

UNIVERSIDAD PERUANA CAYETANO HEREDIA

FACULTAD DE CIENCIAS Y FILOSOFÍA

“ALBERTO CAZORLA TALLERI”



Variabilidad interanual de los desembarques en la pesquería del Stock Norte-Centro de la anchoveta peruana (*Engraulis ringens*) entre las temporadas de pesca del año 2000 al 2018

Tesis para optar el título de Licenciada en Biología

Bach. Fiorella Isabel Vilela Ríos

Lima - Perú

2020

ASESOR

Dimitri Alexey Gutiérrez Aguilar

Doctor en Oceanografía

Coordinador de la Maestría de Ciencias del Mar -
Universidad Peruana Cayetano Heredia

Director General de Investigaciones Oceanográficas y Cambio Climático -
Instituto del Mar del Perú

CO-ASESORES

Erich Enrique Díaz Acuña

Magister en Recursos acuáticos

Coordinador del Área Funcional de Dinámica Poblacional y Evaluación de Recursos
Pelágicos-
Instituto del Mar del Perú

Daniel Isaías Grados Paredes

Doctor en Biología Marina

Profesor de la Maestría de Ciencias del Mar -
Universidad Peruana Cayetano Heredia

Especialista en Acústica Pesquera -
Instituto del Mar del Perú

A Pachi... gracias por tu fuerza y enseñanzas.

RESUMEN

La pesquería de la anchoveta peruana (*Engraulis ringens*) ha presentado grandes fluctuaciones que se asocian principalmente a la alta variabilidad climática que ocurre en el Sistema de la Corriente de Humboldt y a la ocurrencia de eventos ENSO. Asimismo, las medidas de manejo han tenido fuertes implicancias en dichas fluctuaciones. En la actualidad, los desembarques diarios dentro de cada temporada de pesca son utilizados como indicador para el manejo de esta pesquería. Sin embargo, no se han realizado investigaciones sobre la variabilidad y comportamiento de los desembarques durante los distintos escenarios ambientales y de manejo presentes en las temporadas de pesca. El presente estudio tuvo como objetivo analizar la variabilidad interanual de los desembarques dentro las temporadas de pesca del stock Norte-centro de la anchoveta. Para este fin, en primer lugar, se calculó el coeficiente de variación (CV) y la pendiente (b) (que indica tendencia del comportamiento de los desembarques) de los desembarques de 36 temporadas de pesca desde el 2000 al 2018. Además, se identificaron factores que podrían estar impactando dicha variabilidad, los cuales se relacionaron con las condiciones ambientales (el tamaño de hábitat de la anchoveta y ocurrencia de eventos ENOS), manejo de la pesquería (Cuota de pesca y número de viajes), el desempeño de la flota (Esfuerzo y CPUE), y el valor económico del recurso (Precio de la haría de pescado). Dichas variables fueron relacionadas con el CV y la pendiente (b) mediante la combinación de dos técnicas multivariadas (ACP y Clúster Jerárquico). Los distintos grupos obtenidos mostraron que en condiciones cálidas (El Niño) o frías (La Niña), así como en un periodo de sobre-capitalización de la flota, la variabilidad de los desembarques fue baja. Por el contrario, en condiciones ambientales neutras, donde la pesca se desarrolló con normalidad, la variabilidad de los desembarques fue muy alta. En ese sentido las variables que controlan principalmente la variabilidad de los desembarques están asociadas al manejo de la pesquería (tamaño de la flota) y a la variabilidad ambiental (ocurrencia de eventos ENOS).

Palabras clave: Variabilidad de los desembarques, anchoveta peruana (*Engraulis ringens*), condiciones ambientales, manejo de la pesquería.

ABSTRACT

The Peruvian anchovy (*Engraulis ringens*) fishery has exhibited large fluctuations that are mainly associated with the high climatic variability that occurs in the Humboldt Current System and the occurrence of ENSO events. Likewise, the fishery management have had strong implications in these fluctuations. Currently, daily landings within each fishing season are used as an indicator for the management of this fishery. However, there is not studies about the variability and behavior of the landings during the different environmental and management scenarios present in the fishing seasons. The goal of this study was to analyze the interannual variability of landings in the fishing seasons of the North-central stock of anchovy. For this purpose, first, were calculated the coefficient of variation (CV) and the slope (b) (which indicates a trend in the behavior of landings) of the landings of 36 fishing seasons from 2000 to 2018. Moreover were identified factors that could be impacting this variability, these factors were related to environmental conditions (the size of the anchovy's habitat and the occurrence of ENSO events), fishery management (fishing quota and number of trips), the performance of the fleet (Effort and CPUE), and the economic value of the resource (Price of fishmeal). These variables were related to CV and slope (b) by combining two multivariate techniques (PCA and Hierarchical Cluster). The different groups obtained showed that in warm (El Niño) or cold (La Niña) conditions, as well as in a period of overcapitalization of the fleet, the variability of landings was low. On the contrary, in neutral environmental conditions, where fishing developed normally, the variability of landings was very high. For instance, the variables that mainly control the variability of the landings are associated with the management of the fishery (size of the fleet) and with environmental variability (occurrence of ENSO events).

Key words: Landings variability, peruvian anchovy (*Engraulis ringens*), environmental conditions, fishery management.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE LA CORRIENTE DE HUMBOLDT (SCH).....	3
2.2 ANCHOVETA PERUANA (<i>Engraulis ringens</i>).....	5
2.3 PESQUERÍA DE ANCHOVETA.....	8
2.3.1 Evolución de la pesquería.....	8
2.3.2 Caracterización de la Flota pesquera de Anchoveta.....	11
2.3.3 Manejo de la pesquería.....	11
3. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.....	14
3.1 HIPÓTESIS.....	14
3.2 OBJETIVO GENERAL.....	15
3.3 Objetivos específicos.....	15
4. MATERIALES Y MÉTODO.....	16
4.1 ÁREA Y PERIODO DE ESTUDIO.....	16
4.2 DISEÑO DEL ESTUDIO.....	16
4.2.1 Base de datos.....	16
4.2.2 Variabilidad de los desembarques.....	17
4.2.3 Factores ambientales.....	19
4.2.4 Factores de manejo.....	20
4.2.5 Factores relacionados al desempeño de la flota.....	22
4.2.6 Factores relacionados a la economía del recurso.....	23
4.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS.....	24
5. RESULTADOS.....	24

5.1 DESEMBARQUES.....	24
5.2 VARIABILIDAD DE LOS DESEMBARQUES.....	26
5.2.1 Coeficiente de variación (CV).....	26
5.2.2 Pendiente de los desembarques (b).....	28
5.3 FACTORES AMBIENTALES.....	30
5.3.1 Área Costera Limitada por el Frente térmico (mIAFT).....	30
5.3.2 Índice E (Index E).....	30
5.4 FACTORES DE MANEJO.....	30
5.4.1 Viajes.....	30
5.4.2 Cuota de pesca (Q).....	30
5.5 FACTORES RELACIONADOS AL DESEMPEÑO DE LA FLOTA.....	31
5.5.1 Esfuerzo.....	31
5.5.2 CPUE.....	31
5.6 FACTORES RELACIONADOS A LA ECONOMÍA DEL RECURSO.....	31
5.6.1 Precio de la harina de pescado (\$H).....	31
5.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS.....	33
6. DISCUSIÓN.....	39
6.1 VARIABILIDAD DE LOS DESEMBARQUES.....	39
6.2 FACTORES AMBIENTALES.....	40
6.3 FACTORES DE MANEJO.....	41
6.4 FACTORES RELACIONADOS AL DESEMPEÑO DE LA FLOTA.....	43
6.5 FACTORES RELACIONADOS AL VALOR ECONÓMICO DEL RECURSO.....	44
7. CONCLUSIONES.....	47
8. PERSPECTIVAS.....	48
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49

TABLAS

Tabla 1. Cuota de pesca por temporada y su respectiva Resolución Ministerial (R.M.).....	21
Tabla 2. Correlación entre las variables y las componentes.....	34
Tabla 3. Promedio del valor de las variables en cada Clúster.....	37

FIGURAS

Figura 1. A) Ecosistemas de Afloramiento del borde Oriental (EBUEs). B) Captura de peces vs Productividad primaria de los EBUEs. (Adaptación Freón, 2009 y Chávez et al. 2008.).....	4
Figura 2. Biomasa total de anchoveta (línea sólida) y Biomasa desovante (línea cortada) para los años biológicos 1960 a 2008.....	8
Figura 3. Desembarque histórico de la pesquería de anchoveta peruana 1953-2018.....	10
Figura 4. Medidas de manejo relevantes entre los años 1992 a la actualidad.....	14
Figura 5. Esquema de la distribución espacial de los tres stocks de la anchoveta que habitan en el Gran Ecosistema de Humboldt.....	16
Figura 6. Interpretación del valor de la pendiente (b).....	18
Figura 7. Patrones de anomalías de temperatura superficial del mar asociados a valores unitarios del índice E.....	20
Figura 8. Desembarques diarios de anchoveta en la región Norte-Centro del litoral peruano de cada temporada de pesca.....	26
Figura 9. Coeficiente de variación (<i>CV</i>) de los desembarques diarios de cada temporada de pesca de la región Norte-Centro del litoral peruano.....	28
Figura 10: Valor de la Pendiente (<i>b</i>) calculada cada temporada de pesca para la región Norte-Centro del litoral peruano.....	29

Figura 11. Variables usadas para explicar la variabilidad de los desembarques diarios: (A) Área costera limitada por el Frente Térmico (mIAFT), (B) índice E, (C) Número de viajes, (D) Cuota de pesca (Q), (E) Esfuerzo, (F) Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) y (G) precio de la harina de pescado (\$H). La línea roja representa el inicio del régimen de la Cuota Individual.....	32
Figura 12. Valores de CV y b para cada temporada de pesca y eventos “El Niño” y “La Niña”.....	33
Figura 13. Variables proyectadas en el espacio de los componentes principales (Componentes 1 y 2).....	35
Figura 14. Representación de los clústeres en el espacio factorial de las componentes 1 y 2.	36
Figura 15. Caracterización de clústers representada en boxplots, donde Cluster 1: “Mayor hábitat”; Cluster 2: “Alta Competencia”, Cluster 3: “Temporadas favorables” y Cluster 4: “Temporadas complicadas”.....	38
Figura 16. Representación de posibles escenarios ambientales que determinan la variabilidad de los desembarques.....	46

1. INTRODUCCIÓN

De los cuatro sistemas de afloramiento del borde oriental (EBUS), la parte Norte del Sistema de la Corriente de Humboldt (NSCH) es el más importante en términos de producción de peces, dominada por la anchoveta peruana (*Engraulis ringens*) [1–5]. El NSCH presenta características particulares a diferencia de los otros EBUS, una de estas características es el impacto de una alta variabilidad climática que ocurre a diferentes escalas espacio-temporales, como son los procesos estacionales, interanuales, interdecadales, cambio climático, entre otros [1,3,5–8].

Uno de los eventos extremos que impacta y altera el NSCH es el que ocurre a la escala de El Niño-Oscilación Sur (ENOS) [1,5,7,9,10]. El ENOS presenta dos fases, una fase cálida llamada “El Niño” y una fase fría llamada “La Niña”. El Niño se caracteriza por un calentamiento de la capa superficial del mar a causa de una disminución del proceso de afloramiento, lo que genera una disminución de la productividad biológica de este ecosistema [11,12]. Mientras que la fase “La Niña”, se caracteriza por el descenso de la temperatura del mar [10,13]. Otra característica del NSCH es la presencia de una somera e intensa zona de mínimo oxígeno (ZMO), la cual actúa como una barrera natural de distribución vertical para los recursos pelágicos [2,6,14,15].

Todas las características descritas anteriormente permiten que en las aguas del NSCH habiten diferentes especies, como son los peces pelágicos, entre los cuales se encuentra la anchoveta peruana (*Engraulis ringens*). Este pez pelágico es muy sensible a los cambios ambientales que se dan en el NSCH (e.g. temperatura, salinidad, oxígeno, etc.), por lo cual la fluctuación de su abundancia está relacionada principalmente a la variabilidad climática (interanual y a los eventos ENOS principalmente) [5,10,16–18]. Frente a eventos cálidos como El Niño, la anchoveta experimenta cambios en su distribución (se repliega hacia la costa) y procesos biológicos, así como un decrecimiento gradual de su población [8,16,19]. Por el contrario, condiciones muy frías “La Niña”, favorecen el éxito del reclutamiento, por lo cual la anchoveta suele ser más abundante [4,19].

Cabe mencionar que la anchoveta peruana es la especie que sustenta la pesquería mono-específica más grande del mundo, debido a la magnitud de sus desembarques

[5,8,13,20,21]. Los desembarques de anchoveta están destinados en un 98% al Consumo humano indirecto (CHI), principalmente a la producción de harina de pescado [21–23]. Lo que genera la mayor contribución al PBI del sector pesquero y acuícola peruano (68%) y en el año 2017 contribuyó con el 85% de las exportaciones [23,24]. La flota pesquera autorizada para capturar anchoveta destinada al CHI son las embarcaciones industriales de acero y de madera [22,24].

En cuanto a términos de manejo esta pesquería ha pasado por diferentes regímenes a lo largo de su historia. Esto se manifestó de manera más reciente en el año 2009, con la entrada de un sistema de Cuotas individuales de captura por embarcación mediante el Decreto Legislativo No. 1084 (DL1084). Lo cual se debió a la sobre-capitalización de la flota entre los años 2004 y 2008, durante el régimen de acceso abierto a esta pesquería [24–29].

En la actualidad el Ministerio de Producción (PRODUCE) es la entidad encargada de la regulación de esta pesquería, según la DS N° 012-2001 PE. El Instituto del Mar del Perú (IMARPE) es el organismo encargado de realizar investigaciones científicas sobre el Mar peruano y sus recursos para dar recomendaciones al PRODUCE [30]. Entre los indicadores utilizados para llevar a cabo el manejo de la pesquería de la anchoveta peruana están el Esfuerzo y la Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE), ambos describen el desempeño de la flota durante las actividades de pesca [30]. El primero de ellos describe el esfuerzo desplegado por la flota en términos de tiempo y espacio. Mientras que, la CPUE puede ser interpretada como una función de la eficiencia de la flota para encontrar las agregaciones de peces y capturarlas [31].

Por otro lado, los desembarques o capturas de la pesquería son utilizados como referentes del nivel de explotación del stock y su estado, así como del estado del ecosistema [32–34]. A una escala diaria, estos son utilizados principalmente para el monitoreo de las temporadas de pesca. Por ejemplo, el monitoreo diario de los desembarques de anchoveta ha permitido regular el esfuerzo pesquero durante los periodos de sobre-capitalización de la pesquería o de ocurrencia de eventos El Niño, mediante la implementación de vedas [35–40]. Además, mediante los desembarques diarios se realiza el monitoreo de la captura de juveniles.

Sin embargo, hasta el momento no se han realizado investigaciones sobre la variación y comportamiento de los desembarques durante los distintos escenarios ambientales y de manejo, principalmente, que pueden presentar las temporadas de pesca. Situación, que, por ejemplo, en la elaboración de la Tabla de Decisión, a partir de la cual se determina la Cuota de Captura por temporada, lleva a asumir que, bajo los distintos escenarios de Cuota, las capturas serán las mismas durante todos los días que dure la temporada. Dicha asunción se realiza por simplificación; sin embargo, se trata de una hipótesis no probada. En ese sentido, es importante conocer y entender la manera en la que es tomada la cuota de pesca, ya que esto tiene un efecto sobre la biomasa del recurso, no es lo mismo que esta sea tomada de manera casi instantánea (pocos días) a que sea distribuida de manera proporcional a la duración de la temporada, ya que en el primer caso podría tener un efecto negativo en la recuperación de la biomasa del recurso [31].

Por lo descrito anteriormente, el presente trabajo tiene como principal objetivo analizar la variabilidad de los desembarques durante el desarrollo las temporadas de pesca. Además, se plantea relacionar dicha variabilidad con factores ambientales del NSCH, así como factores relacionados al manejo de la pesquería, el desempeño de la flota y el precio de la harina de pescado. Se espera que los resultados obtenidos permitan implementar medidas de manejo que se adecuen a las características de cada temporada de pesca, permitiendo que el desarrollo de estas se lleve a cabo de manera más adecuada y sustentable.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE LA CORRIENTE DE HUMBOLDT (SCH)

Los cuatro Sistemas de Afloramiento del Borde Oriental (EBUS): Benguela, Canarias, California y Humboldt, están caracterizados por ser altamente productivos, proporcionando la quinta parte de la captura mundial de peces (Error: no se encontró el origen de la referencia-A) [1,15]. Además, presentan una dinámica biológica y física muy intensa a distintas escalas espacio-temporales [41]. Entre los 4 EBUS, la parte Norte del Sistema de Corrientes de Humboldt (NSCH) se caracteriza por ser el más productivo en términos de

producción de peces (Error: no se encontró el origen de la referencia-B) [1–5]. El NSCH con tan solo el 0.1% de las aguas oceánicas es la región que produce más peces por unidad de área, por lo que en este de da alrededor del 10% de la captura mundial de peces, la cual es sustentada principalmente por la anchoveta peruana (*Engraulis ringens*) [1–6,26].

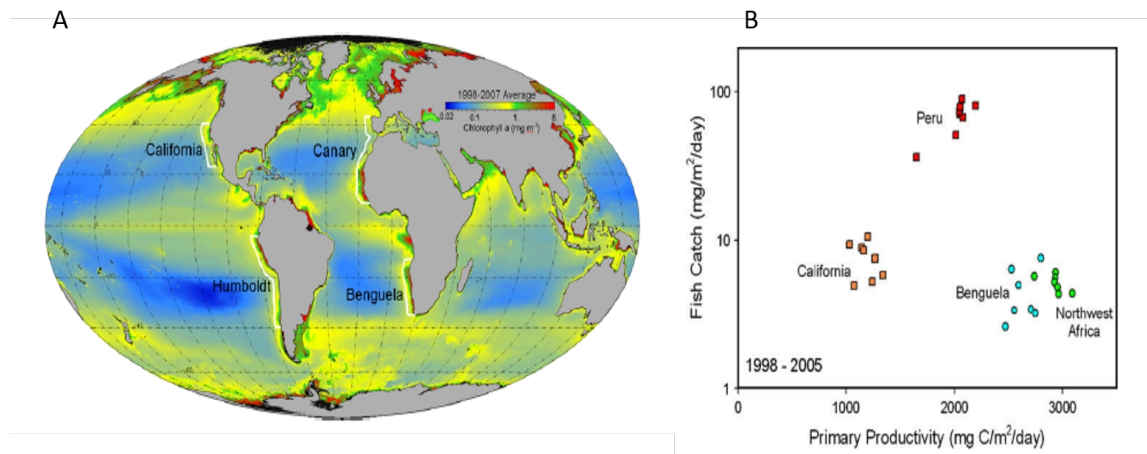


Figura 1. A) Ecosistemas de Afloramiento del borde Oriental (EBUEs). **B)** Captura de peces vs Productividad primaria de los EBUEs. (Adaptación Freón, 2009 y Chávez et al. 2008.)

Esta alta productividad se debe principalmente a la presencia de zonas de afloramiento, el cual se produce por acción de los vientos alisios y la rotación de la tierra, desplazando aguas frías y ricas en nutrientes (nitratos y fosfatos) hacia la superficie [6,9]. La acción de la luz solar sobre estas aguas llevadas a la superficie genera una alta proliferación de fitoplancton, mediante la fotosíntesis, creando así una importante cadena alimenticia [6]. Frente a Perú las principales celdas de afloramiento del SCH se ubican en el 7°, 9°, 12° y 14-16° y al igual que la intensidad de los vientos alisios, el afloramiento presenta mayor intensidad durante los inviernos [42].

Otra característica del NSCH, es la presencia de una Zona de Mínimo Oxígeno (ZMO) muy extensa y somera [1,2,6]. Las ZMOs son zonas de contenido reducido de oxígeno (<0.5 ml/l), las cuales se sitúan bajo una capa superficial surtida de oxígeno disuelto (OD), siendo la oxiclina la limitante entre estas dos zonas [4,14,43]. La baja cantidad de oxígeno en la ZMO obliga a muchas especies pelágicas a ubicarse en la capa superficial, funcionando como una limitante en su distribución vertical [1,2,14,15], mientras que la ausencia de

oxígeno en la ZMO permite que se preserven sedimentos anóxicos en el fondo marino, gracias a lo cual se tienen registros de condiciones climáticas pasadas [1,6,44].

El SCH presenta una gran variabilidad climática que se manifiesta a diferentes escalas espacio-temporales, como consecuencia de las dinámicas ecuatoriales del océano Pacífico, que se dan por el acoplamiento océano-atmosférico, como también de procesos locales, como la formación de ondas internas [2,6,43]. Uno de los eventos extremos que impacta y altera el NSCH es el que ocurre a la escala de El Niño-Oscilación Sur (ENOS), el cual se presenta en una frecuencia de 2 a 7 años y presenta una fase cálida “El Niño” y una fase fría, “La Niña” [1,5,7,9,10]. Los eventos de tipo “El Niño” tienen un mayor impacto en el ecosistema y son generados por el debilitamiento de la intensidad de los vientos alisios y el arribo de ondas cálidas provenientes del ecuador que generan un aumento de la temperatura superficial del mar [12]. El Niño suele manifestarse mediante la intromisión de aguas oceánicas cálidas, lo cual genera una profundización de la termoclina con afloramiento de aguas pobres, como consecuencia de esto se genera una disminución en la productividad biológica [11,12,16]. Mientras que su contraparte, “La Niña” se caracteriza por tener un enfriamiento de las aguas oceánicas y por una intensificación del afloramiento, generando temperaturas superficiales más frías de lo normal [4,11].

Por otro lado, a una escala inter-decadal, se identificaron dos regímenes, “El Viejo” y “La Vieja” [5,10,17]. El Viejo, se presentó entre los años 1925 a 1950 y desde 1975 hasta mediados de 1990. Este se caracterizó por presentar condiciones cálidas que fueron asociadas a la alta abundancia de sardina. Mientras que La Vieja, se presentó desde 1900 a 1925, 1950 a 1975 y probablemente después de mediados de 1990. Este régimen se caracterizó por condiciones frías y es asociado con la presencia de anchoveta [5,10,17].

2.2 ANCHOVETA PERUANA (*ENGRAULIS RINGENS*)

La anchoveta peruana (*Engraulis ringens*) es un pequeño pez pelágico de la familia Engraulidae que alcanza una talla máxima de 20 cm y una longevidad de 3 años de edad [45]. La talla media de madurez sexual ha sido estimada en 12 cm (1 año de edad) por lo cual todos los individuos menores a esta talla son considerados como juveniles [46,47]. Esta especie tiene la capacidad de desovar varias veces durante el año. Sin embargo, se ha

identificado que los principales periodos de desove ocurren durante la primavera y el verano austral. El primero de ellos sustentado principalmente por individuos adultos y de mayor tamaño, mientras que el segundo por individuos pequeños que maduran y desovan por primera vez [48,49]. El principal alimento de la anchoveta es el zooplancton, en especial eufásidos y copépodos [1,6,50,51]. Sin embargo, su comportamiento alimenticio es bastante variable ya que depende del espacio, tiempo y condiciones ambientales (e.g. TSM) [50]. A su vez, se le considera una especie clave en la cadena trófica de este ecosistema, ya que canaliza la productividad primaria hacia los niveles tróficos superiores, siendo el alimento de muchas especies de peces, aves y mamíferos marinos [13,52,53].

En relación a su hábitat, la anchoveta es un pez que se caracteriza por vivir en aguas frías con temperaturas que oscilan entre los 16°C y 23°C en verano y de 14°C a 18°C en invierno y con niveles de salinidad que pueden variar entre 34.5 y 35.5 ppm [54]. Su distribución latitudinal es continua, sin embargo, se pueden distinguir núcleos más densos en los grados 5°, 9°, 11°, 13° y 18° S [30]. En relación a la distancia a la costa, se puede encontrar anchoveta hasta las 120 mn, aunque esta posición es bastante variable, habiendo ocasiones en que su ubicación es bastante costera (especialmente durante la ocurrencia de eventos El Niño) y otras en que es bastante alejada de la costa (especialmente durante la ocurrencia de eventos La Niña) [55,56].

Verticalmente, su distribución está relacionada con ZMOs poco profundas y extensas [6], con una oxiclina por encima de los 30 m de profundidad. En algunos casos, se ha visto que la anchoveta podría llegar a habitar aguas superficiales con bajo contenido de oxígeno [15]. Este comportamiento se debe a que el zooplancton de gran tamaño, suele concentrarse en áreas con ZMOs de poca profundidad y a que la anchoveta no requiere una alta demanda de oxígeno para alimentarse de este [15,50].

Frente a eventos cálidos como El Niño, la anchoveta experimenta alteraciones en sus procesos biológicos y en su comportamiento, así como un decrecimiento gradual de sus niveles de población [16]. Durante los eventos cálidos (eventos El Niño) la anchoveta se repliega hacia la costa, formando núcleos de alta densidad y volviéndose más vulnerable a la pesca y se profundiza, debido al calentamiento de las aguas superficiales, buscando zonas más adecuadas para su subsistencia [8,16]. Además, se observa una reducción de los

niveles de la biomasa de anchoveta, así como una interrupción en su ciclo reproductivo y una disminución en la intensidad de sus desoves, a la espera de que mejoren las condiciones ambientales y pueda recuperarse [5,16]. Es importante mencionar que, durante El Niño, se ha observado que la población de anchoveta carece de ejemplares juveniles (ejemplares con tallas menores a 12 cm), siendo conformada solo por adultos, mientras que en la fase Post-Niño la población está compuesta en su mayoría por individuos juveniles [16]. Por el contrario, frente a condiciones muy frías “La Niña”, el tamaño del hábitat favorable para la anchoveta aumenta (en términos de temperatura, tamaño del plancton, etc.), lo cual favorece el éxito del reclutamiento [4,19]. Sin embargo, a pesar de que la anchoveta puede ser más abundante, se encuentra más dispersa, lo cual implica los pescadores hagan un mayor esfuerzo para su captura, ya que aumenta el tiempo de búsqueda del recurso [8,11].

En un plazo de tiempo más largo se ha observado que la anchoveta ha transitado por tres periodos de : 1) de alta biomasa con un promedio de 13,5 millones de toneladas previo a 1972); 2) de baja biomasa con un promedio de 3,5 millones de toneladas entre 1972 y 1991); y 3) de biomasa intermedia con un promedio de 6,6 millones de toneladas entre 1992 al 2008 (**Figura 2**) [33,57]. En la actualidad, la biomasa de la anchoveta promedia las 8.1 millones de t (promedio de las estimaciones acústicas de verano para el periodo 2010-2015), de las cuales más del 93% corresponde al stock Norte-Centro.

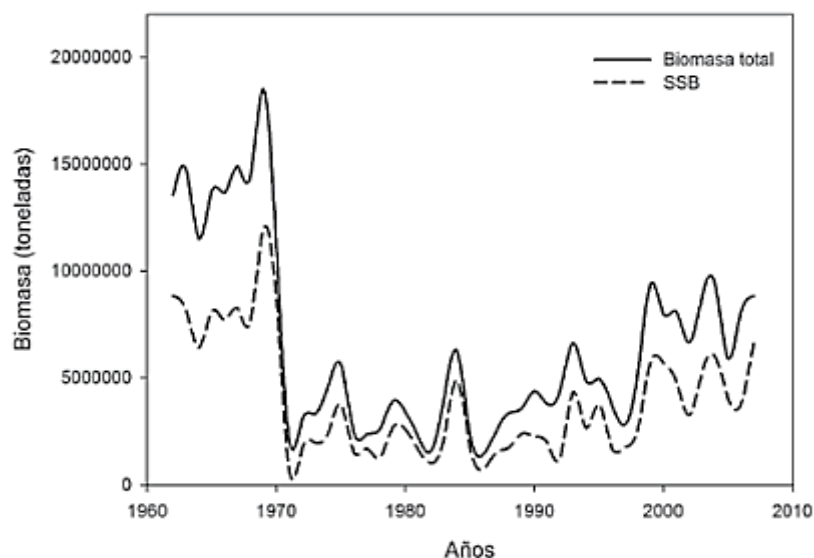


Figura 2. Biomasa total de anchoveta (línea sólida) y Biomasa desovante (línea cortada) para los años biológicos 1960 a 2008.
Fuente: Oliveros et. al (2010).

2.3 PESQUERÍA DE ANCHOVETA

Por su alta producción, la anchoveta peruana es la especie que sustenta la pesquería mono-específica más grande del mundo, debido a la magnitud de sus desembarques [20]. Además, contribuye al 78% de los desembarques nominales peruanos [23]. Esta pesquería mono-específica está destinada a dos rubros, el de Consumo Humano Directo (CHD), al que se destinan aproximadamente el 3% de los desembarques [22,58] y el de Consumo Humano Indirecto (CHI), al que se destinan más del 98% de los desembarques [21,22]. La anchoveta destinada para CHI genera la mayor contribución al PBI del sector pesquero y acuícola peruano (68%) [24] y en el año 2017 produjo exportaciones que alcanzaron los 1,611 millones de dólares americanos, siendo la harina de pescado la que contribuyó con el 85% [23].

2.3.1 Evolución de la pesquería

Con más de 60 años de historia, la pesquería de la anchoveta ha transitado por diferentes fases de desarrollo que son: Fase de exploración (1950-1953), 2) Crecimiento (1954-1964), 3) Fase de plena y sobre-explotación (1964-1971), 4) Fase de Colapso (1972-1991) y 5)

Fase de recuperación (1992-actualidad) [30]. Previo al año 1954, la principal industria de pesquera peruana estaba dirigida a la comercialización de atún a manera de conservas y paralelamente, existían fábricas de reducción para la elaboración de harina de pescado a partir de los desechos provenientes de la elaboración de conservas. Sin embargo, cuando las conservas de atún dejaron de tener demanda, se comenzó a comprar anchoveta para la elaboración de harina de pescado con el propósito de reducir pérdidas. Es así que, en el año 1953, el desembarque de anchoveta alcanzó las 37 mil toneladas y se mostró como el insumo ideal para la elaboración de harina de pescado [30]. Debido a esto, en el año 1954 se empezó a promover el desarrollo de la industria de la harina de pescado, la cual fue principalmente sustentada por la anchoveta [30]. Por tal razón esta actividad, se volvió lo suficientemente rentable para subsistir sola, alentada, además, por una fuerte demanda global [30].

Durante los siguientes años se observó un crecimiento exponencial de la pesquería, cuyo desembarque pasó de 59 mil toneladas en 1955 a 6.6 millones de toneladas en 1963. Para este entonces, Perú ya se posicionaba como el primer productor mundial de harina de pescado [30]. Entre 1964 y el siguiente año se realizaron las primeras evaluaciones de recurso a cargo del IMARPE y se concluyó que los desembarques ya se encontraban muy cercanos al Máximo Rendimiento Sostenible (MRS) (7.5 millones de toneladas) y que la capacidad de la flota ya era suficiente para alcanzar el MRS [30]. Sin embargo, entre 1964 y 1970, los desembarques se incrementaron de 8.9 hasta 12.3 millones de toneladas, siendo esta última la cifra, el desembarque más alto que se registró para un recurso pesquero marino a nivel mundial [20].

En el año 1972, debido al desarrollo de un evento “El Niño” de alta intensidad, sumado a las altas tasas de captura de individuos adultos y el reclutamiento más débil que se había registrado, la abundancia del recurso se redujo a niveles nunca antes observados y en este año el desembarque de anchoveta fue de 4.4 millones de toneladas [6,26,30]. En 1973, el gobierno frente a esta situación redujo el número de barcos y fabricas a la mitad. Sin embargo, los siguientes años se observó la continua reducción de la abundancia de anchoveta, hasta que 1984 se registraron 23 mil toneladas de desembarque y solo había 373 barcos operando. Luego de ello, la anchoveta y su pesquería comenzaron a mostrar señales

de una recuperación lenta. En términos generales, entre 1972 y 1992, el promedio de desembarques fue de 2.2 millones de toneladas [30].

A partir de 1993, con un desembarque de 7 millones de toneladas se volvió evidente la recuperación de la anchoveta y su pesquería [30,33]. Desde entonces los desembarques anuales han promediado entre 6 y 10 millones de toneladas [26] y son coincidentes con las cuotas recomendadas por el IMARPE. Sin embargo, sucedió lo contrario con el tamaño de la flota, la cual volvió a incrementarse de manera importante hasta superar los niveles de sostenibilidad, la cual paso de 386 a inicios de la fase de recuperación a 1200 en 1998 [30]. Lo que llevó a que entre el 2004 y 2008 el número de días de pesca anuales se redujeran a 50 y que aumente el nivel de desembarques diarios, debido a la gran cantidad de barcos operando y tratando de obtener la mayor porción de cuota de captura posible. Situación que se vio revertida en el año 2009 con la entrada de un sistema de cuotas individuales de captura por Embarcación a través del Decreto Legislativo No. 1084 (DL1084) [27–30]. Además, se ha observado que durante la fase de recuperación el precio de la harina de pescado ha presentado importantes aumentos, el más importante de ellos se ha dado entre el periodo del 2005 hasta la actualidad, pasando de \$650 US la tonelada a \$1600 en el 2018 [59].

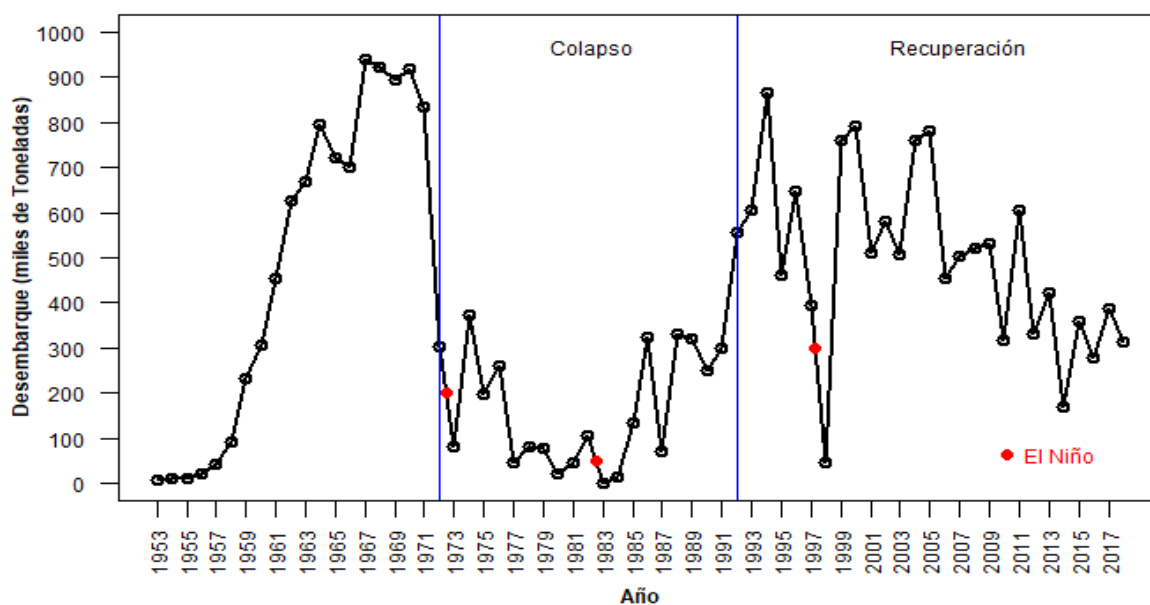


Figura 3. Desembarque histórico de la pesquería de anchoveta peruana 1953-2018. Fuente de datos: IMARPE, 2019

2.3.2 Caracterización de la Flota pesquera de Anchoveta

En relación a la flota que conforma esta pesquería, hasta el año 1997 la flota Industrial de Acero era la única autorizada a realizar la extracción de anchoveta, sin embargo, a partir del año 1998 el Estado incorporó otros tipos de embarcación con el propósito de formalizar sus actividades y diversificar el destino de las capturas [24,30]. En la actualidad, la anchoveta es capturada por cuatro tipos de flota: La Flota Industrial de Cerco, compuesta por embarcaciones de acero y de madera, las cuales son las únicas que puede capturar anchoveta para CHI y embarcaciones de Menor Escala y Artesanales, las cuales destinan sus capturas al CHD [24,30].

La Flota Industrial de Acero está compuesta por alrededor de 400 embarcaciones con una capacidad de bodega que fluctúa entre 110 y 898 m³. La capacidad de bodega acumulada de esta flota es de 130 mil m³ y aporta con más del 80% de los desembarques, los cuales son destinados para la producción de harina y aceite de pescado. Por otro lado, la flota industrial de madera está compuesta embarcaciones cuya capacidad de bodega fluctúa entre 32.6 y 110 m³. Esta flota fue inicialmente construida para destinar sus capturas al CHD, sin embargo, con el tiempo termino orientando su esfuerzo al CHI. Dicha situación llevó a que, en 1998, el Estado incorporará esta flota a la pesquería de anchoveta [24]. En la actualidad, esta flota cuenta con más de 500 embarcaciones, cuya capacidad de bodega acumulada es de 33 mil m³ y aportan el 17% de los desembarques, los cuales también están también destinados al CHI [24,30]. Las flotas de Menor escala y Artesanal, aportan con un total del 3% a los desembarques de anchoveta. La Flota de Menor Escala tiene una capacidad de bodega entre 10 y 32.5 m³ y aporta el 2% del desembarque, cuyo destino es para el CHD. Mientras que, la Flota Artesanal presenta un tamaño de bodega menor a 10 m³ y aporta con el 1% del desembarque de anchoveta, el cual también es destinado al CHD [30].

2.3.3 Manejo de la pesquería

A lo largo de su historia la pesquería de la anchoveta peruana se ha enmarcado en dos tipos de instrumentos legales: una legislación primaria y un conjunto de regulaciones secundarias. La legislación primaria es la Ley General de Pesca, bajo la cual se enmarca toda la actividad pesquera del Perú [30]. Dicha ley define aspectos importantes como: la

propiedad de los recursos marinos, el rol de las pesquerías para la sociedad, el rol del estado en el desarrollo y manejo de las pesquerías, los derechos de uso de los recursos y el rol del organismo rector [30]. En el Perú, desde 1971 a la actualidad se han promulgado tres Leyes Generales del Pesca (Decreto Ley N° 18810 del 25 de marzo de 1971, Ley N° 24790 del 04 de enero de 1988 y Decreto Ley N° 25977 del 21 de diciembre de 1992), las cuales presentan similares estructuras con cambios menores. La actual Ley General de Pesca se caracteriza por su enfoque neoliberal y por enfatizar la aplicación de políticas de libre mercado [24,26,30].

Por otro lado, las regulaciones secundarias están destinadas a normar aspectos específicos de la pesquería de la anchoveta como el tamaño de las capturas y el sistema de acceso a ellas, el esfuerzo pesquero y del procesamiento, el respeto a los aspectos reproductivos, la protección de los individuos juveniles y la protección del ecosistema [30].

El manejo de la pesquería está a cargo del Estado para lo cual cuenta con un organismo rector que a su vez recibe recomendaciones de un organismo científico asesor [30]. En este caso, la entidad encargada de la administración y control de esta pesquería es el Vice-Ministro de Pesquería que es parte del Ministerio de la producción (PRODUCE) según el DS N°012-2001 PE. Mientras que, la entidad científica encargada de hacer las investigaciones del mar peruano y sus recursos con el propósito de asesorar al Estado sobre el uso de estos recursos y la conservación de su ecosistema es el Instituto del Mar del Perú (IMARPE).

Para el manejo pesquero en el Perú se considera que la anchoveta se encuentra distribuida a manera de dos stocks: 1) el Stock Norte-Centro del Perú, que ocupa desde el 5°S (Paita) hasta el 15°S (San Juan de Marcona); 2) el Stock Sur Perú-Norte de Chile, que ocupa desde el 16°S (Chala) hasta el 27°S (San Antonio); [3,60]. El manejo de esta pesquería se realiza por separado para el stock norte-centro y el stock sur. En la actualidad se cuentan con diferentes medidas de control para el desarrollo de las actividades pesqueras, así como con medidas de conservación para la anchoveta y especies asociadas [61].

Las Áreas exclusivas de pesca de la flota artesanal y de la flota de menor escala fueron establecidas mediante el Decreto Supremo No. 017-92-PE, el cual declaró la zona adyacente a la costa comprendida entre las 0 y las 5 millas marinas, como una zona de

protección de la biodiversidad, prohibiendo la pesca con redes de cerco en esta área. Luego, el Decreto Supremo No. 012-95-PE establece que dicha zona se encuentra reservada solo para la pesca artesanal. Diecisiete años más tarde, la dación del Decreto Supremo No. 005-2012-PRODUCE (y un año después el Decreto Supremo No. 011-2013-PRODUCE) establece que la zona comprendida entre las 0 y las 10 millas marinas desde la costa es un área de reserva para el consumo humano directo del recurso anchoveta. Como resultado de ello, la flota artesanal de cerco anchovetera tienen acceso exclusivo a la franja entre las 0-5 millas náuticas desde la costa. La flota de menor escala puede operar desde el límite de la zona exclusiva de la pesca artesanal hasta las 200 millas náuticas desde la costa y la flota de mayor escala (la flota industrial) puede capturar anchoveta sólo a partir de la décima milla náutica desde la costa [24].

Por otro lado, luego del colapso de la pesquería en los años 1970-1990 y 1997-1998 a causa del El Niño y la sobrepesca, el tamaño de la flota siguió aumentando debido al régimen de acceso abierto a esta pesquería, lo que generó la sobre-capitalización de la flota. Llevando a que entre el año 2004 y 2008 hubo alrededor de 1200 embarcaciones operando a la vez. Esto generó el crecimiento de las capturas diarias, la reducción de la duración de las temporadas de pesca a 50 días al año y el incremento de la capacidad de procesamiento de anchoveta en tierra [27–29]. Dicha situación se denominó coloquialmente “*Carrera Olímpica*”. Como consecuencia de la sobre-capitalización de la flota se vio necesario realizar un cambio de régimen en la pesquería industrial del stock norte-centro, donde se pasó de un sistema de acceso abierto a un sistema de manejo basado en los derechos individuales de captura [24]. Este cambio de régimen se dio mediante la promulgación del Decreto Legislativo No. 1084 (DL1084) en el año 2008 [27–30]. El DL1084 permite que los titulares de permisos de pesca de anchoveta con fines de CHI obtengan una cuota individual de captura asociada a su embarcación para cada temporada de pesca, la cual se denomina: *Límite Máximo de Captura por Embarcación* (LMCE) [24].

Otras de las reglamentaciones más importantes para esta pesquería en los últimos años es el establecimiento de las *temporadas de pesca*, periodos en los cuales se permite la captura de anchoveta hasta la completar la cuota de captura, la cual se calcula previamente en base a la biomasa del recurso. Dicha reglamentación se dictaminó mediante el DS N° 021-2008-

PRODUCE. Para la pesquería del stock norte-centro se presentan dos temporadas de pesca anuales, la primera temporada o de otoño, se lleva a cabo entre los meses de abril a julio y la segunda o de primavera, que se lleva a cabo entre los meses de noviembre a enero. Alternando ambas con periodos de veda durante el verano e invierno para proteger el desove y reclutamiento de la anchoveta, respectivamente. Durante las vedas se prohíbe la extracción, el desembarque, así como el procesamiento de anchoveta [61]. Además, existen vedas destinadas a la protección de individuos juveniles, las cuales se ejecutan cuando por más de 3 días consecutivos el 10% de la captura total está compuesta por ejemplares juveniles. Dichas vedas se dan por periodos cortos de tiempo (3 a 15 días) y en áreas delimitadas pequeñas (RM N° 209-2001-PE). En la **Figura 4** se muestra un resumen de las medidas de manejo más relevantes descritas anteriormente.

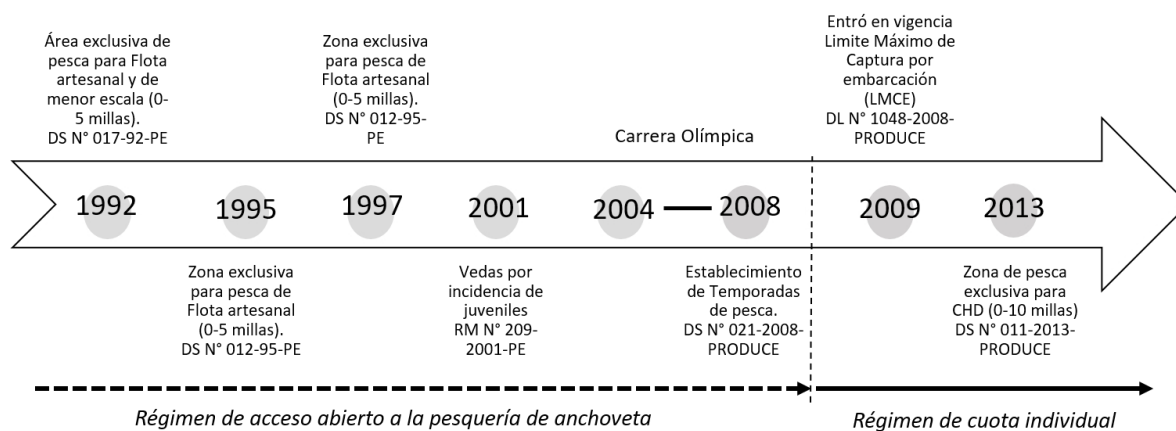


Figura 4. Medidas de manejo relevantes entre los años 1992 a la actualidad.

3. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

3.1 HIPÓTESIS

La variabilidad interanual de los desembarques en la pesquería del Stock Norte-Centro de la anchoveta peruana (*Engraulis ringens*) está fuertemente impactada por factores ambientales relacionados con la ocurrencia de eventos ENOS, así como por factores relacionados a las medidas de manejo en esta pesquería. Además, el desempeño de la flota

(en términos de esfuerzo y eficiencia) y los cambios en el valor económico del recurso (precio de la harina de pescado) también impactan dicha variabilidad.

3.2 OBJETIVO GENERAL

Analizar la variabilidad interanual de los desembarques dentro de las temporadas de pesca en la pesquería industrial del Stock Norte-Centro de la anchoveta peruana (*Engraulis ringens*) y determinar el impacto de los factores ambientales, relacionados con la ocurrencia de eventos extremos ENOS y el tamaño del hábitat de la anchoveta; además evaluar si las medidas de manejo en esta pesquería relacionadas con el tamaño de la flota y las cuotas de pesca también impactan dicha la variabilidad; asimismo evaluar el efecto de variables relacionadas el desempeño de la flota relacionados con el esfuerzo y eficiencia, y el valor económico del recurso relacionado con el precio de la harina de pescado, sobre la variabilidad de los desembarques.

3.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Cuantificar el nivel de variabilidad de los desembarques por temporada de pesca, mediante el uso del coeficiente variación (CV) y el cálculo de la pendiente de los desembarques (b).
- Determinar el impacto de los factores ambientales como el tamaño del hábitat del recurso (mIAFT) y la ocurrencia de eventos ENOS (Índice E) n la variabilidad de los desembarques, mediante análisis de Componentes principales y Clúster jerárquico.
- Determinar el impacto de factores relacionados al manejo de esta pesquería, como el tamaño de la flota y las cuotas de pesca en la variabilidad de los desembarques, mediante análisis de Componentes principales y Clúster jerárquico.
- Determinar el impacto de factores relacionados al desempeño de la flota, como el esfuerzo pesquero y la CPUE en la variabilidad de los desembarques, mediante análisis de Componentes principales y Clúster jerárquico.
- Determinar el impacto de factores relacionados al valor económico del recurso, como el precio de la harina de pescado en la variabilidad de los desembarques, mediante análisis de Componentes principales y Clúster jerárquico.

4. MATERIALES Y MÉTODO

4.1 ÁREA Y PERIODO DE ESTUDIO

El estudio comprendió el área ocupada por el Stock Norte-Centro de la anchoveta, desde aproximadamente los 4° a 15°59'S y desde la línea de la costa hasta las ~100 millas náuticas (mn) (**Figura 5**). El periodo de estudio abarcó los periodos comprendidos entre los años 2000 - 2018.

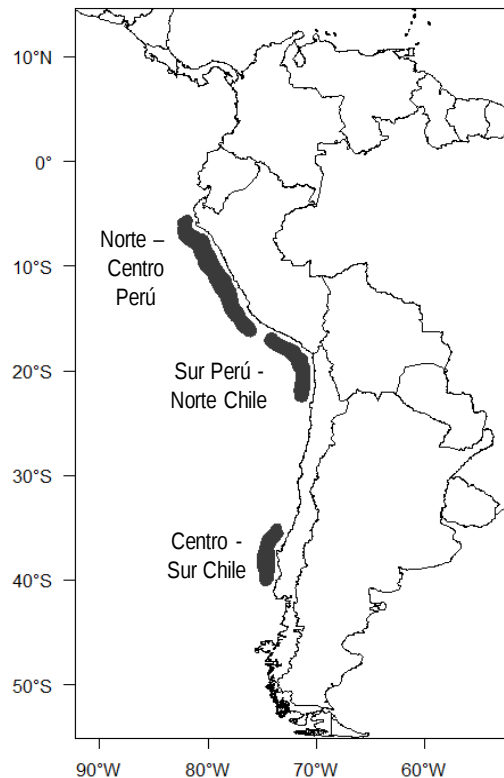


Figura 5. Esquema de la distribución espacial de los tres stocks de la anchoveta que habitan en el Gran Ecosistema de Humboldt. (Fuente: Adaptación: Cubillos *et al.* (2007)).

4.2 DISEÑO DEL ESTUDIO

4.2.1 Base de datos

En el presente estudio se utilizó información proveniente de los reportes diarios elaborados por el “Programa de Seguimiento de las Pesquería de Recursos Pelágicos” del Instituto del Mar del Perú (IMARPE). Esta información recolectada está referida a los desembarques por barco y el esfuerzo pesquero, las tallas y especies desembarcadas. El nivel de cobertura

referida a los desembarques por barco y el esfuerzo pesquero abarca el 100% y la recolección de información se realiza con una frecuencia diaria [30].

En este caso, se utilizaron los desembarques diarios totales de la Flota Industrial de cerco en conjunto (Acero y Madera) para la zona Norte-Centro. El periodo de estudio comprendió entre el 1 de enero del 2000 hasta el 17 de julio del 2018, lo que abarcó un total de 36 temporadas de pesca, desde la temporada 2000_I hasta la temporada 2018_I. Esta información fue proporcionada por el Área Funcional de Dinámica Poblacional y Evaluación de Recursos Pelágicos (AFDPERP) del IMARPE.

Con esta información, se procedió a realizar una descripción general de las temporadas de pesca, para ello las temporadas fueron agrupadas en base a características generales de cada temporada de pesca como la magnitud de los desembarques diarios de las temporadas, la duración de las temporadas y las vedas dentro de estas.

4.2.2 Variabilidad de los desembarques

Para cuantificar y describir la variabilidad de los desembarques diarios por temporada se desarrollaron dos variables, el **Coefficiente de Variación (CV)** y la **pendiente (b)** de los desembarques diarios [62].

4.2.2.1 Coeficiente de Variación (CV)

Para cuantificar el nivel de variabilidad de los desembarques diarios por temporada de pesca, se calculó el Coeficiente de Variación (CV) (**Ecuación 1**). No se consideraron los datos correspondientes a los días festivos (día del pescador, Navidad, Año Nuevo), cuyo valor es cero y los días en que la pesquería fue cerrada (vedas).

$$CV_i = \frac{\sigma_i}{\mu_i} * 100 \dots (Ec .1)$$

Donde:

CV_i es el Coeficiente de Variación de los desembarques en la temporada i

σ_i es la desviación estándar de los desembarques en la temporada i .

y μ_i es la media aritmética de los desembarques en la temporada i .

Dado que el CV es una medida de dispersión relativa (que no tiene en cuenta la dimensión de las variables sino la proporción existente entre una medida de tendencia y la desviación estándar) [62] también fue utilizado para comparar la variabilidad de los desembarques diarios entre las distintas temporadas de pesca. En ese sentido, se procedió a representar gráficamente, a manera de serie temporal, los CV estimados para cada temporada.

4.2.2.2 Pendiente de los desembarques diarios (b)

Para caracterizar la dinámica de los desembarques dentro de una temporada es necesario conocer si a medida que transcurre la temporada estos desembarques aumentan, se mantienen constantes o disminuyen, es por ello que esta variable hace referencia al comportamiento de los desembarques. Este comportamiento fue representado por la tendencia de los desembarques a lo largo de cada temporada de pesca, la cual se obtuvo mediante el cálculo de la pendiente de los desembarques diarios. Para el cálculo de la pendiente, se ajustó un modelo lineal a los desembarques por temporada de pesca y se extrajo la constante " b ".

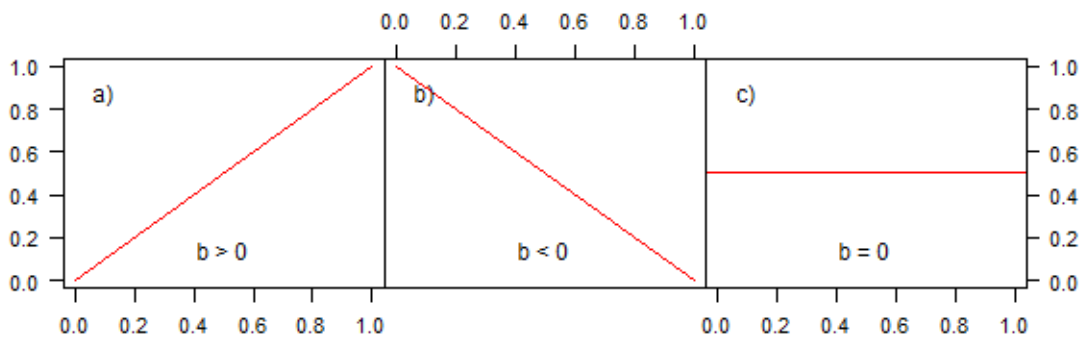


Figura 6. Interpretación del valor de la pendiente (b)

Donde:

- $b < 0$, representa una tendencia negativa (la magnitud de los desembarques fue disminuyendo conforme transcurrían los días de la temporada) (**Figura 6-a**).
- $b > 0$, representa una tendencia positiva (la magnitud de los desembarques fue aumentando conforme se desarrolló la temporada) (**Figura 6-b**).
- $b = 0$, representa una tendencia similar (la magnitud de los desembarques fue similar durante todos los días que duró la temporada) (**Figura 6-c**).

Para el ajuste del modelo se utilizó la función *lm* del software *R* (versión 3.5.2) donde la variable dependiente, *Y*, fueron los desembarques diarios y la variable independiente, *X*, fueron los días de duración de la temporada. Adicionalmente se procedió a graficar a manera de línea de tiempo el valor de la pendiente de cada temporada de pesca, así como los desembarques diarios de cada una de estas con su respectiva línea del modelo ajustado.

Con el propósito de determinar qué factores estarían controlando la variabilidad de los desembarques dentro de las temporadas de pesca, se identificaron otras variables que podrían estar vinculadas al desarrollo de las temporadas y se buscó relacionarlas con el *CV* y la pendiente (*b*), mediante dos análisis multivariados. Se calculó el valor de cada variable por temporada de pesca y se realizó un gráfico de cada una de estas a lo largo del periodo de estudio, considerando una división entre el periodo de régimen de manejo de acceso abierto a la pesquería y el régimen de cuotas individuales que se aplica desde el año 2009 a la actualidad. Las variables se describen a continuación.

4.2.3 Factores ambientales

Las variables relacionadas con el ambiente donde se desarrolla la anchoveta fueron el Área costera limitada por el frente térmico y el Índice E.

4.2.3.1 Área costera limitada por frente térmico o tamaño de habitat (mIAFT)

Esta variable hace referencia al área potencial de disponibilidad de anchoveta. La información utilizada para su obtención provino de un indicador desarrollado en el Laboratorio de Modelado Oceanográfico Ecosistémico y de cambio de Climático (LMOECC) del IMARPE a partir de datos de TSM satelital con 1km de resolución nivel 4 (Multiscale UltraHigh Resolution MUR, JPL-NASA). Este indicador es la distancia entre la costa y el frente térmico (km), la cual se asocia con la expansión o repliegue de las aguas del afloramiento costero.

La obtención de esta variable consistió en el cálculo del área del polígono formado por la unión de los puntos correspondientes a la línea costera y el frente térmico a lo largo del litoral, entre los grados 4°S y 16°S (250 puntos), para cada día de cada temporada de pesca y posteriormente se calculó el promedio de estas áreas por temporada. Para formar el

polígono se utilizaron las funciones *Polygon* y *SpatialPolygons* del paquete “sp” del software *R* (versión 3.5.2) y para el cálculo del área de este, la función *area* del paquete “raster” del mencionado software, la cual fue expresada en km².

4.2.3.2 Índice E (Index E)

Esta variable hace referencia a las condiciones océano-climáticas de gran escala que se dieron durante cada temporada de pesca. El Índice E resume la variabilidad asociada a El Niño y La Niña, representando el calentamiento superficial anómalo en el Pacífico este, el cual está asociado la zona costera del Perú (**Figura 7**) [63]. Para el presente análisis se obtuvieron valores para cada temporada, calculando el promedio de los valores mensuales del Índice E durante los que se desarrollaron cada temporada de pesca.

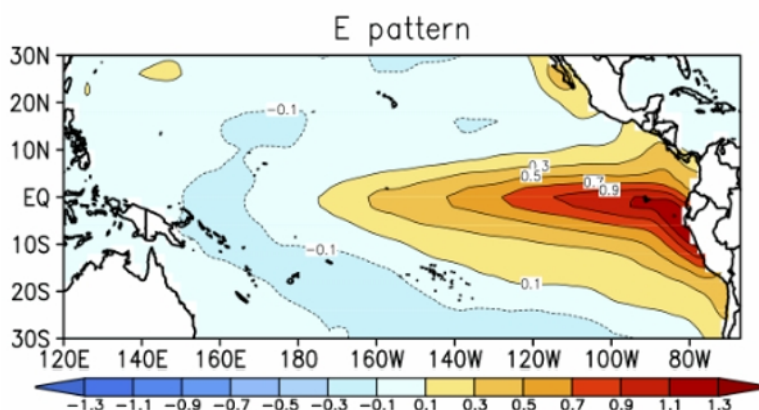


Figura 7. Patrones de anomalías de temperatura superficial del mar asociados a valores unitarios del índice E.

Fuente: Adaptación Takahashi *et al.* (2011).

4.2.4 Factores de manejo

Las variables que se utilizaron para hacer referencia al manejo de la pesquería fueron el número de embarcaciones en actividad durante las temporadas, el cual fue representado por la cantidad de viajes diarios realizados y las cuotas de pesca por temporada.

4.2.4.1 Viajes (Tamaño de la flota)

La información del número de viajes provino del “Programa de Seguimiento de las Pesquería de Recursos Pelágicos” del Instituto del Mar del Perú (IMARPE) y fue proporcionada por el Área Funcional de Dinámica Poblacional y Evaluación de Recursos Pelágicos (AFDPERP) del mismo. Para la obtención de esta variable cada embarcación en

actividad fue considerada un viaje. Se calculó el promedio diario de embarcaciones en actividad diaria por cada temporada de pesca.

4.2.4.2 Cuota de pesca (Q)

Los valores de las cuotas de pesca provinieron de las Resoluciones Ministeriales publicadas en la página web del Ministerio de la Producción (PRODUCE) (**Tabla 1**). Se utilizó el valor de cuota de pesca correspondiente a cada temporada en estudio.

Tabla 1.
Cuota de pesca por temporada y su respectiva Resolución Ministerial (R.M.)

Temporada	R.M	Cuota (millones T)	Temporada	R.M	Cuota (millones T)
2000_I	R.M. 074-2000PE	3	2009_I	R.M. 137-2009-PRODUCE	3,5
2000_II	R.M. 266-2000PE	2	2009_II	R.M. 446-2009-PRODUCE	2
2001_I	R.M. 075-2001PE	3	2010_I	R.M. 100-2010-PRODUCE	2,5
2001_II	R.M. 349-2001PE	3,5	2010_II	R.M. 279-2010-PRODUCE	2,07
2002_I	R.M.198-2002PE	5	2011_I	R.M. 105-2011-PRODUCE	3,675
2002_II	R.M.149-2002-PRODUCE	2,5	2011_II	R.M. 303-2011-PRODUCE	2,5
2003_I	R.M.135-2003-PRODUCE	4,5	2012_I	R.M. 162-2012-PRODUCE	2,7
2003_II	R.M. 371-2003-PRODUCE	2,5	2012_II	R.M. 457-2012-PRODUCE	0,810
2004_I	R.M. 135-2004-PRODUCE	3	2013_I	R.M. 148-2013-PRODUCE	2,05
2004_II	R.M. 378-2004-PRODUCE	2	2013_II	R.M. 300-2013-PRODUCE	2.304
2005_I	R.M. 087-2005-PRODUCE	3	2014_I	R.M. 109-2014-PRODUCE	2,53
2005_II	R.M. 304-2005-PRODUCE	2,3	2015_I	R.M. 098-2015-PRODUCE	2,58
2006_I	R.M. 078-2006-PRODUCE	3	2015_II	R.M. 369-2015-PRODUCE	1,11
2006_II	R.M. 287-2006-PRODUCE	2	2016_I	R.M. 228-2016-PRODUCE	1,8
2007_I	R.M. 095-2007-PRODUCE	3	2016_II	R.M. 440-2016-PRODUCE	2
2007_II	R.M.327-2007-PRODUCE	2	2017_I	R.M. 173-2017-PRODUCE	2,8
2008_I	R.M. 434-2008-PRODUCE	3	2017_II	R.M. 560-2017-PRODUCE	1,49
2008_II	R.M. 769-2008-PRODUCE	3,5	2018_I	R.M. 142-2018-PRODUCE	3,316

4.2.5 Factores relacionados al desempeño de la flota

Las variables relacionadas con el desempeño de la flota durante cada temporada de pesca fueron el Esfuerzo y la Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE). Para ambos casos la información utilizada provino del Programa de Bitácoras de Pesca del IMARPE (PBP) [64] y fue proporcionada por el Área Funcional de Dinámica Poblacional y Evaluación de Recursos Pelágicos (AFDPERP) del IMARPE.

4.2.5.1 Esfuerzo

El esfuerzo en la temporada fue cuantificado mediante la duración del viaje en horas. Esto fue obtenido calculando el promedio de los esfuerzos (horas) de cada embarcación observada a lo largo de la temporada (Fuente: IMARPE).

$$Esfuerzo_i = \frac{1}{n} * \sum_j dv_j \dots (Ec .2)$$

Donde:

$Esfuerzo_i$ es el promedio del esfuerzo en la temporada i

dv_j duración de los viajes de cada embarcación j en la temporada i

n es el número de embarcaciones por cada temporada i

4.2.5.2 CPUE

La Captura por Unidad de Esfuerzo, en este caso, está representando la eficiencia de la flota por cada temporada de pesca y su cálculo está representado como:

$$CPUE_i = \frac{1}{n} * \sum_j \left(\frac{\frac{c_j}{cb_j} * 1}{esfuerzo_j} \right) \dots (Ec .3)$$

Donde:

$CPUE_i$ es la Captura por Unidad de Esfuerzo en la temporada i

c_j es la captura cada embarcación j en la temporada i

cb_j es la capacidad bodega por embarcación j en la temporada i

$esfuerzo_j$ es el esfuerzo desplegado por embarcación j en la temporada i

n es el número de embarcaciones por cada temporada i

4.2.6 Factores relacionados a la economía del recurso

Finalmente se utilizó el precio de la harina de pescado como un referente al valor del recurso pesquero en las temporadas de pesca, ya que aproximadamente el 100% de la pesca de anchoveta de la flota industrial es destinada para la elaboración de la Harina de pescado.

4.2.6.1 Precio de la harina de pescado

Esta variable hace referencia al valor económico del recurso. Para la obtención de esta variable se consideró utilizar el valor del precio de la harina de pescado que se publicó dos meses antes del inicio de las temporadas de pesca en la página web Indexmundi [59]. Esto se determinó debido a que el precio de la harina de pescado en base al cual se desarrollan las actividades de pesca es fijado uno o dos meses antes del inicio de las temporadas.

Además, debido a que la pesquería de anchoveta es afectada por episodios de calentamientos como es el caso de los eventos “El Niño” o su contraparte, “La Niña”, se vio conveniente realizar una figura donde se presenten los valores del CV y de b de las temporadas en estudio, resaltando si se presentaron eventos “El Niño” y “La Niña”. Además se hizo una división con respecto a los dos regímenes de manejo durante el periodo de estudio (**Figura 12**). La información sobre el desarrollo de eventos “El Niño” y “La Niña” se obtuvo a partir de los valores del Índice E utilizado, así como de informes realizados por el IMARPE, los cuales provinieron de cruceros de evaluación previos al inicio de las temporadas de pesca, así como de reportes del estado de la pesquería durante y después el desarrollo de las temporadas [65–70][71].

Por otro lado, se tomó en cuenta información sobre la alta incidencia de juveniles que presentaron algunas temporadas de pesca, si bien esto no entro en los análisis estadísticos, sirvió para la discusión de los resultados obtenidos. Dicha información provino de Resoluciones Ministeriales de PRODUCE, así como de informes de monitoreo de la pesquería del IMARPE [72–77].

4.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

En primer lugar, se examinaron las posibles relaciones entre las variables a través de un análisis de correlación de Pearson.

Análisis Multivariado

Para determinar grupos de temporadas a partir de las variables descritas previamente y entender mejor la relación entre estas, se utilizaron dos técnicas multivariadas, un Análisis de Componentes Principales (ACP) y posteriormente un Clúster jerárquico.

El ACP sirvió para ver la relación entre las variables y se realizó mediante la función *PCA* del software *R* (versión 3.5.2). Es importante mencionar que, con el propósito de minimizar el efecto de las magnitudes de cada variable en el proceso de clasificación, estas fueron previamente estandarizadas con el parámetro *scale.unit* de la función *PCA* [78]. Los valores iniciales de las variables se pueden observar en la **Tabla A-1**.

Posteriormente se generaron los grupos de temporadas mediante el análisis clúster jerárquico a partir de las nuevas variables obtenidas con el ACP, utilizando la función *HCPC* del software *R* (versión 3.5.2) [78]. Una vez que se obtuvieron los grupos, se realizaron boxplots para cada una de las variables analizadas, con el fin de comparar los valores de cada una de estas por cada grupo, de esta manera se pudo realizar una mejor descripción de los resultados.

5. RESULTADOS

5.1 DESEMBARQUES

Como se observa en la **Figura 8** los desembarques diarios de cada temporada para el periodo en estudio son variables. Estos desembarques tienen una alta variabilidad dentro de cada temporada y entre temporadas. Entre temporadas, se observan diferencias en el número de días que dura cada una de ellas. Además, en algunos casos se observa que no hubo pesca por periodos de dos o tres semanas aproximadamente dentro de las temporadas, lo que corresponde a periodos de veda (ej. Temporada 2006_I). Otro resultado interesante se observa en las altas diferencias de magnitud de los desembarques diarios de cada temporada; en algunos casos son mínimas (ej. temporada 2012_II, con desembarques

diarios menores a 50 mil T), que en general presenta desembarques bajos y en otras muy altas (ej. temporada 2007_II, con desembarques diarios de casi 150 mil T).

De acuerdo a las características mencionadas anteriormente (magnitud de los desembarques, duración y vedas) se formaron cuatro grupos de temporadas. Un primer grupo de temporadas presentan muchos días de duración (mayor a 100 días) y desembarques diarios muy variables, con magnitudes entre 50 y 100 mil T en la mayoría de casos; por lo general estas temporadas se ubican entre los años 2000 y 2004. Un segundo grupo de temporadas presentan pocos días de duración (menor a 50 días) y dos o tres semanas de veda dentro de estas, generando una división del desembarque total en dos o tres grupos; además sus desembarques diarios presentan las magnitudes más altas dentro del periodo de estudio (alrededor de 150 mil T, el valor más alto) y poca diferenciación entre estos, estas temporadas se ubican entre los años 2005 y 2008, principalmente. A partir del año 2009 hacia el 2018, se presenta un tercer grupo con temporadas de regular duración (mayor a 90 días) y desembarques de alta magnitud (100 mil T aprox.) al inicio de la temporada, pero que van disminuyendo progresivamente conforme avanzan los días hasta ser casi nulos. Además, dentro de este período parece haber un cuarto grupo de temporadas que presentan pocos días de duración (60 días aprox.) y desembarques diarios de baja magnitud (menores de 60 mil T) y muy irregulares durante todo el desarrollo de estas, donde inclusive se observan periodos de veda (ej. 2010_II).

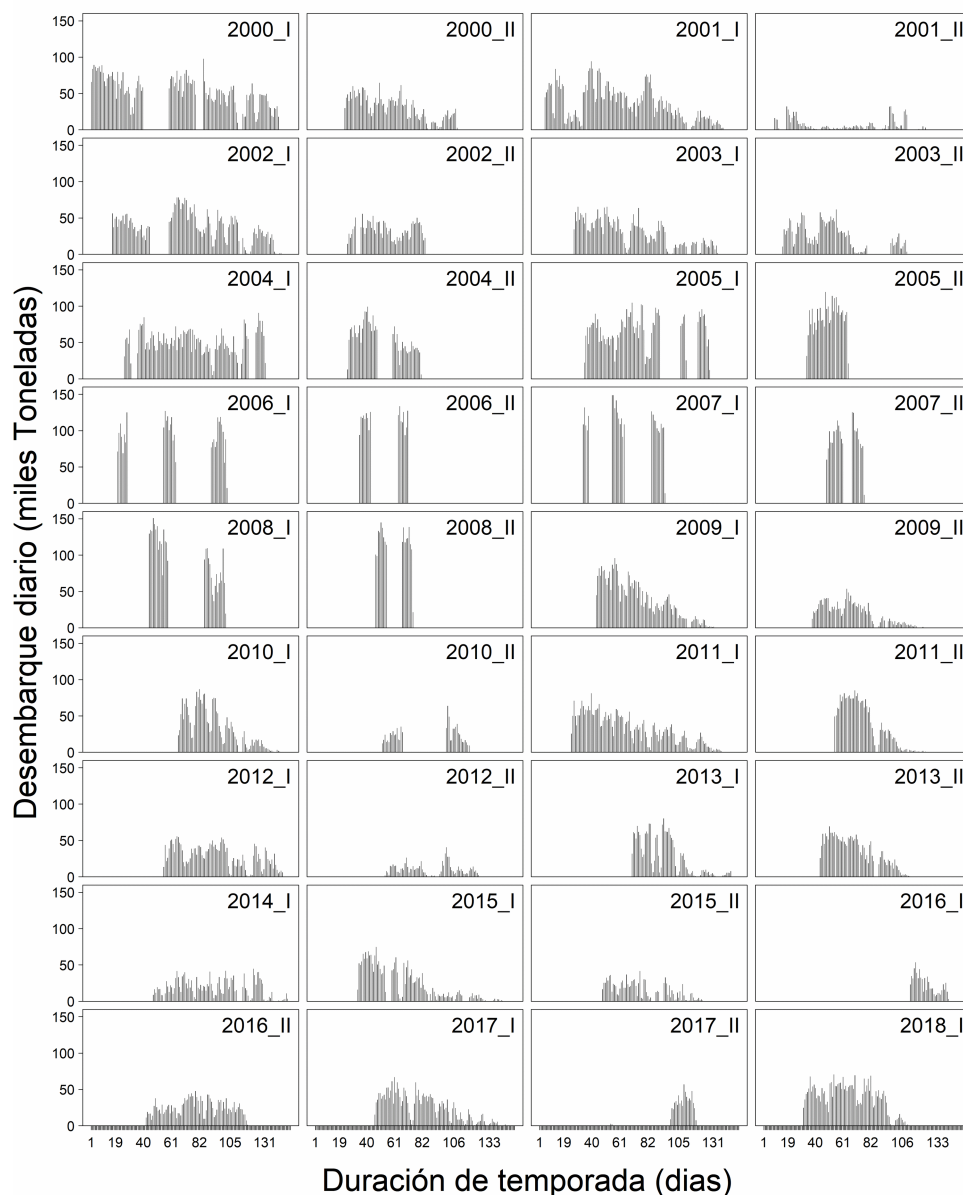


Figura 8. Desembarques diarios de anchoveta en la región Norte-Centro del litoral peruano de cada temporada de pesca.

NOTA: Todos los ejes de las ordenadas tienen la misma escala (0 a 160 mt), al igual que todos los ejes de las abscisas (1 a 149, siendo el día 1 de la primera temporada el 08 de marzo y el día 149 el 06 de agosto y en el caso de la Segunda temporada el día 1 el 15 de octubre y el día 147 el 27 de febrero del siguiente año).

5.2 VARIABILIDAD DE LOS DESEMBARQUES

5.2.1 Coeficiente de variación (CV)

En la sección anterior se realizó una descripción general del comportamiento y variación de los desembarques dentro de las temporadas de pesca y en la presente sección se muestran

resultados cuantitativos. La **Figura 9** muestra el valor del coeficiente de variación (*CV*) de los desembarques por cada temporada de pesca. Como se observa, existen niveles de variabilidad bajos (menores de 50%), medios (entre 50 y 70%) y altos (mayores de 70%). Entre los años 2000 al 2003 los valores estuvieron entre 30 y 60%, cifras que se pueden considerar medias, con excepción de la temporada 2001_II, la cual registró el valor de *CV* más elevado de todo el periodo de estudio, con un valor de 110%. Por otro lado, entre los años 2004 y 2008 se observan los valores más bajos de todo el periodo de estudio, siendo la temporada 2006-II la que registró el menor *CV* con 10%, mientras que las otras temporadas tuvieron valores entre 35 y 22%. Además, como estas temporadas no presentaron diferencias muy marcadas en sus valores del *CV*. De manera opuesta, a partir del año 2009 se observa un comportamiento totalmente distinto del *CV*, ya que en este periodo de tiempo se obtuvieron valores de *CV* muy altos (entre 75 y 101%), así como valores medios y bajos (entre 40 y 70%). Para el primer caso, en comparación con las temporadas pertenecientes a los años 2004 al 2008, los valores son muy altos, donde por ejemplo, la temporada 2009_I, tuvo un valor de *CV* cuatro veces mayor que el de la temporada 2008_II (23 y 80%, respectivamente). Sin embargo, para el segundo caso, las temporadas presentaron valores medios y bajos de *CV*, y fue la temporada 2016_II la que obtuvo el *CV* más bajo dentro de este periodo (42%).

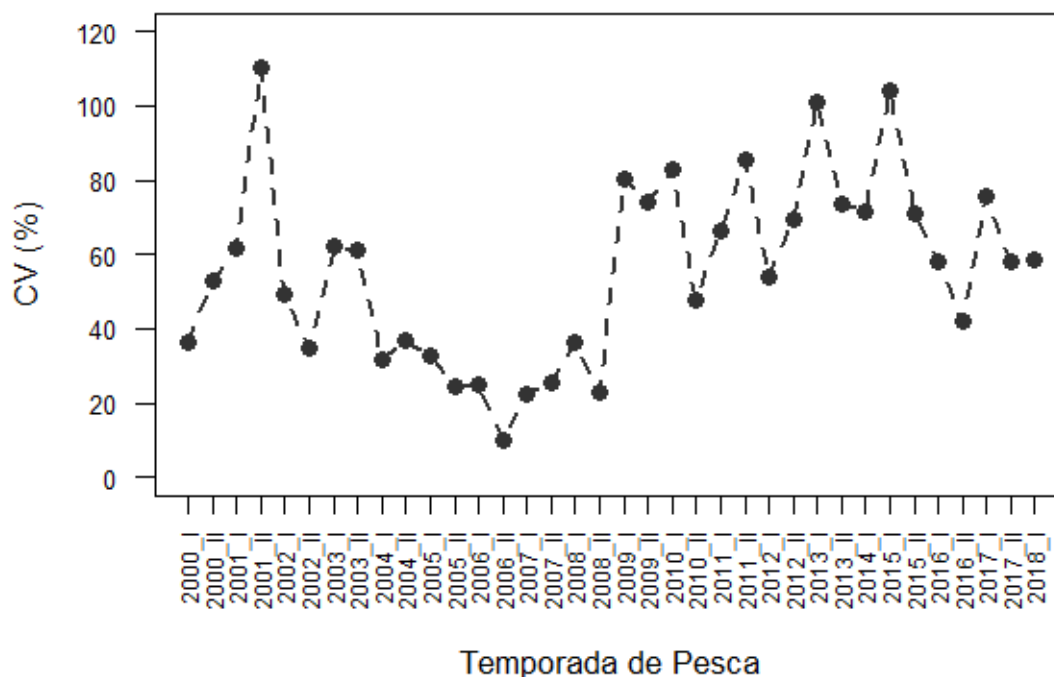


Figura 9. Coeficiente de variación (*CV*) de los desembarques diarios de cada temporada de pesca de la región Norte-Centro del litoral peruano.

5.2.2 Pendiente de los desembarques (*b*)

En la **Figura A 2. 1** se graficó la línea del modelo lineal de regresión ajustado para los desembarques diarios, mientras que el valor de la pendiente (*b*) para cada temporada de pesca, se puede observar en la **Figura 10**. Por medio de esto se pudo ver cómo fue la tendencia de la variación de los desembarques diarios en cada temporada. Como se puede observar, las temporadas que presentaron desembarques altos al inicio de las temporadas de pesca y desembarques muy bajos hacia el final de estas obtuvieron valores de *b* muy bajos (más negativos) (e.j. temporada 2009_I). Este comportamiento se observó en la mayor parte de las temporadas dentro del estudio. Por otro lado, las temporadas con *b* muy cercanos a cero (valores positivos y negativos) presentaron una tendencia a tener desembarques similares durante todo el desarrollo de la temporada (e.j. temporadas 2006_II y 2008_II). Finalmente, aunque solo se observó claramente en la temporada 2017_II, las temporadas que presentan *b* cercanos a 0.5 tienden a aumentar el nivel de sus desembarques hacia el final de estas.

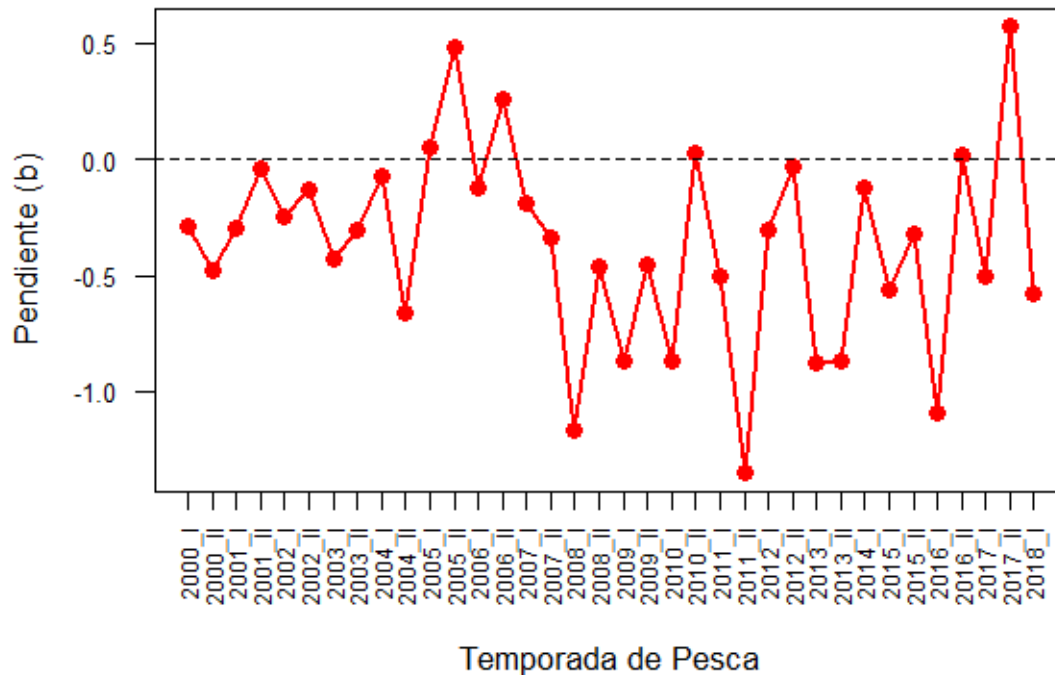


Figura 10: Valor de la Pendiente (b) calculada cada temporada de pesca para la región Norte-Centro del litoral peruano.

Como se observa en la **Figura 10**, b presenta picos altos y bajos de manera casi alternada. En términos generales los valores más altos se ubicaron entre los años 2005 y 2007, donde las temporadas 2005_I, 2005_II y 2006_II, obtuvieron valores de b mayores a cero, sin embargo, fue la temporada 2017_II la que obtuvo el valor de b más alto con 0.57. Por otro lado, si bien los valores de b fueron bastante variables (altos y bajos), entre los años 2008 y 2016 se obtuvieron los valores más negativos de b , siendo la temporada 2011_II, la que presentó el valor más negativo con -1.35. En relación a las temporadas ubicadas entre los años 2000 al 2004, los valores de la pendiente oscilan entre -0.5 y 0.

5.3 FACTORES AMBIENTALES

5.3.1 Área Costera Limitada por el Frente térmico (mIAFT)

De acuerdo a lo observado en la **Figura 11-A**, esta variable presentó una tendencia a disminuir a lo largo de los años de estudio. Sus máximos valores se registraron entre los años 2003 y 2007, presentando el valor más alto durante la temporada 2004_I. Por otro lado, los valores más bajos se observaron entre los años 2011 y 2017, siendo la temporada 2017_I la que registró la cifra más baja, la cual fue inferior a los 62,596 km².

5.3.2 Índice E (Index E)

Esta variable presentó valores tanto positivos como negativos, repartidos de manera bastante equitativa, en ese sentido, no se observó ninguna tendencia a aumentar o disminuir a lo largo del periodo de estudio, debido a que sus valores fueron muy variables entre temporadas, presentando picos altos y bajos de manera continua. La temporada 2015_II presentó el valor más alto, con 1.92, lo que quiere decir que presentó las condiciones ambientales más cálidas. Por otro lado, los menores valores lo registraron las temporadas 2005_II y 2013_I, -1.3 y -1.2 respectivamente, lo que significa que fueron las temporadas que presentaron las condiciones ambientales más frías (**Figura 11-B**).

5.4 FACTORES DE MANEJO

5.4.1 Viajes

En la **Figura 11-C** se puede observar que el promedio de viajes diarios aumentó de manera gradual entre los años 2000 y 2005. A partir de la temporada 2005_II el promedio de viaje diarios fue superior a 800, cifra que se mantuvo hasta la temporada 2008_II, donde se observó el pico más alto, llegando a superar los 900 viajes diarios. Sin embargo, a partir del año 2009 con el cambio de régimen de manejo de la pesquería, hubo una dramática disminución del promedio de viajes diarios el cual se ubica alrededor de 200, este comportamiento se mantuvo hasta la última temporada de estudio.

5.4.2 Cuota de pesca (Q)

La cuota de pesca presentó sus valores más altos entre los años 2000 y 2004, donde la temporada 2000_I registró la cuota más alta con 6 millones de toneladas aproximadamente, sin embargo, en este periodo, la temporada 2001_II registró uno de los picos más bajos ya que la cuota de pesca fue de aproximadamente 740 mil toneladas. Por otro lado, a partir del

año 2005 en adelante se observó una tendencia de la cuota a disminuir, ubicándose entre 1 y 3 millones de toneladas. Además, durante este periodo se observó la cuota más baja, la cual se dio en la temporada 2016_II, con un valor de 700 mil toneladas aproximadamente (**Figura 11-D**).

5.5 FACTORES RELACIONADOS AL DESEMPEÑO DE LA FLOTA

5.5.1 Esfuerzo

Como se puede observar en la **Figura 11-E**, los valores del Esfuerzo pesquero en el periodo de estudio fueron muy variables entre temporadas, con valores que pueden ser muy altos seguidos de valores muy bajos, lo que genera picos altos y bajos de manera recurrente. Entre los años 2003 al 2009 se observó una tendencia de los valores a disminuir, registrando el valor más bajo en la temporada 2009_I. A partir del año 2011, por el contrario, se observó una tendencia de este a aumentar, el valor más alto se registró durante la temporada 2016_I.

5.5.2 CPUE

La CPUE presentó un comportamiento casi opuesto al Esfuerzo, como se puede observar en la **Figura 11-F**, esta variable tuvo un aumento gradual de los valores de la CPUE entre los años 2003 y 2008, presentando en la temporada 2008_II, el valor más alto de todo el periodo de estudio. Por el contrario, a partir del año 2009 se observó que la CPUE tuvo una tendencia a disminuir, registrando su pico más bajo en la temporada 2012_II lo que podría estar relacionado con el cambio de régimen de manejo, sin embargo, a partir del año 2016 se volvió a observar una tendencia a aumentar.

5.6 FACTORES RELACIONADOS A LA ECONOMÍA DEL RECURSO

5.6.1 Precio de la harina de pescado (\$H)

Como se puede observar en la **Figura 11-G**, esta variable presentó una tendencia a aumentar a lo largo de todo el periodo de estudio, pasando de un valor inferior a \$500.00 durante la temporada 2000_I a valores superiores a \$1500.00 en la última década. Este aumento fue gradual entre los años 2000 y 2004, sin embargo, entre los años 2005 y 2006 el precio de la harina pasó de \$700.00 a \$1300, registrando su mayor valor en la temporada 2013_I, donde superó los \$1900.00.

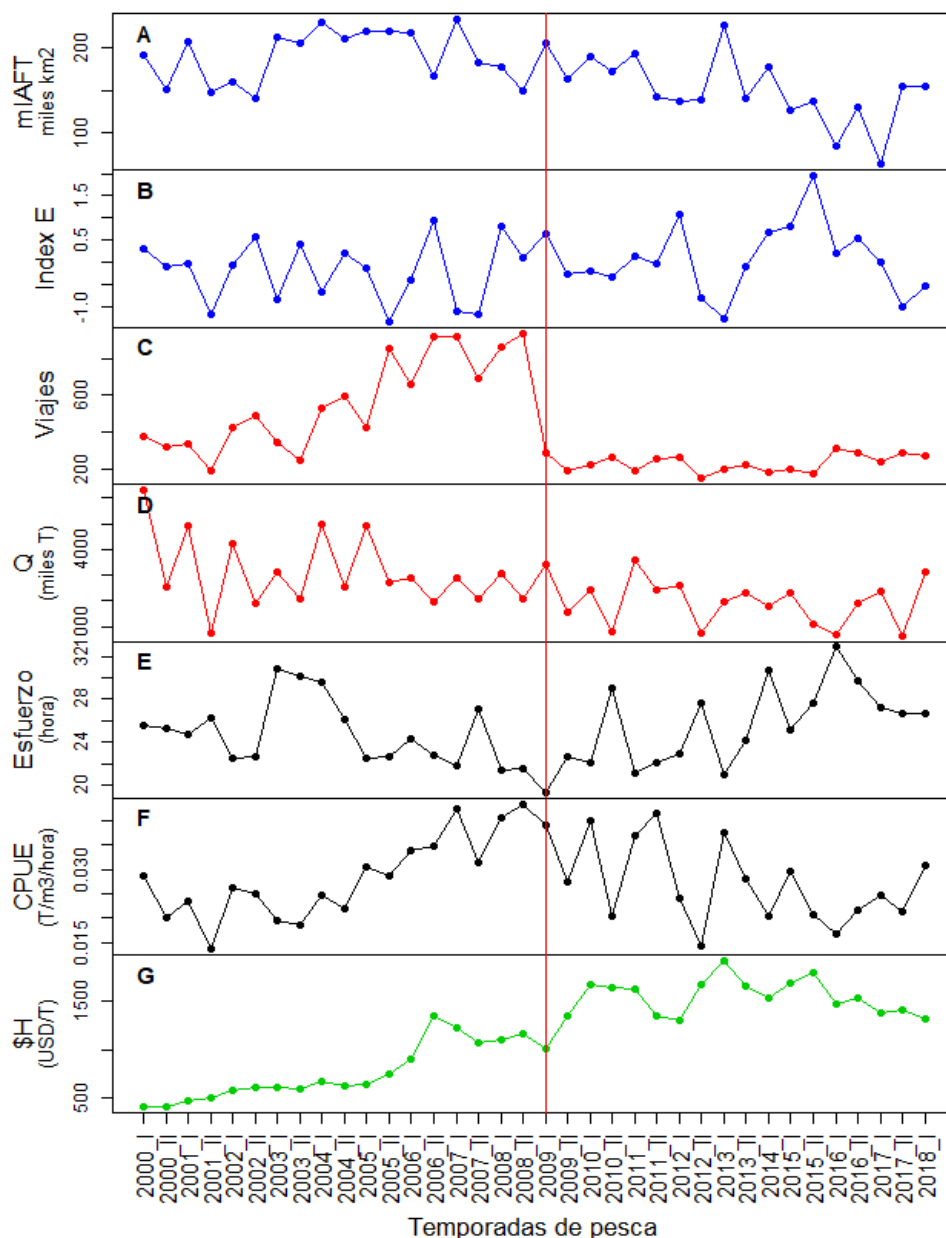


Figura 11. Variables usadas para explicar la variabilidad de los desembarques diarios: (A) Área costera limitada por el Frente Térmico (mIAFT), (B) índice E, (C) Número de viajes, (D) Cuota de pesca (Q), (E) Esfuerzo, (F) Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) y (G) precio de la harina de pescado (\$H). La línea roja representa el inicio del régimen de la Cuota Individual.

En la **Figura 12** se graficaron los valores del CV y b para cada temporada de pesca y se indicaron las temporadas donde ocurrieron eventos “El Niño” y “La Niña”, así como el cambio de régimen de manejo en esta pesquería (DL1084). Como se observa, la mayor

parte de eventos “El Niño” ocurrieron entre los años 2009 y 2018, mientras que los eventos “La Niña” se observaron entre los años 2000 y 2007. Por otro lado, en relación al DL1080, se observa que, a partir del año 2009, cuando este entró en vigencia, los valores del CV se volvieron más altos. Mientras que, en el caso de la pendiente b , a partir del 2009 se obtuvieron valores más negativos. En cuanto a la relación entre las variables CV y b , en algunas temporadas se observa una relación opuesta, como por ejemplo entre los años 2004 y 2008, donde se registran los valores más bajos de CV y los más altos de b .

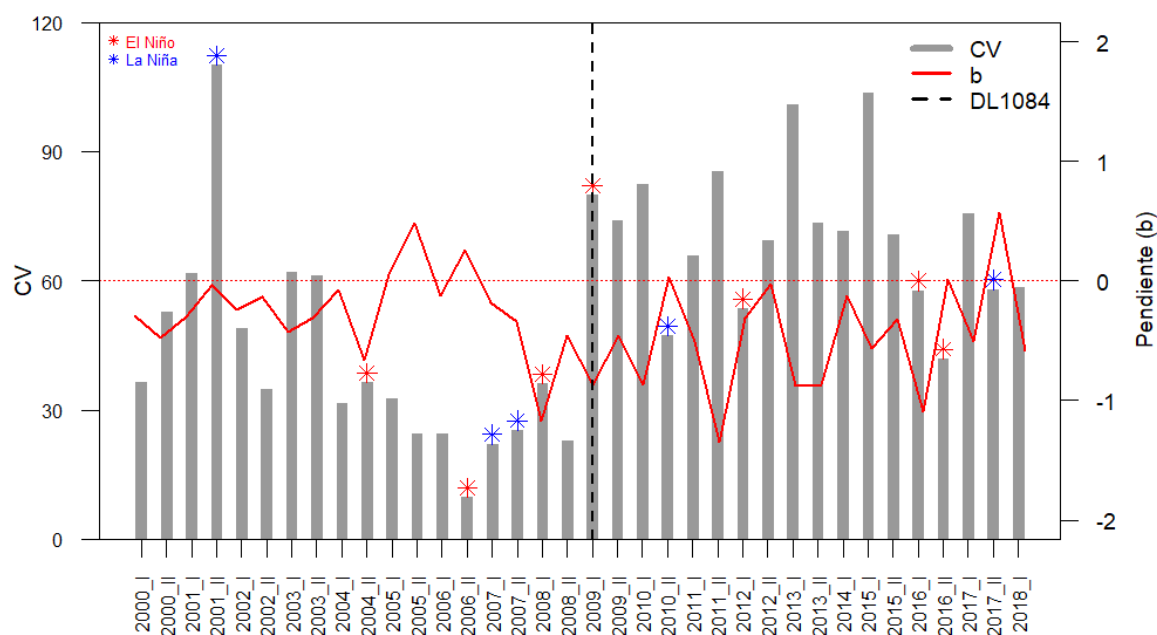


Figura 12. Valores de CV y b para cada temporada de pesca y eventos “El Niño” y “La Niña”.

5.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Correlación entre las variables

Los resultados muestran que, la mayor parte de las variables utilizadas para el análisis multivariado, presentan valores de correlación son menores a 0.8. Sin embargo, para el caso del CV y $Viajes$ se observó un valor de correlación de -0.81, si bien esta cifra puede ser considerada alta se decidió mantener ambas variables en el análisis, debido a que presentan una naturaleza distinta y además representan distintas características de la pesquería. La primera de ellas representa la variación de los desembarques dentro de las temporadas,

mientras que la segunda el tamaño de la flota por temporada. Ambas variables fueron consideradas necesarias para los análisis posteriores.

Análisis Multivariado

Del ACP se tomaron las tres primeras componentes, la cuales explicaron casi el 70 % de la varianza. Según el valor de correlación de las PC1, PC2 y PC3 con cada una de las variables, mostradas en la **Tabla 2**, podemos decir que la primera componente (PC1), la cual está explicando el 33.83% de la varianza total, está fuertemente asociada con las variables *CV*, *Q*, *Viajes* y *mIAFT*, donde el *CV* tiene una correlación negativa, mientras que las cuatro ultimas una correlación positiva, esta componente se relaciona con un amplio tamaño de habitat para la anchoveta, así como cuotas y numero de embarcaciones altos. La segunda componente (PC2) está explicando el 22.55% de la varianza total y está asociada negativamente con las variables *b* y *Esfuerzo* y positivamente con la variable *CPUE*, esta componente nos describe temporadas con condiciones favorables para la pesca. En el caso del tercera componente (PC3), la cual está explicando el 13.49% de la varianza, la hemos asociado con la variable *\$H*, la cual se relaciona con precios de harina altos. En el caso del Index E, parece no estar correlacionado fuertemente con ninguna componente, sin embargo será importante considerarlo para la discusión de los resultados (**Figura 13**).

Tabla 2.
Correlación entre las variables y las componentes

<i>Variables</i>	PC 1 33.83%	PC 2 22.55%	PC 3 13.49%
<i>CV</i>	-0.73	0.34	-0.44
<i>b</i>	0.20	-0.73	0.28
<i>Esfuerzo</i>	-0.50	-0.68	-0.01
<i>CPUE</i>	0.56	0.78	0.16
<i>Q</i>	0.64	0.07	-0.59
<i>Viajes</i>	0.80	-0.05	0.49
<i>Index E</i>	-0.21	0.26	0.14
<i>mIAFT</i>	0.73	-0.08	-0.27
<i>\$H</i>	-0.53	0.47	0.49

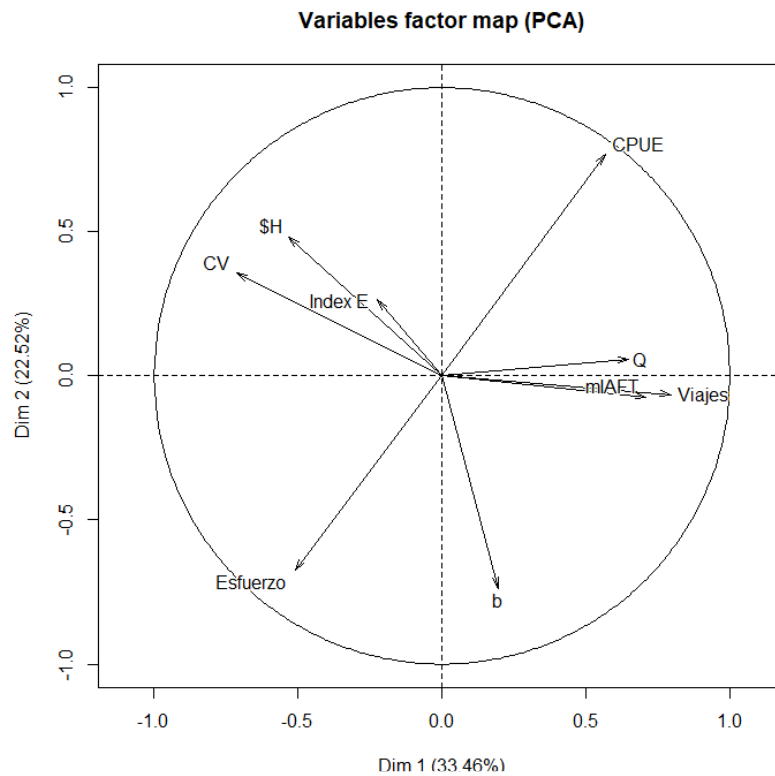


Figura 13. Variables proyectadas en el espacio de los componentes principales (Componentes 1 y 2).

Para el análisis del clúster se trabajó con tres componentes del ACP, el análisis nos dio cuatro grupos coherentes, los cuales se encuentran dentro de dos estructuras bastantes definidas, la primera comprende temporadas entre los años 2000 al 2008, mientras que la otra, temporadas desde el año 2009 en adelante. En la primera estructura se encuentran a los clústeres 1 (verde) y 2 (azul), mientras que, en la segunda los clústeres 3 (rojo) y 4 (negro). Los dos primeros grupos son bastante similares y se encuentra superpuestos, lo cual se puede observar con mayor claridad en la **Figura 14**, mientras que los clústeres 3 y 4 presentan temporadas muy cercanas pero no se superponen.

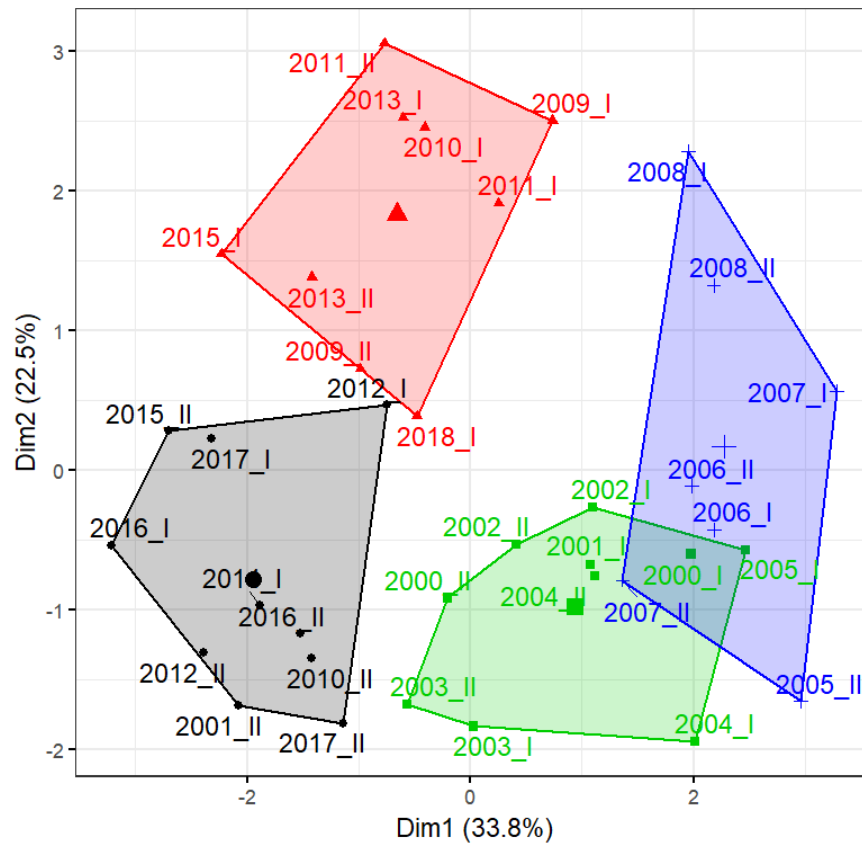


Figura 14. Representación de los clústeres en el espacio factorial de las componentes 1 y 2.

En la **Tabla 3** y **Figura 15** se muestra la caracterización de los clusters, donde la mayoría de variables fueron significativas con excepción del *Index E*, sin embargo este fue utilizado para la discusión de los resultados. En ese sentido tenemos lo siguiente:

- EL **Cluster 1** fue caracterizado por valores altos de las variables *mIAFT* (193047 km²) y *Q* (3760 miles T) y por valores muy bajos de la variable *\$H* (\$ 567.00), en promedio y el número de temporadas en este cluster representó el 28% del total de temporadas.
- El **Cluster 2** fue explicado por valores altos en promedio de *Viajes* (835) y *CPUE* (0.036), así como valores bajos de *CV* (23.8) y el número de temporadas en este cluster representó el 19% del total de temporadas.

- El **Cluster 3** presentó valores promedios altos de *CPUE* (0.034), *CV* (80.7) y *\$H* (\$ 1513.00) y bajos valores de *Viajes* (225), *Esfuerzo* (22.7) y *b* (-0.77), y el número de temporadas en este cluster representó el 22% del total de temporadas.
- El **Cluster 4** presentó valores promedios altos de *\$H* (\$ 1427.00) y *Esfuerzo* (28) y valores bajos de *Viajes* (235), *mIAFT* (129717 km²), *Q* (1340 miles T) y *CPUE* (0.019) el número de temporadas en este cluster representó el 31% del total de temporadas.

Tabla 3.
Promedio del valor de las variables en cada Clúster

Variables	C1 (28%)	C2 (19%)	C3 (22%)	C4 (31%)	Significancia (p-value)
<i>CV</i>	46	23.8	80.7	65	0
<i>b</i>	-0.23	-0.18	-0.77	-0.21	0
<i>CPUE</i> (T/m ³ /hora)	0.024	0.036	0.034	0.019	0
<i>Esfuerzo</i> (hora)	25.9	23.3	22.1	28	0
<i>Q</i> (miles T)	3760	2618	2463	1340	0
<i>Viajes</i>	400	835	225	235	0
<i>mIAFT</i> (km ²)	193047	192974	177292	129717	0
<i>Index E</i>	-0.042	-0.32	-0.21	0.17	> 0.05
<i>\$H</i> (USD/T)	567	1071	1513	1427	0

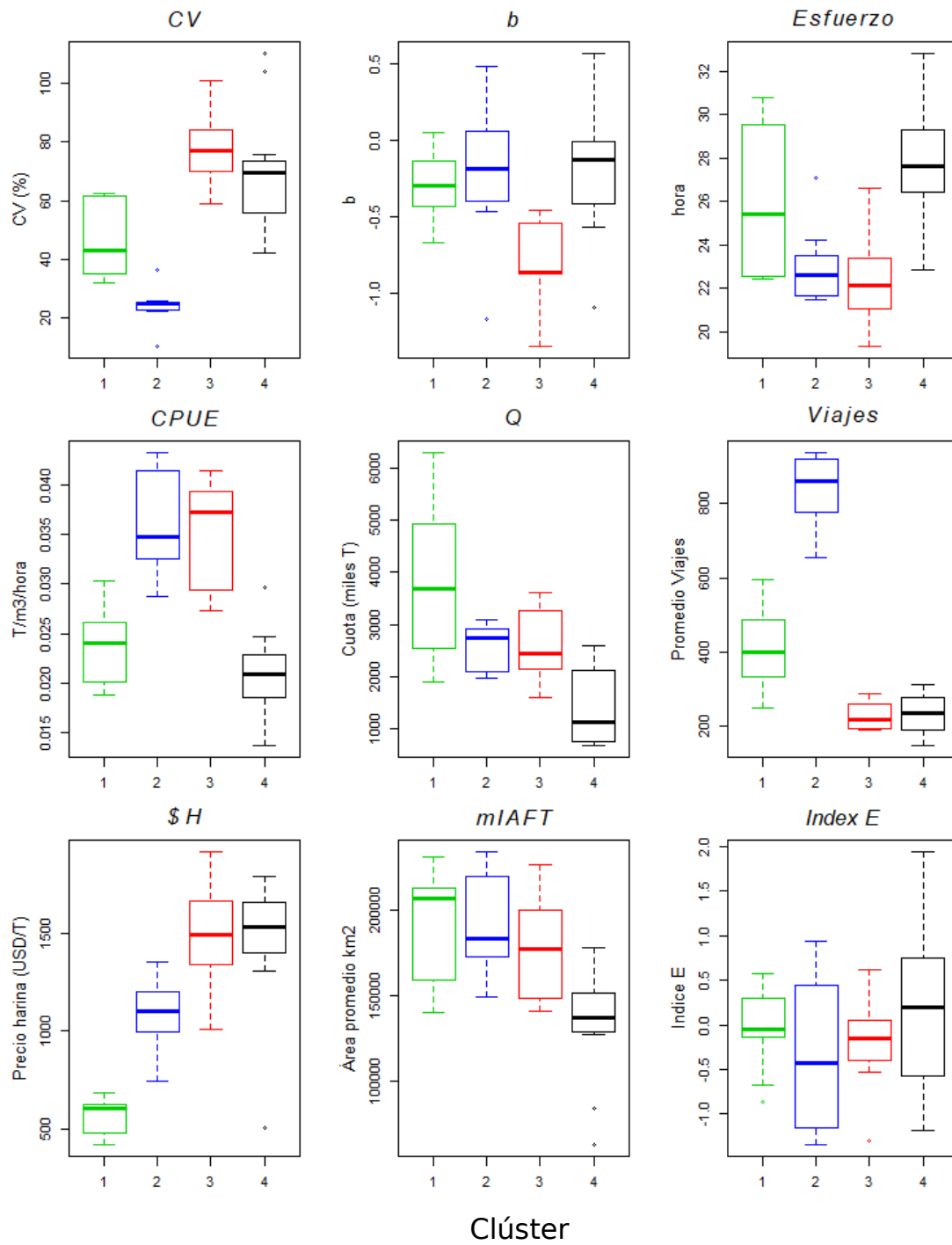


Figura 15. Caracterización de clústers representada en boxplots, donde Cluster 1: “Mayor hábitat”; Cluster 2: “Alta Competencia”, Cluster 3: “Temporadas favorables” y Cluster 4: “Temporadas complicadas”.

6. DISCUSIÓN

6.1 VARIABILIDAD DE LOS DESEMBARQUES

Una de las principales características de los niveles de variabilidad de los desembarques por temporada de pesca es que presentaron cambios muy marcados a lo largo del periodo de estudio. Dichos cambios se asociaron principalmente al aumento (entre los años 2004 y 2008) y reducción (a partir del año 2009) del tamaño de la flota como consecuencia del cambio de régimen de manejo (**Figura 11-D**). Los valores más bajos del Coeficiente de Variación (CV) (**Figura 9**) y más altos del valor de la pendiente de los desembarques (b) (**Figura 10**), que indican niveles bajos de variabilidad de los desembarques, están asociados al periodo de sobre-capitalización de la flota, entre los años 2004 y 2008, donde se generó una alta competencia por capturar anchoveta. Situación que se presentó durante el régimen de acceso abierto a la pesquería [27–29].

Sin embargo, a partir del año 2009 los valores del CV tuvieron un importante aumento (**Figura 9**), mientras que los valores de b disminuyeron y se volvieron negativos para algunas temporadas, lo cual reflejó una alta variabilidad de los desembarques (**Figura 10**). Este cambio en ambas variables coincidió con la entrada en vigencia del DL1048, donde se pasó a un régimen de cuota individual por embarcación [24,30]. Uno de los principales efectos que tuvo este nuevo régimen y que se asocia el aumento en los valores del CV y la disminución de b , fue la reducción del tamaño de la flota [24,26,30], el cual se mantuvo casi constante en los años posteriores (**Figura 11-C**). Si bien los valores tanto del CV como de b presentaron importantes cambios, estos fueron muy fluctuantes (altos y bajos), desde el año 2009 en adelante (**Figura 12**). Esta fluctuación podría estar relacionada con “El Niño” y “La Niña”, tal como lo muestra **Figura 12**, donde la ocurrencia dichos eventos coincidió con valores bajos de CV y valores altos de b dentro de este periodo. Lo cual se puede explicar por el alto impacto negativo que tienen, sobre la pesquería de anchoveta, los eventos “El Niño” y la “La Niña” [8,79]. Además del efecto del ENOS, se observó que en temporadas donde hubo una alta incidencia de juveniles, la variabilidad de los desembarques fue baja.

Los análisis multivariados (ACP y Clúster jerárquico) dieron como resultados distintos clusters que permitieron entender el impacto de cada grupo de variables en la variabilidad

de los desembarques (**Figura 13** y **Figura 14**). Los clusters fueron nombrados de acuerdo a sus principales características, donde el cluster 1 se denominó, “Mayor hábitat”; el cluster 2, “Alta Competencia”; el cluster 3, “Temporadas favorables” y el cluster 4, “Temporadas complicadas” (**Figura 14**).

6.2 FACTORES AMBIENTALES

En relación a los factores ambientales, la variable relacionada con el tamaño del hábitat de la anchoveta (*mIAFT*) tuvo un gran impacto en la variabilidad de los desembarques, lo cual se manifestó principalmente en los clusters “Mayor hábitat” y “Temporadas complicadas” (**Figura 15**). En el clúster “Mayor hábitat”, la baja variabilidad de los desembarques se relacionó con un amplio tamaño del hábitat de la anchoveta, que fue representado por un alto promedio del *mIAFT* (**Tabla 3**). Esta característica en el tamaño del hábitat de la anchoveta se relaciona con condiciones frías y un mayor afloramiento, donde el área de distribución de la anchoveta es mayor y se encuentra más alejada de la costa, lo cual podría favorecer el aumento en sus niveles de biomasa [11,17,80]. Sin embargo, en una mayor área de distribución, la anchoveta se encuentra muy dispersa, lo que implica que en las actividades de pesca se invierta la mayor cantidad de tiempo en su búsqueda, generando un mayor esfuerzo y una menor eficiencia [8,11]. El cluster “Alta Competencia”, presentó condiciones similares en relación al tamaño del hábitat de la anchoveta, donde el promedio del *mIAFT* fue el más alto de todos los grupos, presentando inclusive, temporadas que se desarrollaron durante eventos ENOS “La Niña” (**Figura 12**). Sin embargo, en este caso la baja variabilidad de los desembarques estuvo más asociada a factores de manejo de la pesquería que serán discutidos más adelante.

Por otro lado, el reducido tamaño de hábitat de la anchoveta que se presentó en el clúster “Temporadas complicadas” se relacionó también con una baja variabilidad de los desembarques (**Tabla 3**). La reducción del tamaño del hábitat de la anchoveta suele ser una consecuencia de la ocurrencia de eventos ENOS “El Niño”, donde la distribución del recurso se vuelve muy costera y además genera que este se profundice [8,16,17,80]. Esto podría generar complicaciones en las actividades de pesca, debido a un menor acceso de la Flota industrial de cerco al recurso, ya que esta no puede pescar dentro de las 10 millas

(D.S. 011-2013-PRODUCE) [24]. Además la profundización de la anchoveta hace que su captura sea más complicada [8,16].

Lo mencionado anteriormente, puso en evidencia el impacto de los eventos ENOS, en especial, “El Niño”, en la variabilidad de los desembarques. En relación a esto, se encontró que los eventos “El Niño” generan una baja variabilidad de los desembarques, donde además los desembarques diarios son bajos (**Figura 8**), situación que se observó en el cluster “Temporadas complicadas” (**Figura 15**). Como ya se mencionó, la ocurrencia de eventos “El Niño” (ej. temporadas 2012_II, 2016_I y 2016_II) (**Figura 12**), tiene implicancias negativas en la anchoveta y luego en la pesquería de esta, debido a la reducción de los niveles de biomasa de esta especie [5,16]. Además, la reducción del área de distribución y profundización de la anchoveta genera complicaciones en las actividades de pesca debido a un menor acceso al recurso [8,16,17]. Otro factor que no se incluyó en los análisis pero que se relacionó con la baja variabilidad en los desembarques fueron las vedas por la alta incidencia de juveniles (e.j. 2001_II). La presencia de juveniles en periodos post-Niño aumenta como consecuencia del desove al terminar el evento “El Niño” [16]. Esto coincide con nuestros resultados, ya que las temporadas que se desarrollaron luego de eventos “El Niño” son las que presentaron la mayor cantidad de días de vedas por una alta incidencia de juveniles (e.j. 2010_II, 2012_II, 2016_II, 2017_II) [72–77]. De acuerdo a esto, sería importante para futuros estudios, incluir información cuantificada acerca de la presencia de juveniles calculada en la estimación de la biomasa ya que parece ser un factor relevante en la variabilidad de los desembarques.

6.3 FACTORES DE MANEJO

En el factor de manejo de mayor importancia en el presente estudio fue el tamaño de la flota, representado por la variable *Viajes*. El impacto de esta variable en la variabilidad de los desembarques se manifestó de manera clara en los clusters “Alta competencia” y “Temporadas favorables” (**Tabla 3**). El cluster “Alta competencia”, tuvo como principal característica el alto número de *Viajes* y se relacionó con las temporadas que presentaron la variabilidad de los desembarques más baja en el estudio (**Figura 15 y Tabla 3**), donde además los desembarques diarios fueron muy altos (**Figura 8**). Estas temporadas correspondieron al periodo de sobre-capitalización de la flota que se dio entre los años 2004

y 2008 durante el régimen de acceso abierto a la pesquería, lo cual trajo como consecuencia una fuerte competencia por capturar anchoveta [27–30]. Esta competencia generó que frente a condiciones ambientales frías y ocurrencia de eventos “La Niña” (**Figura 12**), donde se esperaría un mayor esfuerzo y una menor eficiencia en las actividades de pesca, se observará lo contrario. Esto puede ser explicado porque la gran cantidad de barcos operando a la vez generó que se pescara más en menos tiempo, lo que demuestra que la competencia puede anular el efecto que tienen el tamaño del hábitat y las condiciones frías sobre el desempeño de la flota.

Por otro lado, el clúster “Temporadas favorables” se caracterizó por presentar el menor promedio de *Viajes* y se relacionó con los valores más altos de variabilidad de los desembarques (**Tabla 3**). Las temporadas presentes en este clúster pertenecieron al nuevo régimen de manejo de la pesquería reflejando el efecto del cambio al régimen de cuotas individuales (**Figura 11-D**), el cual entró en vigor a partir del año 2009 a través del DL1084 [24,30]. El principal efecto que tuvo esta medida fue la reducción del tamaño de la flota y el esfuerzo pesquero, eliminando la competencia por la captura anchoveta [30]. Además, en este clúster se observó una mayor eficiencia y un menor esfuerzo de la flota, lo cual se relaciona con mejores condiciones para la pesca. Esto puede deberse a que el área de distribución de la anchoveta es menor y más cercana a la costa, si bien estas condiciones son similares a las de un evento Niño, en este caso, no ocurre una profundización del hábitat vertical de la anchoveta por lo que el recurso se encuentra disponible para la pesca y encontrarlo toma menos tiempo de búsqueda [8,11].

Por otro lado, la cuota de pesca (Q) fue una variable que no tuvo un impacto directo en la variabilidad de los desembarques. Sin embargo, ofreció información sobre el estado del recurso frente a los distintos escenarios ambientales que se presentaron en los distintos clusters (**Tabla 3**). En los clústers “Mayor hábitat” y “Alta competencia”, los altos valores de Q pueden ser asociados a mayores niveles de biomasa de anchoveta que se presentan en áreas de distribución del recurso amplias, condiciones frías y mayor afloramiento [11,17]. Por el contrario, los bajos valores de Q en el cluster “Temporadas complicadas”, pueden ser asociados a la reducción en los niveles de biomasa de la anchoveta debido a la ocurrencia de eventos “El Niño” (ej. temporadas 2012_II, 2016_I y 2016_II) [5,16].

6.4 FACTORES RELACIONADOS AL DESEMPEÑO DE LA FLOTA

Las variables CPUE y Esfuerzo presentaron una relación inversa en la mayoría de casos (**Figura 13**) y reflejaron de manera clara el efecto de las variables ambientales y de manejo sobre las actividades de pesca y la variabilidad de los desembarques.

Frente a escenarios ambientales extremos como la ocurrencia de eventos El Niño y la Niña, los valores de CPUE fueron bajos mientras que los del Esfuerzo fueron altos, en la mayoría de casos y se relacionó con valores bajos de variabilidad de los desembarques (**Figura 15**). Esto se observó en el clúster “Temporadas complicadas”, donde las condiciones ambientales fueron cálidas y hubo ocurrencia de El Niño. La disminución en los niveles de biomasa de anchoveta, así como la reducción de su hábitat (lo que la vuelve muy costera) y una profundización en su distribución vertical durante El Niño, pueden generar dificultades en las actividades de pesca [8,11]. Esto se debe a que, si el recurso se encuentra dentro de las 10 millas, la Flota industrial de cerco no tiene acceso a este (D.S. 011-2013-PRODUCE) [24] y a que la profundización de la anchoveta hace que su captura sea más complicada [8,16,17]. Por otro lado, en los clusters “Mayor hábitat” y “Alta competencia” se presentaron condiciones frías, donde el tamaño del hábitat suele ser más amplio y el recurso se encuentra muy disperso (**Figura 15**). Frente a esto requiere un mayor tiempo de búsqueda del recurso por lo cual hay un aumento del esfuerzo y una disminución de la eficiencia de la flota [8,11]. Este comportamiento en la CPUE y Esfuerzo solo se observó en el clúster “Mayor hábitat”, mientras que en el cluster “Alta competencia” se observó una situación inversa, donde la CPUE fue muy alta y el Esfuerzo muy bajo. La diferencia entre ambos clusters frente a condiciones ambientales similares (muy frías) puede ser explicada por el gran tamaño de la flota que se presentó en las temporadas del clúster “Alta competencia” (**Figura 15**). El gran tamaño de la flota durante estas temporadas, llevó a una alta competencia por pescar anchoveta, lo que generó que se pescará más en menos tiempo (mayor eficiencia) [27–29]. Esto demuestra que la competencia causada por el aumento desmesurado de la flota puede anular el efecto que tiene el amplio tamaño del hábitat y las condiciones frías sobre la CPUE y el Esfuerzo.

Por otro lado, en el clúster “Temporadas favorables” se presentó un promedio alto de CPUE y el promedio más bajo de Esfuerzo lo que indica que durante estas temporadas la

pesca se desarrolló de manera óptima, frente a estas condiciones la variabilidad de los desembarques suele ser alta y se relaciona con desembarques altos al inicio de la temporada y bajos al final. En estudios previos se mostró que se presentan mejores condiciones para la pesca cuando el área de distribución de la anchoveta es menor (más cercana a la costa), debido a que el recurso no se encuentra muy disperso y encontrarlo toma menos tiempo de búsqueda, lo que estaría coincidiendo en los resultados obtenidos para este clúster (**Tabla 3**) [8,11].

6.5 FACTORES RELACIONADOS AL VALOR ECONÓMICO DEL RECURSO

El precio de la harina de pescado no fue una variable que causó un impacto directo en la variabilidad de los desembarques. Sin embargo, es importante mencionar que el aumento del precio de la harina de pescado pudo incentivar la sobre-capitalización de la flota que se presentó en el clúster “Alta competencia” (**Figura 15**). Si bien el precio de la harina se ha ido incrementando durante todo el periodo de estudio, en el año 2005 llegó a superar los \$1000.00 [59] (**Figura 11-G**). En ese sentido, se observó una importante relación entre el incremento del precio de la harina de pescado y el crecimiento del tamaño de la flota, sobre todo entre los años 2005 y 2008, durante el periodo de alta competencia por la captura de anchoveta, donde la variabilidad de los desembarques fue la más baja (**Figura 11-G**). Esto coincide con estudios previos, donde se mencionó que la variación (aumento) de los precios de la harina y aceite de pescado puede generar el crecimiento del tamaño de la flota y la pérdida de control del esfuerzo, así como motivar a la pesca incidental e ilegal [24,29].

Los resultados obtenidos en los clusters demostraron que las variables que controlan principalmente la variabilidad de los desembarques fueron el tamaño de la flota (*Viajes*) y el tamaño del hábitat de la anchoveta (*mLAFT*), así como la ocurrencia de eventos ENOS. Además, dichas variables tienen repercusión en la *CPUE*, *Esfuerzo* y la cuota de pesca (*Q*), mientras que el precio de la harina de pescado, tuvo un efecto indirecto sobre la variable *Viajes*.

Teniendo en cuenta la importancia de las condiciones ambientales en la variabilidad de los desembarques sería recomendable considerar en futuros estudios variables relacionadas a la ZMO, ya que esta juega un rol importante la distribución vertical de la anchoveta [2,15].

Los clústers nos mostraron que en una situación de sobre-capitalización de la flota, la variabilidad de los desembarques será baja frente a cualquier escenario ambiental. Sin embargo, se encontró que, en el régimen actual de manejo, los diferentes escenarios ambientales pueden generar comportamientos distintos en la variabilidad de los desembarques y otras variables como el esfuerzo y la CPUE. Para representar el comportamiento de la variabilidad de los desembarques y las otras variables bajo el régimen actual de manejo (Cuota individual) frente a los distintos escenarios ambientales, se realizaron tres esquemas (**Figura 16**).

Escenario I

Aquí se presentan condiciones ambientales cálidas (“El Niño”) que generan la reducción del hábitat de la anchoveta, lo que trae como consecuencia dificultades en las actividades de pesca (alto Esfuerzo y baja CPUE) y una baja variabilidad en los desembarques, representada por un alto valor de b (**Figura 16-A**).

Escenario II

Aquí se presentan condiciones ambientales muy frías (“La Niña”) que generan el aumento del hábitat de la anchoveta, lo que trae como consecuencia dificultades en las actividades de pesca (alto Esfuerzo y baja CPUE) y una baja variabilidad en los desembarques, los cuales suelen ser bajos, representada por un alto valor de b (**Figura 16-B**).

Escenario III

Aquí las condiciones ambientales son neutras lo que favorece las actividades de pesca (bajo Esfuerzo y alta CPUE) y se presentaría una alta variabilidad de los desembarques (b muy bajo) (**Figura 16-C**). Donde los desembarques son muy altos al inicio de la temporada de pesca y bajos hacia el final, comportamiento que parece ser característico de temporadas que se desarrollan de manera normal.

Por otro lado, en un régimen de manejo de acceso abierto a la pesquería, donde se presente una alta competencia por el recurso debido al sobre-capitalización de la flota, en los tres escenarios descritos previamente se presentaría un valor alto de b .

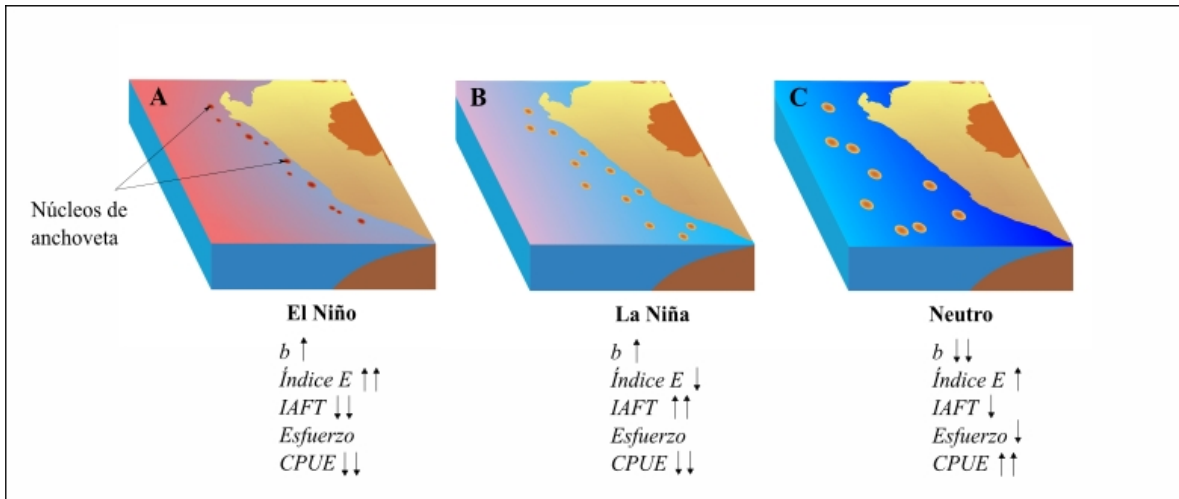


Figura 16. Representación de posibles escenarios ambientales que determinan la variabilidad de los desembarques.

A) Representa condiciones cálidas del mar como consecuencia de eventos “El Niño” lo que reduce el tamaño del hábitat de la anchoveta y genera que su distribución sea muy costera y se encuentre en núcleos pequeños y densos. **B)** Representa condiciones frías del mar como consecuencia de eventos “La Niña” lo que incrementa el tamaño del hábitat de la anchoveta y genera que su distribución sea más amplia y menos costera y se encuentre en núcleos grandes y dispersos. **C)** Representa condiciones neutras del mar con una distribución de la anchoveta más uniforme y costera.

Se espera que los resultados obtenidos en el presente trabajo contribuyan al conocimiento sobre el efecto que tienen factores relacionados con el ambiente y el manejo de la pesquería sobre el nivel de variabilidad de los desembarques y su comportamiento. Esto permitirá implementar medidas de manejo que se adecuen a las condiciones ambientales, principalmente, que se presenten durante las temporadas de pesca.

7. CONCLUSIONES

- La variabilidad de los desembarques fue baja frente a un escenario de sobre-capitalización de la flota entre los años 2004 al 2008, donde los desembarques fueron muy altos. Mientras que, entre los años 2009 y 2018 una baja variabilidad de los desembarques se relacionó con la ocurrencia de eventos ENOS, principalmente El Niño, y una alta incidencia de juveniles. Por otro lado, la mayor de variabilidad de los desembarques se asoció con la disminución del tamaño de la flota que se dio a partir del año 2009 y con condiciones ambientales neutras. Esta alta variabilidad fue caracterizada por una tendencia de los desembarques a ser altos al inicio de las temporadas de pesca y bajos hacia el final.
- Los factores ambientales como el tamaño del hábitat y la ocurrencia de eventos ENOS tienen un fuerte impacto en la variabilidad de los desembarques, donde la ocurrencia de El Niño y la reducción del hábitat de la anchoveta generaron una baja variabilidad. Asimismo, condiciones muy frías y una amplitud del tamaño del hábitat de la anchoveta (La Niña) generaron baja variabilidad en los desembarques.
- Los factores de manejo relacionados con el tamaño de la flota tuvieron el mayor impacto en la variabilidad de los desembarques, generando los niveles más bajos de variabilidad durante el periodo de sobre-capitalización de la flota. Situación que se revertió con la entrada del DL1048 que tuvo como principal efecto la reducción del tamaño de la flota.
- Los factores relacionados al desempeño de la flota reflejaron de manera clara el efecto de las variables ambientales, como la ocurrencia de eventos ENOS y la variación del tamaño del hábitat de la anchoveta, en las actividades de pesca. Frente a situaciones ambientales extremas, el nivel del esfuerzo pesquero aumenta y la CPUE disminuye, reflejando dificultades para la pesca, en este contexto la variabilidad de los desembarques es baja. Mientras que en escenarios favorables para la pesca donde el esfuerzo disminuye y la CUPE aumenta, la variabilidad de los desembarques es alta.
- El factor económico, representado por el valor de la harina de pescado, no tuvo un impacto directo en la variabilidad de los desembarques. Sin embargo, su aumento

dentro del régimen de manejo abierto a la pesquería, entre los años 2004 y 2008, principalmente, se relacionó con el crecimiento desmesurado del tamaño de la flota, lo que en el periodo de sobre-capitalización, generó los niveles más bajos de variabilidad del periodo de estudio.

8. PERSPECTIVAS

- En el presente trabajo se calcularon dos indicadores que nos brindaron información sobre la variabilidad de los desembarques en las temporadas de pesca, el coeficiente de variabilidad de los desembarques (CV) y la tendencia lineal temporal (*b*). Sin embargo, sería más adecuado desarrollar un indicador que nos brinde información tanto de la variación como de la tendencia, por lo tanto, en futuros análisis se podría hacer el uso de indicadores no lineales.
- En cuanto a las variables utilizadas para representar los distintos factores ambientales, no se consideró hacer uso de la ZMO debido a que no se contó con información de esta variable durante cada día que duraron las temporadas de pesca. Sin embargo, sería importante considerar esta variable dentro de análisis futuros, ya que la ZMO estructura la distribución vertical de la anchoveta, lo cual influye de manera directa en las actividades de pesca. Una posibilidad para ello sería usar información acústica pesquera que permita estimar la discontinuidad biológica en la capa epipelágica como proxy de la profundidad de la oxiclina [15].
- A lo largo del desarrollo del presente trabajo se observó que la alta incidencia de juveniles tuvo un impacto sobre la variabilidad de los desembarques, reduciéndola. Sin embargo, este factor no fue considerado como una variable dentro de los análisis. En ese sentido, incluir alguna variable que permita cuantificar la incidencia de juveniles durante el desarrollo de las temporadas de pesca permitirá ver de manera más clara cuál es el efecto de los cambios en la estructura de las edades del recurso sobre la variabilidad y comportamiento de los desembarques.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Fréon P, Barange M, Arístegui J. Eastern Boundary Upwelling Ecosystems: Integrative and comparative approaches. *Prog Oceanogr* [Internet]. 2009;83(1–4):1–14. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0079661109001323>
2. Ballón M, Bertrand A, Lebourges-Dhaussy A, Gutiérrez M, Ayón P, Grados D, et al. Is there enough zooplankton to feed forage fish populations off Peru? An acoustic (positive) answer. *Prog Oceanogr*. 2011;91(4):360–81.
3. Cahuin S, Cubillos L, Escribano R. Synchronous patterns of fluctuations in two stocks of anchovy *Engraulis ringens* Jenyns, 1842 in the Humboldt Current System. *J Appl Ichthyol*. 2015;31(1):45–50.
4. Swartzman G, Bertrand A, Gutiérrez M, Bertrand S, Vasquez L. The relationship of anchovy and sardine to water masses in the Peruvian Humboldt Current System from 1983 to 2005. *Prog Oceanogr*. 2008;79(2–4):228–37.
5. Bertrand A, Segura M, Gutiérrez M, Vásquez L. From small-scale habitat loopholes to decadal cycles: A habitat-based hypothesis explaining fluctuation in pelagic fish populations off Peru. *Fish Fish*. 2004;5(4):296–316.
6. Chavez F, Csirke J, Soler P, Bertrand A, Guevara-Carrasco R. The northern Humboldt Current System: Brief history, present status and a view towards the future. *Prog Oceanogr*. 2008;79(2–4):95–105.
7. Thiel, M., Macaya, E.C., Acuña, E., Arntz, W.E., Bastias, H., Brokordt, K., Camus PA, Castilla, J.C., Castro, L.R., Cortés, M., Dumont, C.P., Escribano, R., Fernández M, Gajardo, J.A., Gaymer, C.F., Gomez, I., González, A.E., González, H.E., Hays PA, Illanes, J.-E., Iriarte, J.L., Lancellotti, D.A., Luna-Jorquera, G., Luxoro C, Manríquez, P.H., Marín, V., Muñoz, P., Navarrete, S.A., Perez, E., Poulin E, Sellanes, J., Sepúlveda, H.H., Stotz, W., Tala, F., Thomas, A., Vargas, C.A. V, et al. the Humboldt Current System of Northern and Central Chile Oceanographic Processes, Ecological Interactions and Socioeconomic Feedback. *Oceanogr Mar Biol*. 2007;195–344.
8. Joo R, Bertrand A, Bouchon M, Chaigneau A, Demarcq H, Tam J, et al. Ecosystem scenarios shape fishermen spatial behavior. The case of the Peruvian anchovy fishery in the Northern Humboldt Current System. *Prog Oceanogr* [Internet]. 2014;128:60–73. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pocean.2014.08.009>
9. Bakun A, Weeks SJ. The marine ecosystem off Peru: What are the secrets of its fishery productivity and what might its future hold? *Prog Oceanogr* [Internet]. 2008;79(2–4):290–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pocean.2008.10.027>
10. Chavez F, Ryan J, Lluch-Cota S, Niñiquen M. Climate: From anchovies to sardines and back: Multidecadal change in the Pacific Ocean. *Science* (80-). 2003;299(5604):217–21.
11. Bertrand S, Dewitte B, Tam J, Díaz E, Bertrand A. Impacts of Kelvin wave forcing

in the Peru Humboldt Current system: Scenarios of spatial reorganizations from physics to fishers. *Prog Oceanogr* [Internet]. 2008;79(2–4):278–89. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pocean.2008.10.017>

12. Espinoza-Morriberón D, Echevin V, Colas F, Tam J, Ledesma J, Vásquez L, et al. Impacts of El Niño events on the Peruvian upwelling system productivity. *J Geophys Res Ocean*. 2017;122(7):5423–44.
13. Bertrand A, Gerlotto F, Bertrand S, Gutiérrez M, Alza L, Chipollini A, et al. Schooling behaviour and environmental forcing in relation to anchoveta distribution: An analysis across multiple spatial scales. *Prog Oceanogr* [Internet]. 2008;79(2–4):264–77. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pocean.2008.10.018>
14. Bertrand A, Ballón M, Chaigneau A. Acoustic observation of living organisms reveals the upper limit of the oxygen minimum zone. *PLoS One*. 2010;5(4).
15. Bertrand A, Chaigneau A, Peraltilla S, Ledesma J, Graco M, Monetti F, et al. Oxygen: A fundamental property regulating pelagic ecosystem structure in the coastal southeastern tropical pacific. *PLoS One*. 2011;6(12):2–9.
16. Ñiquen M, Bouchon M. Impact of El Niño events on pelagic fisheries in Peruvian waters. *Deep Res Part II Top Stud Oceanogr*. 2004;51(6–9):563–74.
17. Gutiérrez M, Swartzman G, Bertrand A, Bertrand S. Anchovy (*Engraulis ringens*) and sardine (*Sardinops sagax*) spatial dynamics and aggregation patterns in the Humboldt Current ecosystem, Peru, from 1983-2003. *Fish Oceanogr*. 2007;16(2):155–68.
18. Cubillos L, Serra R, Fréon P. Synchronous pattern of fluctuation in three anchovy fisheries in the Humboldt Current System. *Aquat Living Resour* [Internet]. 2007;20(1):69–75. Available from: <http://www.alr-journal.org/10.1051/alr:2007017>
19. Bertrand S, Díaz E, Ñiquen M. Interactions between fish and fisher's spatial distribution and behaviour: An empirical study of the anchovy (*Engraulis ringens*) fishery of Peru. *ICES J Mar Sci*. 2004;61(7):1127–36.
20. FAO. State of Fisheries and Aquaculture in the world. State World Fish Aquac 2018 - Meet Sustain Dev goals [Internet]. 2018;3:210. Available from: www.fao.org/publications
21. Majluf P, De la Puente S, Christensen V. The little fish that can feed the world. *Fish Fish*. 2017;18(4):772–7.
22. Fréon P, Sueiro JC, Iriarte F, Miro Evar OF, Landa Y, Mittaine JF, et al. Harvesting for food versus feed: A review of Peruvian fisheries in a global context. *Rev Fish Biol Fish*. 2014;24(1):381–98.
23. PRODUCE. Anuario Estadístico Pesquero y Acuicola 2017. 2018;
24. De la Puente S. El Decreto Legislativo No. 1084 y su impacto en el comportamiento de la flota industrial de cerco en la Zona Norte-Centro del Litoral Peruano. Universidad Peruana Cayetano Heredia; 2014.

25. Paredes C, Peña-torres J. Individual Fishing Quotas in Peru : Stopping the Race for Anchovies. 2009;(511):11.
26. Arias Schreiber M. The evolution of legal instruments and the sustainability of the Peruvian anchovy fishery. *Mar Policy* [Internet]. 2012;36(1):78–89. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpol.2011.03.010>
27. Aranda M. Evolution and state of the art of fishing capacity management in Peru: The case of the anchoveta fishery. *Pan Am J Aquatic Sci.* 2009;4(2):146–53.
28. Aranda M. Developments on fisheries management in Peru: The new individual vessel quota system for the anchoveta fishery. *Fish Res.* 2009;96(2–3):308–12.
29. Fréon P, Bouchon M, Mullon C, García C, Ñiquen M. Interdecadal variability of anchoveta abundance and overcapacity of the fishery in Peru. *Prog Oceanogr* [Internet]. 2008;79(2–4):401–12. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pocean.2008.10.011>
30. Díaz E. Impacto de diferentes estrategias de explotación sobre el estado inmediato del Stock Norte-Centro de la Anchoveta peruana (*Engraulis ringens*). *Univ Nac Mayor San Marcos* [Internet]. 2017;01:134p. Available from: <http://www.albayan.ae>
31. Díaz E. Eficiencia de la flota de cerco en función a la distribución espacial de la anchoveta peruana (*Engraulis ringens*) entre 1998 y el 2001. *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*; 2005.
32. Ahmed KKU, Hambrey JB. Studies on the fish catch efficiency of different types of fishing gear in Kaptai Reservoir, Bangladesh. *Lakes Reserv Res Manag.* 2005;10(4):221–34.
33. Ñiquen M, Espino M, Bouchon M. Análisis de la población de Anchoveta peruana durante el periodo 1961-1999. *Bol del Inst del Mar del Peru* [Internet]. 2000;19(1–2):103–7. Available from: <https://oceana.org/marine-life/ocean-fishes/peruvian-anchoveta>
34. Purca S, Graco M, Gutierrez D, Dewitte B, Tam J, Bertrand A, et al. Relationships between Anchovy and environment at different temporal scales. *Bol del Inst del Mar del Peru.* 2010;25(1–2):13–22.
35. PRODUCE. RM N° 123-2006-PRODUCE del 9 de mayo del 2006. 2006;
36. PRODUCE. RM N° 287-2006-PRODUCE del 23 de octubre del 2006. 2006;
37. PRODUCE. RM N° 095-2007-PRODUCE del 4 de abril del 2007. 2007;
38. PRODUCE. RM N° 327-2007-PRODUCE del 27 de noviembre del 2007. 2007;
39. PRODUCE. RM N° 343-2008-PRODUCE del 9 de abril del 2008. 2008;
40. Ministerio de la pesquería. RM N° 347-1997-PE del 18 de julio al 25 de setiembre de 1997. 1997.
41. Grados D, Bertrand A, Colas F, Echevin V, Chaigneau A, Gutiérrez D, et al. Spatial

- and seasonal patterns of fine-scale to mesoscale upper ocean dynamics in an Eastern Boundary Current System. *Prog Oceanogr* [Internet]. 2016;142:105–16. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pocean.2016.02.002>
42. Gutiérrez D, Bouloubassi I, Sifeddine A, Purca S, Goubanova K, Graco M, et al. Coastal cooling and increased productivity in the main upwelling zone off Peru since the mid-twentieth century. *Geophys Res Lett*. 2011;38(7):1–6.
 43. Grados D, Fablet R, Ballón M, Bez N, Castillo R, Lezama-Ochoa A, et al. Multiscale characterization of spatial relationships among oxycline depth, macrozooplankton, and forage fish off Peru using geostatistics, principal coordinates of neighbour matrices (PCNMs), and wavelets. *Can J Fish Aquat Sci* [Internet]. 2012;69(4):740–54. Available from: <http://www.nrcresearchpress.com/doi/10.1139/f2012-017>
 44. Ledesma J, Tam J, Graco M, León V, Flores G, Morón O. Characterization of Oxygen Minimum Zone (OMZ) in front of Peruvian coast between 3°N and 14°S, 1999–2009. *Boletín del Inst del Mar del Perú*. 2011;26(1–2):49–57.
 45. Chirinos de Vildoso A, Chuman E. Validez de la Lectura de Otolitos para determinar la edad de la Anchoveta (*Engraulis ringens*). *Inf del Inst del Mar del Perú*. 1968;2–34.
 46. Miñano J. Estudio de la fecundidad y ciclo sexual de la anchoveta (*Engraulis ringens*. J.) en la zona de Chimbote. *Bol del Inst del Mar del Peru*. 1968;1(9):505–52.
 47. Buitron B, Perea A, Mori J, Sanchez J, Roque C, Galvez M, et al. Escala de madurez gonadal de Anchoveta peruana *Engraulis ringens* (Jenyns, 1842). *Boletín del Inst del Mar del Perú*. 2015;30(1–2):19p.
 48. Buitrón B, Perea A. Aspectos reproductivos de la anchoveta peruana durante el periodo 1992-2000. *Bol del Inst del Mar del Peru*. 2000;19(1–2):45–54.
 49. Mori J, Perea A, Espinoza C. Interannual variability of the reproductive strategy of the Peruvian anchovy off northern-central Peru Variabilidad interanual en la estrategia reproductiva de la anchoveta peruana en la región norte-centro del litoral del Perú. *Ciencias Mar*. 2011;37(4B):513–25.
 50. Espinoza P, Bertrand A. Revisiting Peruvian anchovy (*Engraulis ringens*) trophodynamics provides a new vision of the Humboldt Current system. *Prog Oceanogr*. 2008;79(2–4):215–27.
 51. Espinoza P. Trophic dynamics in the northern Humboldt Current system : insights from stable isotopes and stomach content analyses. *Université de Bretagne Occidentale*; 2014.
 52. Jarre-Teichmann A, Pauly D. Seasonal Changes in the Peruvian Upwelling Ecosystem. *Trophic Model Aquat Ecosyst*. 1993;307–14.
 53. Tam J, Blaskovic V, Goya E, Bouchon M, Taylor MH, Oliveros-Ramos R, et al. Relación entre anchoveta y otros componentes del ecosistema. *Boletín del Inst del Mar del Perú*. 2010;25(1–2):31–7.

54. Luján C. FACTORES DETERMINANTES DE LA VARIABILIDAD ESPACIAL DE ANCHOVETA PERUANA (*Engraulis ringens*) EN EL PACÍFICO SUDORIENTAL. Universidad Peruana Cayetano Heredia; 2016.
55. Gutierrez, M., Ñiquen, M., Peraltila, S., Herrera N. Las operaciones EUREKA: Una aproximación a la abundancia de Anchoveta en el periodo 1966-1982.
56. Simmonds EJ, Gutierrez M, Chipollini A, Gerlotto F, Woillez M, Bertrand A. Optimizing the design of acoustic surveys of Peruvian anchoveta. *ICES J Mar Sci.* 2009;66(6):1341–8.
57. Oliveros-Ramos R, Guevara-Carrasco R, Simmonds J, Csirke J, Gerlotto F, Peña C, et al. Modelo de evaluación integrada del stock norte-centro de la anchoveta peruana *Engraulis ringens* Jenyns. *Boletín del Inst del Mar del Perú.* 2010;25(1–2):49–55.
58. Christensen V, De la Puente S, Sueiro JC, Steenbeek J, Majluf P. Valuing seafood: The Peruvian fisheries sector. *Mar Policy.* 2014;44:302–11.
59. Indexmundi. Fishmeal - Monthly Price [Internet]. 2019. Available from: <https://www.indexmundi.com/>.
60. Cubillos LA, Serra R, Fréon P. Synchronous pattern of fluctuation in three anchovy fisheries in the Humboldt Current System. *Aquat Living Resour.* 2007;20(1):69–75.
61. Saldarriaga M. Análisis de la captura incidental en la pesquería industrial de cerco anchovetera en el litoral peruano durante el período 2003-2011. *Inst Del Mar Del Peru - Imarpe* [Internet]. 2015;89. Available from: <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe:8080/handle/123456789/3032>
62. Bolker B. *Ecological Models and Data in R.* Princet Univ Press. 2008;1–412.
63. Takahashi K, Montecinos A, Goubanova K, Dewitte B. ENSO regimes: Reinterpreting the canonical and Modoki El Niño. *Geophys Res Lett.* 2011;38(10):1–5.
64. Bouchon M, Ñiquen M, Arias Schreiber M, Bello R. Manual de operaciones del proyecto Bitácoras de Pesca [Informe progresivo]. *Inf Prog Inst Mar Perú.* 1998;74:3:34.
65. IMARPE. Informe de Evaluación del POI – PTI - Anual 2010 1. 2010;175p.
66. IMARPE. Desarrollo de la pesquería de Anchoveta en la región Norte-Centro del litoral peruano (02 Mayo -19 Junio 2012). *Inf del Inst del Mar del Perú.* 2012;1–7.
67. IMARPE. Situación Actual Del Stock Norte – Centro De La Anchoveta Peruana Y Perspectivas De Explotación Para El Periodo Noviembre 2013- Enero 2014. *Inf del Inst del Mar del Perú.* 2014;1–9.
68. IMARPE. Situación del Stock Norte-Centro de la Anchoveta peruana a Setiembre del 2015. *Inf del Inst del Mar del Perú.* 2015;1–37.
69. IMARPE. Situación del Stock Norte-Centro de la Anchoveta peruana al 01 de Noviembre de 2016 y alternativas de explotación para la Segunda temporada de

2016. Inf del Inst del Mar del Perú. 2016;1–34.
70. IMARPE. Situación del Stock Norte-Centro de la Anchoveta peruana (*Engraulis ringens*) al 01 de Noviembre de 2017 y perspectivas de explotación para la Segunda temporada de pesca de 2017. Inf del Inst del Mar del Perú. 2017;
 71. IMARPE. Situación Actual Del Stock Norte – Centro De La Anchoveta Peruana al 01 de abril y Perspectivas De Explotación Para la Primera temporada de pesca de 2018. Inf del Inst del Mar del Perú. 2018;12p.
 72. PRODUCE. RM N° 327-2010-PRODUCE del 13 al 19 de diciembre del 2010. 2010;
 73. PRODUCE. RM N° 321-2010-PRODUCE del 06 al 12 de diciembre del 2010. 2010.
 74. PRODUCE. RM N° 337-2010-PRODUCE del 20 de diciembre del 2010 al 09 de enero del 2011. 2010.
 75. PRODUCE. RM N° 505-2012-PRODUCE del 30 de noviembre al 19 de diciembre del 2012. 2012.
 76. PRODUCE. RM N° 507-2012-PRODUCE del 01 al 20 de diciembre del 2012. 2012.
 77. PRODUCE. RM N° 573-2017-PRODUCE del 25 de noviembre al 05 de diciembre del 2017. 2017.
 78. Husson F, Lê S, Pagès J. Exploratory multivariate analysis by example using R. Chapman and Hall/CRC; 2017.
 79. Bertrand S, Díaz E, Lengaigne M. Patterns in the spatial distribution of Peruvian anchovy (*Engraulis ringens*) revealed by spatially explicit fishing data. Prog Oceanogr [Internet]. 2008;79(2–4):379–89. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pocean.2008.10.009>
 80. Moron G, Galloso P, Gutierrez D, Torrejon-Magallanes J. Temporal changes in mesoscale aggregations and spatial distribution scenarios of the Peruvian anchovy (*Engraulis ringens*). Deep Res Part II Top Stud Oceanogr. 2019 Jan 1;159:75–83.

ANEXO 1

Tabla A.1.1

Variables utilizadas para los Análisis Multivariados

Temporada de pesca	Variables								
	<i>CV</i>	<i>b</i>	<i>Q</i>	<i>Viajes</i>	<i>Esfuerzo</i>	<i>CPU E</i>	<i>\$H</i>	<i>index E</i>	<i>mIAFT</i>
2000 I	36.58	-0.29	6307524.00	377.75	25.58	0.03	416	0.29	192424
2000 II	52.89	-0.48	2577306.00	321.21	25.30	0.02	417	-0.10	151546
2001 I	61.93	-0.30	4930905.00	333.11	24.73	0.02	480	-0.04	208232
2001 II	110.30	-0.04	746917.00	193.11	26.22	0.01	508	-1.19	147630
2002 I	49.07	-0.25	4249658.00	423.93	22.42	0.03	585	-0.07	159308
2002 II	34.93	-0.13	1899229.00	488.21	22.57	0.02	617	0.57	140092
2003 I	62.26	-0.43	3121889.00	340.89	30.77	0.02	607	-0.86	212990
2003 II	61.42	-0.31	2073238.00	249.87	30.15	0.02	597	0.41	204947
2004 I	31.86	-0.07	5001956.00	532.21	29.53	0.02	682	-0.67	230789
2004 II	36.62	-0.67	2544153.00	595.36	26.04	0.02	625	0.19	210408
2005 I	32.76	0.05	4912400.00	422.07	22.54	0.03	640	-0.13	219736
2005 II	24.70	0.48	2733345.00	856.59	22.60	0.03	745	-1.35	220321
2006 I	24.83	-0.13	2918128.00	656.52	24.23	0.03	910	-0.42	218186
2006 II	9.99	0.26	1973563.00	921.82	22.80	0.03	1357	0.94	167544
2007 I	22.34	-0.18	2924353.00	920.04	21.74	0.04	1234	-1.11	233983
2007 II	25.57	-0.34	2090872.00	695.13	27.06	0.03	1079	-1.20	183084
2008 I	36.35	-1.17	3078488.00	860.69	21.44	0.04	1103	0.79	178430
2008 II	23.13	-0.46	2114432.00	938.00	21.54	0.04	1173	0.09	149269
2009 I	80.11	-0.87	3397457.00	286.77	19.29	0.04	1009	0.62	205911
2009 II	74.23	-0.46	1579795.00	193.11	22.62	0.03	1348	-0.28	164123
2010 I	82.62	-0.87	2437376.00	219.71	22.13	0.04	1672	-0.21	189854
2010 II	47.51	0.03	837124.00	261.68	28.98	0.02	1645	-0.33	172820
2011 I	66.11	-0.51	3618654.00	188.92	21.11	0.04	1631	0.14	193810
2011 II	85.67	-1.35	2438077.00	252.32	22.12	0.04	1353	-0.05	142730
2012 I	53.81	-0.31	2597334.00	266.74	22.84	0.02	1307	1.07	137320
2012 II	69.66	-0.03	731978.00	147.17	27.69	0.01	1675	-0.82	138905
2013 I	101.12	-0.88	1951813.00	197.39	21.01	0.04	1919	-1.30	226427
2013 II	73.56	-0.87	2320092.00	220.29	24.11	0.03	1659	-0.10	141171
2014 I	71.73	-0.12	1781277.00	184.82	30.61	0.02	1531	0.67	177655
2015 I	103.97	-0.57	2312093.03	194.22	25.16	0.03	1697	0.82	127336
2015 II	70.85	-0.32	1115687.90	172.86	27.63	0.02	1792	1.94	137072
2016 I	58.01	-1.09	708058.00	312.74	32.84	0.02	1476	0.19	84044
2016 II	42.16	0.02	1906027.00	286.31	29.67	0.02	1535	0.55	129381
2017 I	75.72	-0.50	2354342.00	237.35	27.18	0.02	1386	-0.02	62596
2017 II	58.27	0.57	657746.40	286.29	26.59	0.02	1412	-1.01	155230
2018 I	58.74	-0.58	3145081.00	271.51	26.59	0.03	1329	-0.53	154308

ANEXO 2

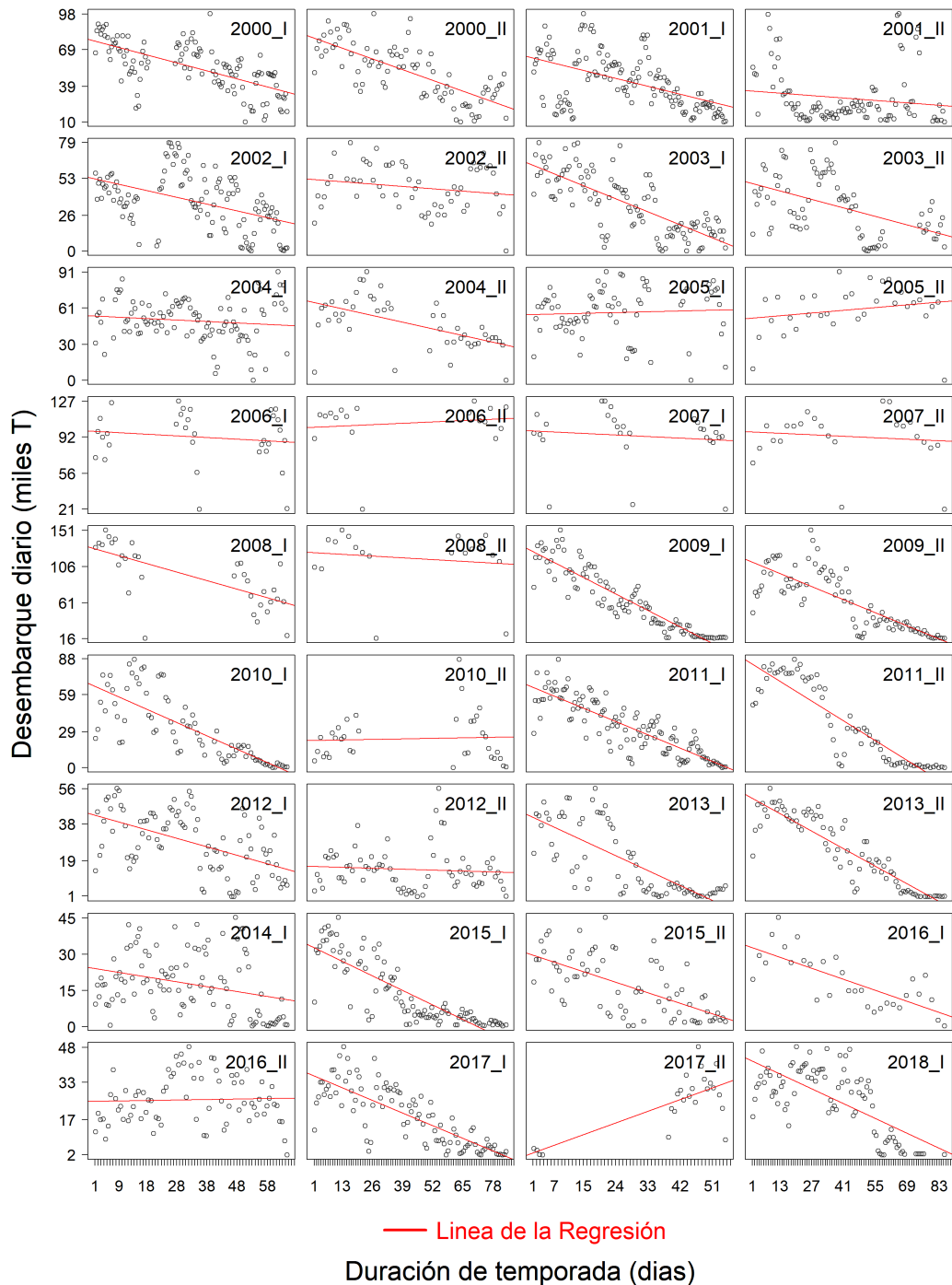


Figura A 2. 1. Desembarques y Línea de Regresión estimada para cada temporada de pesca.

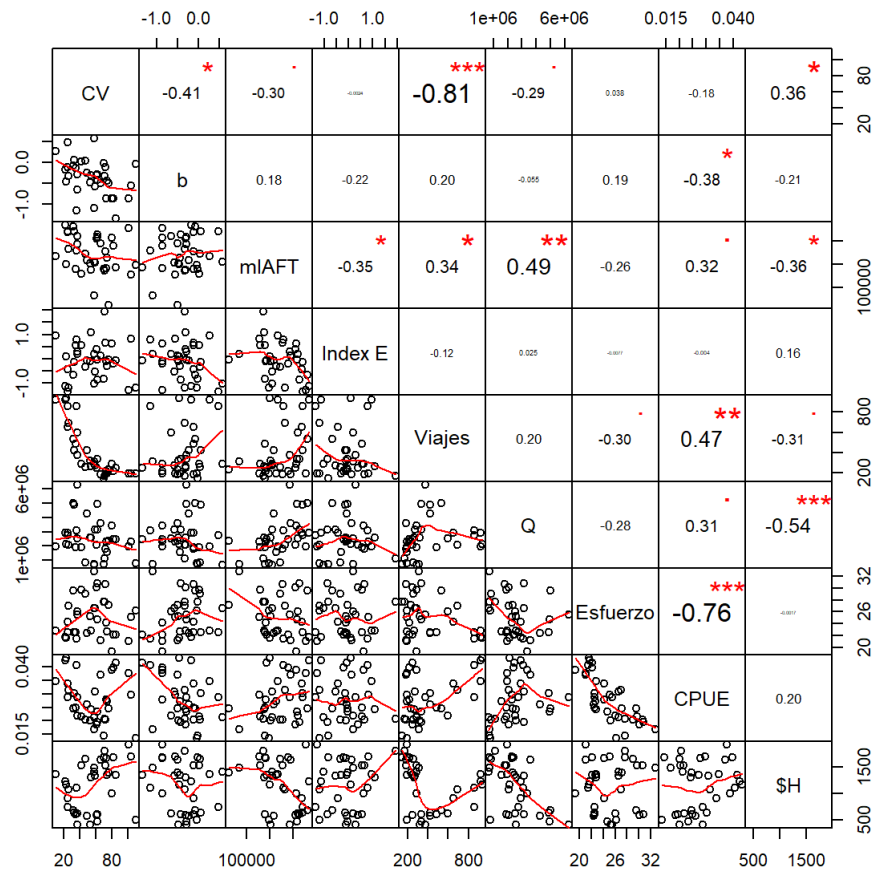


Figura A 2. 2. Matriz de correlaciones de las variables utilizadas para el análisis multivariado. En la diagonal de la figura se representan los nombres de las variables usadas. En la matriz triangular superior se muestra el valor de correlación entre pares de variables y su significancia. En la matriz triangular inferior se muestra los gráficos de dispersión entre cada par de variables.

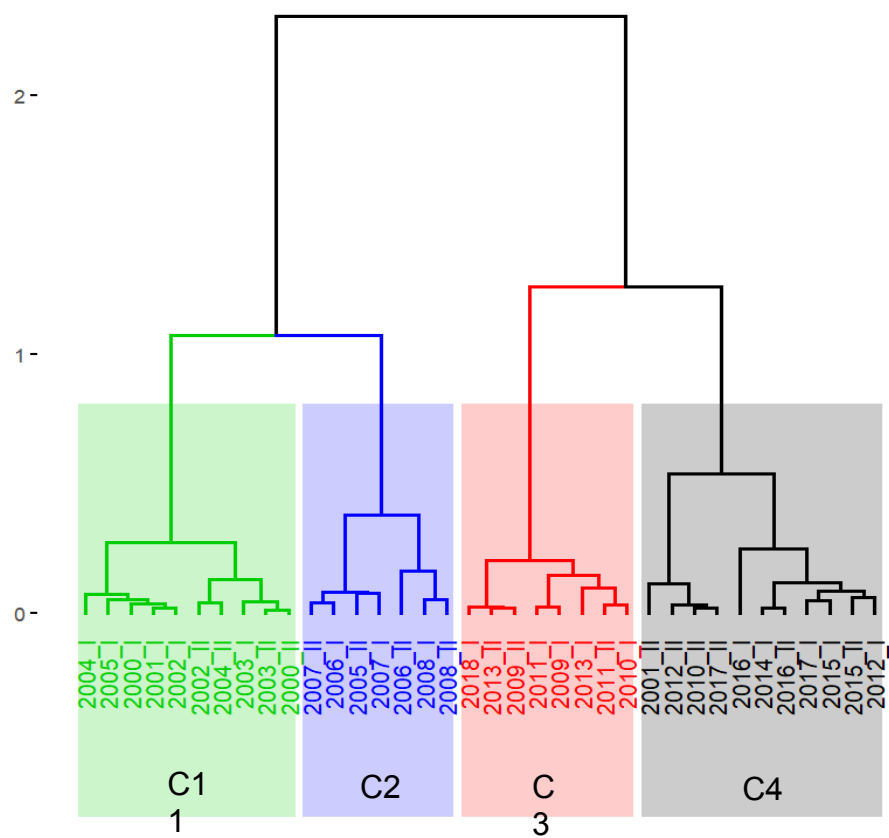


Figura A 2. 3. Representación del análisis en Dendrograma, con sus respectivos clusters.