perea, Á.; Peña, C.; Oliveros-Ramos, R.; Buitrón, B. & Mori, J. (2011). Potential egg production, recruitment, and close fishing season of the Peruvian anchovy (*Engraulis ringens*): Implications for fisheries management. *Ciencias Marinas* 37(4B): 585-601. doi 10.7773/cm.v37i4B.1827
- Péron, G.; Mittaine, J. & Le Gallic, B. (2010). Where do fishmeal and fish oil products come from? An analysis of the conversion ratios in the global fishmeal industry. *Marine Policy*, 34(4): 815-820. doi 10.1016/j.marpol.2010.01.027
- Petersen, C. (1903). What is overfishing? *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 6(4): 587-594. doi 10.1017/S0025315400072696
- Pons, M.; Watson, J.; Ovando, D.; Andracka, S.; Brodie, S.; Domingo, A.; Fitchett, M.; Forselledo, R.; Hall, M.; Hazen, E.; Jannot, J.; Herrera, M.; Jiménez, S.; Kaplan, D.; Kerwath, S.; Lopez, J.; McVeigh, J.; Pacheco, L.; Rendon, L.; Richerson, K.; Sant'Ana, R.; Sharma, R.; Smith, J.; Somers, K.; Hilborn, R. (2021). Trade-offs between bycatch and target catches in static versus dynamic fishery closures. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 119(4): 1-11. doi 10.1073/pnas.2114508119
- Pozada, M. (2018). Caracterización de las operaciones de pesca en la pesquería industrial de la anchoveta (*Engraulis ringens*) a partir de observaciones a bordo (Tesis de ingeniero pesquero, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima-Perú). Recuperado de <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3472/pozada-herrera-marissela.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- PRODUCE. (2001). Resolución Ministerial N° 225-2001-PE “Establecen dimensiones máximas de redes de cerco utilizadas a bordo de embarcaciones con permisos de pesca para anchoveta y sardina”.
- PRODUCE. (2020). Anuario estadístico pesquero y acuícola 2019. Lima. Recuperado de <https://ogeiee.produce.gob.pe/index.php/en/shortcode/oee-documentos-publicaciones/publicaciones-anuales/item/949-anuario-estadistico-pesquero-y-acuicola-2019>
- PRODUCE. (2021). Anuario estadístico pesquero y acuícola 2020. Lima. Recuperado de <https://ogeiee.produce.gob.pe/index.php/en/shortcode/oee-documentos-publicaciones/publicaciones-anuales/item/1001-anuario-estadisticoo-pesquero-y-acuicola-2020>
- PROMPERÚ (2020). Desarrollo del comercio exterior pesquero y acuícola en el Perú. Recuperado de <https://recursos.exportemos.pe/desarrollo-comercio-exterior-pesquero-acuicola-informe-sectorial-2019.pdf>
- Rojas de Mendiola, B.; Ochoa, N.; Calienes, R. & Gómez, O. (1969). Contenido estomacal de anchoveta en cuatro áreas de la costa peruana. Informe de Instituto del Mar del Perú No 27. 30 pp. Recuperado de <https://repositorio.imarpe.gob.pe/bitstream/20.500.12958/255/1/INF%2027.pdf>
- Saetersdal G. & Valdivia J. (1964). Un estudio del crecimiento, tamaño y reclutamiento de la anchoveta (*Engraulis ringens* J.). Boletín del Instituto de Investigaciones de Recursos Marinos, 1(4): 85-136. Recuperado de <https://repositorio.imarpe.gob.pe/bitstream/20.500.12958/402/1/BOL%20IREMAR%201%284%29.pdf>
- Salas, R. (29 de mayo de 2017). Re: Conversatorio sobre el diseño de las redes de cerco de anchoveta y el diseño de una red experimental para su uso en Operaciones Eureka [Comentario en un foro de discusión]. Recuperado de <https://drive.google.com/file/d/1AeBJZfoBaOnU3GcK5xi7OnhHs2PT3Sg/view>
- Salazar, C. & Ylla, D. (1997). Selectividad de las redes de enmalle para los recursos costeros en la Región Grau. Informe Progresivo de Instituto del Mar del Perú, 55(2): 18-28. Recuperado de <https://repositorio.imarpe.gob.pe/bitstream/20.500.12958/1445/1/IP%2055.2.pdf>

- Saldarriaga, M. (2015). Análisis de la captura incidental en la pesquería industrial de cerco anchovetera en el litoral peruano durante el periodo 2003-2011 (Tesis de Ingeniero Pesquero, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima-Perú). Recuperado de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1160/T007227.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Salvatecci, R. & Mendo, J. (2005). Estimación de las pérdidas bio-económicas causadas por la captura de juveniles de anchoveta (*Engraulis ringens*, J.) en la costa peruana. *Ecología Aplicada*, 41(1-2): 114-120. Recuperado de <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v4n1-2/a15v4n1-2.pdf>
- Santander, H. & Sandoval de Castillo, O. (1969). El desove de la anchoveta (*Engraulis ringens* J.) en los periodos reproductivos de 1961 a 1968. Informe Especial del Instituto del Mar del Perú No 40. 11 pp. Recuperado de <https://repositorio.imarpe.gob.pe/bitstream/20.500.12958/1587/1/INF%20ESP.%2040.pdf>
- Santander, H. & Flores, R. (1983). Los desoves y la distribución larval de cuatro especies pelágicas y sus relaciones con las variaciones del medio ambiente marino frente al Perú. *FAO Fisheries Report*, 291(3): 835-870. Recuperado de <https://www.fao.org/3/x6851b/x6851b13.pdf>
- Schaefer, M. (1967). Dinámica de la pesquería de la anchoveta *Engraulis ringens* en el Perú. *Boletín del Instituto del Mar del Perú*, 1(5): 189-304. Recuperado de <https://repositorio.imarpe.gob.pe/bitstream/20.500.12958/889/1/BOL%201%285%29.pdf>
- SIMRAD. (2018). General Catalog. Fishery Products. Recuperado de https://www.simrad.online/cat/fishery_all_en_a4_lores.pdf
- Sparre, P. & Venema S. (1997). Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1. FAO. Doc. Tec. Pesca. 306. Roma, 382 pp
- Sumaila, U. & Tai, T. (2020). End Overfishing and Increase the Resilience of the Ocean to Climate Change. *Frontiers in Marine Science*, 7(523): 1-8. doi 10.3389/fmars.2020.00523

- Svana, G.; Ogmundarson, Ó.; Arason, S. & Gudjónsdóttir, M. (2021). Efficiency of fishmeal and fish oil processing of different pelagic fish species: Identification of processing steps for potential optimization toward protein production for human consumption. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(4): 1-15. doi 10.1111/jfpp.15294
- Swartzman G.; Bertrand A.; Gutiérrez, M.; Bertrand, S. & Vasquez, L. (2008). The relationship of anchovy and sardine to water masses in the Peruvian Humboldt Current System from 1983 to 2005. *Progress in Oceanography* 79(2): 228-237. doi 10.1016/j.pocean.2008.10.021
- Taylor, M. & Mildenerger, T. (2017). Extending electronic length frequency analysis in R. *Fisheries Management and Ecology*, 24: 330-338. doi 10.1111/fme.12232
- Thompson, W. & Bell, F. (1934). Biological statistics of the Pacific halibut fishery. 2. Effect of changes in intensity upon total yield and yield per unit of gear. Report of International Fisheries Commission.
- Tilic, I. (1963). Información estadística sobre embarcaciones utilizadas en la pesca industrial en el Perú 1953-1962. Informe del Instituto de Investigación de los Recursos Marinos No 8. Recuperado de <https://repositorio.imarpe.gob.pe/bitstream/20.500.12958/55/1/INF%208.pdf>
- Torrejón, E. (2014). Estimación del descarte y captura incidental en la pesquería industrial de cerco del stock norte-centro de la anchoveta peruana (*Engraulis ringens*) (Tesis de maestría, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California). Recuperada de <https://repositorio.imarpe.gob.pe/handle/20.500.12958/3033>
- Tsukayama, I. (1989). Dynamics of the Fat Content of Peruvian Anchoveta (*Engraulis ringens*). In D. Pauly, P. Muck, J. Mendo & I. Tsukayama (eds.) *The Peruvian Upwelling Ecosystem Dynamics and Interactions*. Recuperado de <https://repositorio.imarpe.gob.pe/bitstream/20.500.12958/1432/1/THE%20PERUVIAN%20UPWELLING%20ECOSYSTEM.pdf>
- Tveteras, S.; Paredes, C. & Peña-Torres, J. (2011). Individual Vessel Quotas in Peru: Stopping the Race for Anchovies. *Marine Resource Economics*, 26(3): 225-232. doi 10.5950/0738-1360-26.3.225

- Wood, S. (2006). *Generalized Additive Models: an introduction with R*. Chapman and Hall/CRC Press. 384 pp.
- Yue, S.; Pilon, P.; Phinney, B.; Cavadias, G. (2002). The influence of autocorrelation on the ability to detect trend in hydrological series. *Hydrological Processes*, 16: 1807-1829. doi 10.1002/hyp.1095
- Yonashiro, C. & Balbín, N. (2016). Las cuotas individuales transferibles en la pesquería del Stock Norte-Centro de anchoveta peruana (*Engraulis ringens*). Recuperado de <https://www.produce.gob.pe/documentos/pesca/dgchi/publicaciones/Documento-de-Trabajo-001-2016.pdf>

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Parámetros de crecimiento (K , L_{∞} y t_0) de la anchoveta peruana para el periodo 2000-2019, utilizados en la proyección de la biomasa a la talla mínima de captura de 12 cm. Proporcionado por IMARPE (2021)

Año	K (cm)	L_{∞} (año^{-1})	t_0
2000	20.630	0.727	-0.037
2001	21.249	0.630	-0.049
2002	20.853	0.860	-0.021
2003	19.967	0.787	-0.033
2004	20.656	0.820	-0.026
2005	20.563	0.839	-0.025
2006	20.120	0.742	-0.038
2007	20.060	0.848	-0.026
2008	20.921	0.710	-0.038
2009	20.808	0.787	-0.029
2010	20.725	0.815	-0.026
2011	20.964	0.865	-0.020
2012	20.150	0.797	-0.031
2013	21.239	0.772	-0.029
2014	20.533	0.837	-0.025
2015	19.085	0.722	-0.046
2016	19.238	0.755	-0.041
2017	20.635	0.872	-0.021
2018	19.589	0.880	-0.025
2019	19.570	0.860	-0.027

L_{∞} = talla infinita, valores estimados mediante el análisis de frecuencia de tallas (rutina ELEFAN I desarrollada en R por Taylor & Mildenerger, 2017), información proporcionada por IMARPE

K = parámetro de curvatura, valores estimados mediante el análisis de frecuencia de tallas (rutina ELEFAN I desarrollada en R por Taylor Mildenerger, 2017), información proporcionada por IMARPE

t_0 = edad a una talla cero, valores estimados mediante la ecuación inversa de von Bertalanffy de acuerdo a la metodología de Salvatecci & Mendo (2005)

Anexo 2. Tasa de mortalidad natural (M) por clase de talla de la anchoveta peruana para el periodo 2000-2019, utilizados en la proyección de la biomasa a la talla mínima de captura de 12 cm. Proporcionado por IMARPE (2021)

	Clase de Talla		
	< 8.0 cm	8.0-11.5 cm	≥12cm
M	1.29	0.91	0.83

Fuente: IMARPE (2020)

Anexo 3. Precios promedio FOB (US\$/tonelada) de la exportación de harina de pescado utilizados para la actualización de los precios nominales a precios reales. Proporcionado por PRODUCE (2021)

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
2000	379.89	388.69	377.26	359.69	345.52	349.04	364.39	382.08	388.15	391.39	369.96	384.96
2001	395.05	412.29	434.72	381.59	397.29	424.72	429.27	458.26	494.04	506.29	496.65	516.39
2002	524.47	537.94	561.03	557.59	545.40	531.30	548.17	544.54	555.39	554.07	560.81	521.55
2003	525.42	524.17	527.17	526.63	536.53	543.83	548.63	574.37	565.98	528.94	547.31	544.99
2004	552.20	576.47	551.42	565.79	569.92	578.34	542.68	533.89	532.38	533.13	521.36	519.96
2005	523.24	551.05	534.25	548.15	566.18	565.67	573.93	591.20	621.52	614.95	655.20	643.32
2006	665.55	672.22	690.22	760.50	776.51	901.72	953.16	1099.33	1023.97	1063.47	967.79	1021.04
2007	1003.23	1019.00	1020.92	1024.09	1094.77	1073.50	981.25	902.38	844.63	866.93	816.57	810.60
2008	804.87	836.30	857.24	855.49	909.40	932.76	984.72	996.35	990.21	926.13	845.30	811.19
2009	794.13	800.56	839.16	863.99	879.47	899.58	922.32	970.03	1016.45	1056.86	1161.58	1196.49
2010	1285.26	1406.67	1489.51	1543.06	1623.23	1640.79	1589.29	1453.24	1494.66	1415.72	1420.46	1417.03
2011	1392.71	1452.54	1507.75	1475.17	1452.64	1397.38	1319.57	1301.61	1234.76	1246.95	1226.63	1246.87
2012	1191.33	1193.99	1181.35	1194.23	1259.74	1328.07	1375.21	1506.28	1555.35	1502.76	1509.91	1698.96
2013	1746.23	1837.21	1881.46	1850.26	1944.05	1814.26	1635.82	1552.01	1504.94	1442.45	1454.53	1357.06
2014	1358.55	1386.63	1423.15	1481.73	1529.18	1583.48	1659.85	1767.53	1808.09	1801.55	1918.72	2020.01
2015	2055.32	2106.50	1896.03	1926.55	1838.92	1684.08	1541.18	1483.63	1535.83	1585.61	1722.75	1761.34
2016	1662.18	1570.75	1532.11	1558.54	1536.54	1687.71	1644.90	1643.16	1614.58	1608.06	1465.48	1484.16
2017	1473.44	1449.80	1440.89	1445.27	1427.93	1424.62	1366.10	1356.98	1402.67	1392.13	1392.94	1314.23
2018	1319.78	1399.57	1438.42	1475.59	1598.68	1574.62	1530.20	1495.99	1543.15	1549.14	1480.83	1515.79
2019	1480.88	1460.57	1430.10	1428.42	1467.27	1516.66	1511.25	1518.68	1404.67	1320.59	1318.87	1263.65

Fuente: PRODUCE (2020)

Anexo 4. Precios promedio FOB (US\$/tonelada) de la exportación de aceite de pescado utilizados para la actualización de los precios nominales a precios reales. Proporcionado por PRODUCE (2021)

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
2000	208.61	225.10	207.49	150.29	159.61	154.31	171.48	166.53	230.74	178.00	198.77	181.21
2001	215.39	210.16	370.36	277.47	270.26	302.10	324.12	322.71	334.32	418.75	413.99	427.12
2002	464.20	624.72	443.20	390.83	417.33	408.85	453.18	431.33	436.31	637.29	599.59	444.66
2003	494.31	448.94	558.52	571.86	413.33	396.22	419.05	422.01	544.16	488.64	457.61	455.87
2004	463.36	481.43	575.14	531.27	504.07	510.79	525.89	568.42	590.53	620.32	546.63	500.14
2005	529.41	544.41	552.56	514.52	522.81	514.78	506.42	527.73	534.51	654.40	562.87	588.13
2006	550.21	593.37	714.20	578.21	674.25	669.92	766.84	664.32	646.81	642.46	630.12	652.65
2007	646.09	700.27	824.03	794.65	933.79	756.63	729.69	708.36	748.61	757.39	736.43	952.57
2008	1106.11	1347.41	1437.05	2149.41	1718.38	1374.57	1614.97	1659.75	1713.89	1411.49	1436.40	955.31
2009	1013.36	873.69	925.90	776.06	635.86	531.85	533.76	662.17	695.51	823.38	659.45	934.00
2010	783.43	1292.53	940.80	1086.13	1054.96	1193.96	938.58	906.57	866.28	959.71	1044.27	988.34
2011	1508.45	1709.45	1637.14	1619.67	1106.31	1176.87	1211.04	1382.62	1602.43	1446.88	1303.99	1176.83
2012	1242.06	1447.10	1426.19	1445.68	1883.00	1573.84	1775.16	1821.04	1958.27	2003.79	1921.04	2500.90
2013	2554.99	2446.77	2466.59	2737.30	2734.53	2652.07	2537.18	2276.77	2160.53	2207.98	1853.02	1992.06
2014	1932.22	2097.74	2169.06	2268.27	2441.31	1946.10	2129.18	2063.02	2062.18	2236.90	2135.06	2709.45
2015	2478.61	2633.40	2478.43	2812.74	2581.23	2148.60	2052.66	2022.97	2085.08	2339.26	1955.35	2395.91
2016	2265.36	2828.27	2503.18	2379.87	2528.48	2798.66	2774.42	2544.14	2352.18	2259.34	2287.43	2463.82
2017	1847.90	1982.83	1548.35	1443.08	1534.04	1305.60	1307.91	1432.99	1565.54	1487.11	1417.30	1826.33
2018	1632.47	2769.43	2580.03	2460.74	1686.32	1248.88	1253.64	1504.18	1615.96	1664.95	1597.81	1617.58
2019	1670.49	1919.76	1960.81	1740.12	1865.17	1888.22	2035.00	2093.59	2038.41	1929.00	2064.45	1913.44

Fuente: PRODUCE (2020)

Anexo 5. Índice Precios al Consumidor de Lima Metropolitana utilizados para la actualización de los precios nominales a precios reales de harina y aceite de pescado. Proporcionado por INEI (2021)

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
2000	78.75	79.12	79.55	79.96	79.97	80.02	80.44	80.81	81.26	81.45	81.50	81.63
2001	81.78	81.98	82.40	82.06	82.08	82.03	82.17	81.92	81.97	82.00	81.60	81.53
2002	81.10	81.07	81.51	82.10	82.21	82.03	82.06	82.14	82.53	83.12	82.79	82.76
2003	82.95	83.34	84.27	84.23	84.20	83.81	83.68	83.69	84.16	84.20	84.34	84.82
2004	85.27	86.20	86.60	86.58	86.88	87.37	87.54	87.53	87.55	87.53	87.78	87.77
2005	87.86	87.65	88.22	88.33	88.44	88.67	88.76	88.60	88.52	88.65	88.71	89.08
2006	89.53	90.02	90.43	90.89	90.41	90.29	90.14	90.26	90.29	90.33	90.07	90.09
2007	90.10	90.34	90.65	90.81	91.26	91.69	92.12	92.25	92.82	93.11	93.21	93.63
2008	93.84	94.69	95.68	95.83	96.18	96.92	97.46	98.03	98.59	99.20	99.50	99.86
2009	99.97	99.89	100.25	100.27	100.23	99.89	100.07	99.87	99.78	99.90	99.79	100.10
2010	100.40	100.73	101.01	101.03	101.27	101.53	101.90	102.17	102.14	101.99	102.00	102.18
2011	102.58	102.97	103.70	104.40	104.38	104.48	105.31	105.59	105.94	106.28	106.74	107.03
2012	106.92	107.26	108.09	108.66	108.70	108.66	108.76	109.31	109.91	109.73	109.58	109.86
2013	109.99	109.89	110.89	111.17	111.38	111.67	112.29	112.90	113.02	113.06	112.82	113.00
2014	113.36	114.04	114.63	115.08	115.34	115.53	116.03	115.93	116.11	116.55	116.38	116.65
2015	116.84	117.20	118.10	118.56	119.23	119.62	120.16	120.61	120.65	120.82	121.24	121.78
2016	122.23	122.44	123.17	123.19	123.45	123.62	123.72	124.16	124.42	124.93	125.30	125.72
2017	126.01	126.42	128.07	127.74	127.20	127.00	127.25	128.10	128.08	127.48	127.23	127.43
2018	127.59	127.91	128.54	128.36	128.38	128.81	129.31	129.48	129.72	129.83	129.99	130.23
2019	130.31	130.48	131.42	131.69	131.88	131.77	132.04	132.12	132.13	132.27	132.42	132.70

Fuente: INEI (2020)

Anexo 6. Número y porcentaje de peces capturados por clase de talla (cm) durante el periodo 2000-2019, obtenidos de la composición de tallas de la captura

Talla			Talla		
(cm)	(10 ⁶ individuos)	(%)	(cm)	(10 ⁶ individuos)	(%)
5.0	4.2*10 ⁻⁴	7.6*10 ⁻⁶	13.0	651.0	11.7
5.5	2.9*10 ⁻³	5.2*10 ⁻⁵	13.5	702.8	12.6
6.0	1.6*10 ⁻²	2.9*10 ⁻⁴	14.0	702.5	12.6
6.5	4.3*10 ⁻²	7.7*10 ⁻⁴	14.5	660.5	11.9
7.0	2.0*10 ⁻¹	3.6*10 ⁻³	15.0	498.7	9.0
7.5	8.4*10 ⁻¹	1.5*10 ⁻²	15.5	307.2	5.5
8.0	3.0	5.4*10 ⁻²	16.0	158.9	2.9
8.5	7.9	1.4*10 ⁻¹	16.5	73.2	1.3
9.0	19.2	3.4*10 ⁻¹	17.0	28.2	5.1*10 ⁻¹
9.5	38.9	7.0*10 ⁻¹	17.5	8.8	1.6*10 ⁻¹
10.0	74.0	1.3	18.0	1.7	3.0*10 ⁻²
10.5	127.0	2.3	18.5	1.8*10 ⁻¹	3.3*10 ⁻³
11.0	206.7	3.7	19.0	8.5*10 ⁻³	1.5*10 ⁻⁴
11.5	302.9	5.5	19.5	6.1*10 ⁻⁴	1.1*10 ⁻⁵
12.0	427.9	7.7	20.0	3.3*10 ⁻⁴	5.8*10 ⁻⁶
12.5	555.5	10.0			

Anexo 7. Número de individuos capturados histórico por mes, número de juveniles capturados histórico por mes y porcentaje de juveniles en la captura por mes durante el periodo 2000-2019, obtenidos de la composición de tallas de la captura

Mes	Peces Capturados		
	(10 ⁶ individuos)	(10 ⁶ juveniles)	(%)
Enero	243.9	77.6	31.8
Febrero	0	0	0
Marzo	220.5	43.4	21.6
Abril	938.9	209.1	22.3
Mayo	1360.7	202.2	14.9
Junio	965.3	143.1	14.8
Julio	360.0	38.5	10.7
Agosto	1.5	0.1	5.5
Setiembre	0	0	0
Octubre	104.6	16.3	15.6
Noviembre	791.6	19.6	2.5
Diciembre	590.7	30.8	5.2
Total	5557.8	780.7	-

Anexo 8. Número de individuos capturados histórico por año, número de juveniles capturados histórico por año y porcentaje de juveniles en la captura por año durante el periodo 2000-2019, obtenidos de la composición de tallas de la captura

Peces Capturados			
Año	(10 ⁶ individuos)	(10 ⁶ juveniles)	(%)
2000	333.6	3.2	1.0
2001	307.2	31.7	10.3
2002	484.1	171.7	35.5
2003	289.8	41.0	14.1
2004	473.0	77.7	16.4
2005	498.7	127.7	25.6
2006	240.0	9.2	3.8
2007	242.9	11.5	4.7
2008	267.9	14.9	5.5
2009	260.6	9.1	3.5
2010	168.9	13.6	8.1
2011	378.3	36.8	9.7
2012	159.1	5.0	3.1
2013	218.2	6.8	3.1
2014	101.6	7.0	6.9
2015	216.2	35.2	16.3
2016	155.5	27.4	17.6
2017	204.1	53.0	26.0
2018	355.3	54.3	15.3
2019	202.7	43.8	21.6
Total	5557.8	780.7	-

Anexo 9. Captura de peces (millones de toneladas) por clase de talla (cm) durante el periodo 2000-2019, obtenidos de la estimación del peso de los individuos capturados

Talla (cm)	Captura (10 ⁶ toneladas)	Talla (cm)	Captura (10 ⁶ toneladas)
5.0	2.8*10 ⁻⁷	13.0	9.5
5.5	2.6*10 ⁻⁶	13.5	11.6
6.0	1.9*10 ⁻⁵	14.0	13.0
6.5	6.6*10 ⁻⁵	14.5	13.7
7.0	4.0*10 ⁻⁴	15.0	11.5
7.5	2.1*10 ⁻³	15.5	7.9
8.0	9.0*10 ⁻³	16.0	4.5
8.5	2.9*10 ⁻²	16.5	2.3
9.0	8.5*10 ⁻²	17.0	1.0
9.5	2.1*10 ⁻¹	17.5	3.3*10 ⁻¹
10.0	0.5	18.0	7.0*10 ⁻²
10.5	0.9	18.5	8.4*10 ⁻³
11.0	1.8	19.0	4.2*10 ⁻⁴
11.5	3.0	19.5	3.3*10 ⁻⁵
12.0	4.8	20.0	1.9*10 ⁻⁵
12.5	7.1		

Anexo 10. Porcentaje de variación de las capturas de peces (Millones de toneladas) por clase de talla (cm) durante el periodo 2000-2019, obtenidos de la estimación del peso de los individuos capturados

Talla (cm)	Captura			%Variación
	2000 (10 ⁶ Tn)	2019 (10 ⁶ Tn)	Variación (10 ⁶ Tn)	
5.0	1.3*10 ⁻⁸	3.5*10 ⁻⁸	2.2*10 ⁻⁸	178.9
5.5	3.7*10 ⁻⁸	26.7*10 ⁻⁸	23.0*10 ⁻⁸	624.4
6.0	11.9*10 ⁻⁷	4.8*10 ⁻⁷	-7.2*10 ⁻⁷	-60.1
6.5	11.8*10 ⁻⁶	2.6*10 ⁻⁶	-9.2*10 ⁻⁶	-77.9
7.0	4.8*10 ⁻⁵	5.4*10 ⁻⁵	0.6*10 ⁻⁵	13.2
7.5	1.1*10 ⁻⁴	3.5*10 ⁻⁴	2.4*10 ⁻⁴	207.8
8.0	2.8*10 ⁻⁴	16.5*10 ⁻⁴	13.7*10 ⁻⁴	498.6
8.5	4.4*10 ⁻⁴	45.0*10 ⁻⁴	40.6*10 ⁻⁴	915.5
9.0	6.3*10 ⁻⁴	96.9*10 ⁻⁴	90.6*10 ⁻⁴	1439.7
9.5	1.1*10 ⁻³	15.7*10 ⁻³	14.6*10 ⁻³	1330.3
10.0	2.1*10 ⁻³	30.4*10 ⁻³	28.3*10 ⁻³	1356.2
10.5	4.4*10 ⁻³	51.5*10 ⁻³	47.2*10 ⁻³	1081.4
11.0	5.9*10 ⁻³	89.0*10 ⁻³	83.1*10 ⁻³	1399.1
11.5	9.4*10 ⁻³	139.5*10 ⁻³	130.1*10 ⁻³	1384.0
12.0	1.4*10 ⁻²	22.7*10 ⁻²	21.4*10 ⁻²	1568.9
12.5	3.0*10 ⁻²	29.9*10 ⁻²	26.9*10 ⁻²	906.3
13.0	7.9*10 ⁻²	36.2*10 ⁻²	28.3*10 ⁻²	357.7
13.5	2.4*10 ⁻¹	4.2*10 ⁻¹	1.7*10 ⁻¹	71.2
14.0	0.6	0.5	-0.1	-12.4
14.5	1.1	0.4	-0.6	-59.1
15.0	1.4	0.3	-1.1	-81.3
15.5	1.5	0.1	-1.4	-91.8
16.0	13.1*10 ⁻¹	0.5*10 ⁻¹	-12.7*10 ⁻¹	-96.5
16.5	11.2*10 ⁻¹	0.1*10 ⁻¹	-11.1*10 ⁻¹	-99.2
17.0	60.2*10 ⁻²	0.1*10 ⁻²	-60.1*10 ⁻²	-99.8
17.5	228.0*10 ⁻³	0.04*10 ⁻³	-227.9*10 ⁻³	-99.9
18.0	456.0*10 ⁻⁴	0.1*10 ⁻⁴	-456.0*10 ⁻⁴	-99.9
18.5	492.4*10 ⁻⁵	0.0	-492.4*10 ⁻⁵	-100.0
19.0	161.2*10 ⁻⁶	0.0	-161.2*10 ⁻⁶	-100.0
19.5	12.8*10 ⁻⁶	0.0	-12.8*10 ⁻⁶	-100.0
20.0	19.4*10 ⁻⁷	0.0	-19.4*10 ⁻⁷	-100.0

Anexo 11: Resumen del modelo aditivo generalizado (GAM) en la predicción del contenido de grasa en función del mes del año y la clase de talla de la anchoveta

```

Family: quasibinomial
Link function: logit

Formula:
pfat ~ size + s(mon, bs = "cc")

Parametric coefficients:
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -3.32517    0.05526 -60.174 < 2e-16 ***
size10_12    0.42868    0.06536   6.559 1.83e-10 ***
size12_14    0.77649    0.06192  12.540 < 2e-16 ***
size14_Inf   0.90833    0.06157  14.753 < 2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Approximate significance of smooth terms:
      edf Ref.df    F p-value
s(mon) 6.296     8 23.02 <2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

R-sq.(adj) = 0.522  Deviance explained = 55.6%
-ML = -774.14  Scale est. = 0.0060751  n = 380

```

Anexo 12: Pruebas estadísticas de Durbin-Watson y Mann Kendall, utilizando el software R realizadas para el análisis de tendencia de la captura de juveniles (millones de individuos) durante el periodo 2000-2019

```

Durbin-Watson test

data: periodo_captura_00_19
DW = 1.7379, p-value = 0.1944
alternative hypothesis: true autocorrelation is greater than 0

Mann-Kendall trend test

data: captura_00_19
z = 0.16222, n = 20, p-value = 0.8711
alternative hypothesis: true S is not equal to 0
sample estimates:
      S      varS      tau
6.00000000 950.0000000 0.03157895

```

Anexo 13: Pruebas estadísticas de Durbin-Watson y Mann Kendall, utilizando el software R realizadas para el análisis de tendencia de la captura de juveniles (Millones de individuos) durante el periodo 2000-2009

```
Durbin-Watson test

data: periodo_captura_00_09
DW = 2.0093, p-value = 0.343
alternative hypothesis: true autocorrelation is greater than 0
```

```
Mann-Kendall trend test

data: captura_00_09
z = -0.53666, n = 10, p-value = 0.5915
alternative hypothesis: true S is not equal to 0
sample estimates:
      S      varS      tau
-7.0000000 125.0000000 -0.1555556
```

Anexo 14: Pruebas estadísticas de Durbin-Watson y Mann Kendall, utilizando el software R realizadas para el análisis de tendencia de la captura de juveniles (millones de individuos) durante el periodo 2010-2019

```
Durbin-Watson test

data: periodo_captura_10_19
DW = 1.7806, p-value = 0.2127
alternative hypothesis: true autocorrelation is greater than 0
```

```
Mann-Kendall trend test

data: captura_10_19
z = 1.9677, n = 10, p-value = 0.0491
alternative hypothesis: true S is not equal to 0
sample estimates:
      S      varS      tau
23.0000000 125.0000000  0.5111111
```

Anexo 15: Pruebas estadísticas de Durbin-Watson y Mann Kendall, utilizando el software R realizadas para el análisis de tendencia de los ingresos no percibidos (Millones de US\$) durante el periodo 2000-2019

```
Durbin-Watson test

data: periodo_nov_2020
DW = 1.9898, p-value = 0.3893
alternative hypothesis: true autocorrelation is greater than 0
```

```
Mann-Kendall trend test

data: nov_2020
z = 1.2985, n = 20, p-value = 0.1941
alternative hypothesis: true S is not equal to 0
sample estimates:
      S      varS      tau
41.0000000 949.0000000 0.2163596
```

Anexo 16: Pruebas estadísticas de Durbin-Watson y Mann Kendall, utilizando el software R realizadas para el análisis de tendencia de los ingresos no percibidos (Millones de US\$) durante el periodo 2000-2009

```
Durbin-Watson test

data: periodo_nov_2020_00_09
DW = 2.2976, p-value = 0.5349
alternative hypothesis: true autocorrelation is greater than 0
```

```
Mann-Kendall trend test

data: nov_2020_00_09
z = -0.62862, n = 10, p-value = 0.5296
alternative hypothesis: true S is not equal to 0
sample estimates:
      S      varS      tau
-8.0000000 124.0000000 -0.1797866
```

Anexo 17: Pruebas estadísticas de Durbin-Watson y Mann Kendall, utilizando el software R realizadas para el análisis de tendencia de los ingresos no percibidos (Millones de US\$) durante el periodo 2010-2019

Durbin-Watson test

```
data: periodo_nov_2020_10_19
DW = 1.7127, p-value = 0.1799
alternative hypothesis: true autocorrelation is greater than 0
```

Mann-Kendall trend test

```
data: nov_2020_10_19
z = 2.3255, n = 10, p-value = 0.02004
alternative hypothesis: true S is not equal to 0
sample estimates:
  S varS tau
27.0 125.0 0.6
```
