



Universidad Nacional de Ingeniería
Facultad de Ingeniería Económica, Estadística y Ciencias Sociales
Escuela Profesional de Ingeniería Estadística

Primer Informe de Investigación

Proyección de la Producción de Anchoveta en Perú Incorporando Indicadores Climáticos del Océano Pacífico

Consultoría Estadística

Docente: *Grados Paredes Daniel*

Lin Chiu Chen Yang² Ocaña Coronado Manuel³ Varillas Torres Augusto⁴

Abstract

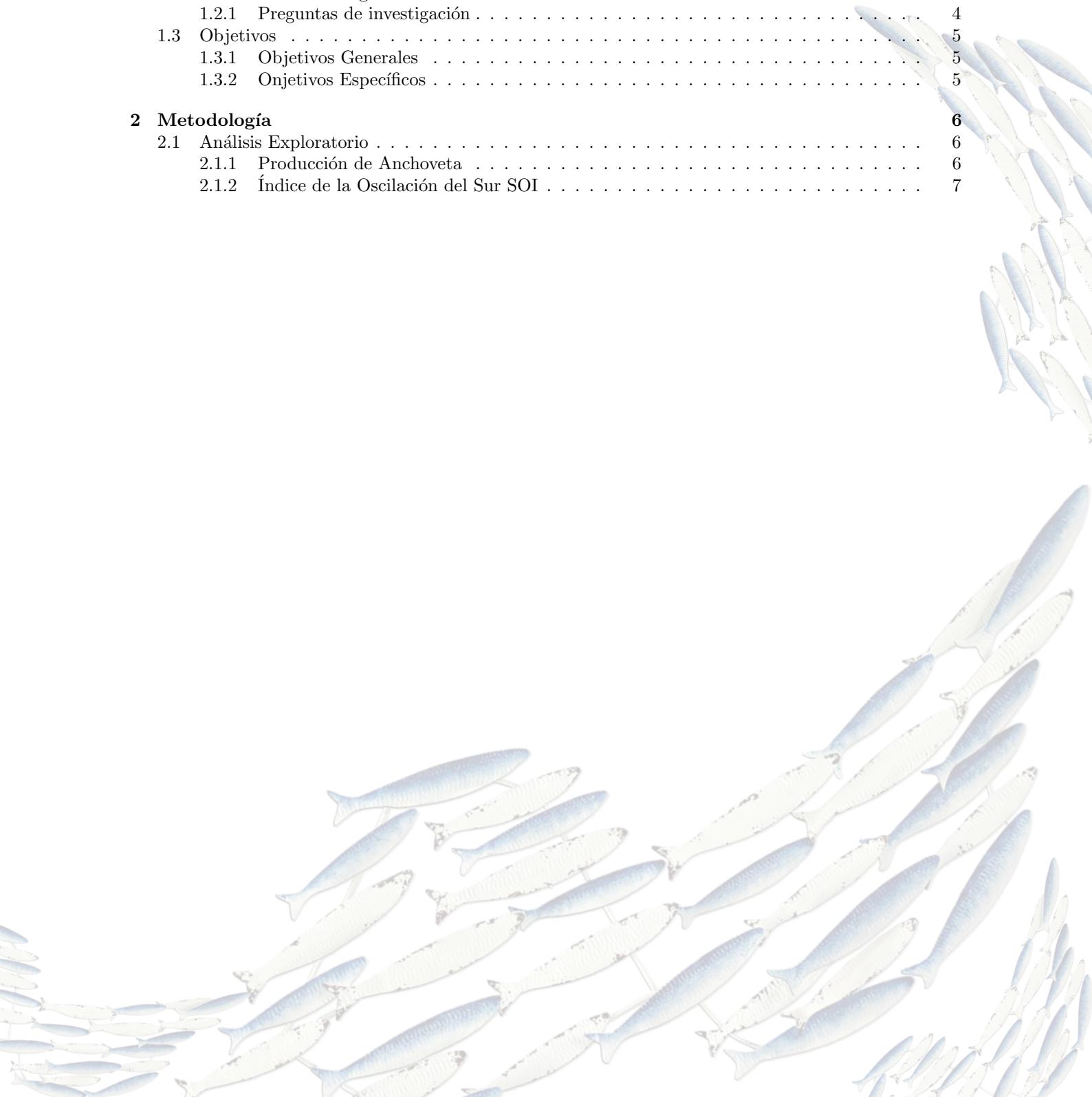
Este informe presenta un análisis estadístico orientado a modelar la producción pesquera mensual de anchoveta en el Perú, considerando el impacto de variables climáticas como el índice de oscilación del niño (ONI) y el índice de oscilación del sur (SOI). El objetivo es generar un modelo predictivo que permita proyectar la producción para los próximos cinco meses, facilitando la toma de decisiones por parte de la industria pesquera.

Utilizando datos mensuales desde 2003 hasta 2025 obtenidos a través del Banco Central de Reserva del Perú y National Oceanic and Atmospheric Administration, se aplicaron técnicas de modelado de series de tiempo específicamente con el SARIMAX. El modelo desarrollado permite realizar proyecciones con un nivel aceptable de error y brinda información relevante sobre la sensibilidad de la producción frente a cambios climáticos.

keywords Producción pesquera, anchoveta, clima, sarimax, Perú

Contents

1	Introducción	2
1.1	Contexto	2
1.1.1	La Familia Engraulidae	2
1.1.2	La Anchoveta Peruana y su Importancia Económica	2
1.1.3	Medidas de Gestión y Sostenibilidad	3
1.1.4	Amenaza Latente del Efecto Climático	3
1.1.5	Estudios Anteriores	3
1.2	Problema de Investigación	4
1.2.1	Preguntas de investigación	4
1.3	Objetivos	5
1.3.1	Objetivos Generales	5
1.3.2	Objetivos Específicos	5
2	Metodología	6
2.1	Análisis Exploratorio	6
2.1.1	Producción de Anchoveta	6
2.1.2	Índice de la Oscilación del Sur SOI	7



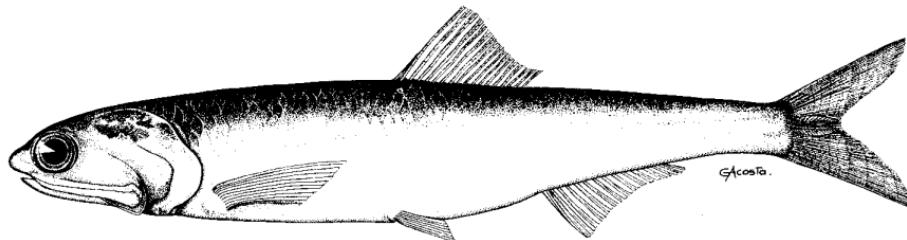


Fig. 2 Ejemplar adulto de anchoveta Engraulis ringens J.

Figure 1: Figura 1: Diagrama de cajas de la producción mensual de anchovetas)

1 Introducción

1.1 Contexto

1.1.1 La Familia Engraulidae

La familia Engraulidae dentro de la orden de los Clupeiformes son peces con nombres como aladroque, bocarte, boquerón según la (RAE, 2025) comúnmente conocidos como anchoa, habitan en la zona *pelágica* en grandes cardúmenes en aguas costeras dentro de 80 Km hasta una profundidad de 50 metros se caracterizan por un tamaño aproximado entre 15cm y 20cm de color azul intenso clasificándose como pescado azul como el atún, el salmón o la caballa; también llamado pescado graso por tener un mayor porcentaje de grasa en su masa muscular en comparación con los pescados blancos como la merluza o el bacalao. Se distribuyen en los océanos Atlántico, Pacífico e Índico, así como en el mar Mediterráneo incluso algunas en lagos de agua dulce teniendo varias variantes como la anchoa europea, argentina, californiana, japonesa, africana y por último la peruana con mayor relevancia comercial en el ámbito mundial según el último boletín publicado por la (FAO, 2024). Por su alto contenido graso se pescan para el consumo humano y el procesamiento industrial principalmente en conservas, arina y aceite de pescado.

1.1.2 La Anchoveta Peruana y su Importancia Económica

La anchoveta peruana, cuyo nombre científico es "Engraulis ringens" se encuentra en el sureste del Océano Pacífico frente a Perú y Chile entre 4° a 42° latitud sur y 82° a 69° longitud oeste (FishBase, 2025); se reproducen durante todo el año con preferencia en épocas de invierno hasta fines de primavera demorando alrededor de 1 año en llegar a la edad adulta, concentrando las crías cerca de las primeras millas de la costa, tiene una longevidad corta de 3 años ; la abundancia de esta se debe al afloramiento de las aguas por la corriente peruana o de Humboldt, que transporta las aguas frías del continente antártico en dirección hacia el norte para encontrarse con la corriente cálida del niño, transportando ricos nutrientes como fitoplancton y zooplancton creando el ecosistema más abundante y productivo del planeta. La anchoveta es la especie más representativa procedente de la pesca llegando a máximos de hasta 13 millones de toneladas en los 90; actualmente este número ha descendido; en 2022 se llegó a pescar hasta 4.8 millones de toneladas (FAO, 2025) esta representa el 9.4% de la pesca mundial, de las cuales Perú abarca el 6.6% aportando el 0.8% del producto bruto interno PBI reflejado en el informe de (BCRP, 2024) de las cuales el 80% es anchoveta.

1.1.3 Medidas de Gestión y Sostenibilidad

Si bien, somos el primer productor mundial, la Organización de las Naciones Unidas ONU está impulsando una agenda de desarrollo sostenible reflejando en los últimos años el crecimiento acelerado de la producción por acuicultura igualando a la producción por pesca pero según (Peruano, 2016) en el Perú solo una quinta parte del PBI del sector de pesca es acuicultura estamos alejados de la tendencia. La experiencia pasada nos ha demostrado las consecuencias de la sobreexplotación como el caso de los 70 (Arias Schreiber, 2012) la reducción drástica de la población de anchovetas ha hecho al estado efectuar políticas de gestión pesquera sostenible y monitoreo constante por el Instituto del Mar del Perú IMARPE y limitación de su pesca por el Ministerio de Producción considerando la cantidad máxima de captura, el tamaño mínimo aceptable, estableciendo zonas y temporadas de pesca finalmente, la promoción de medidas de su conservación manteniendo a la especie en preocupación menor; sin embargo, en multiples ocasiones la variabilidad climática ha jugado un papel dominante en la vulnerabilidad de la anchoveta disminuyendo drásticamente la población de esta, como podemos observar en los años 72, 80, 97 y 2015 los eventos son cada vez más frecuentes por el cambio climático según (Oliveros-Ramos and Shin, 2023a) la población se está reduciendo a una tasa del 14% por década llegando a desaparecer para el 2060 estamos hablando nada más que el fenómeno del niño conocido como El Niño - Oscilación del Sur ENSO un fenómeno climático global que ocurre al calentarse las aguas en el océano Pacífico tropical

1.1.4 Amenaza Latente del Efecto Climático

La producción pesquera, especialmente en ecosistemas tan dinámicos como el del Pacífico sudoriental, está fuertemente influenciada por la variabilidad climática interanual y multidecenal. En particular, el fenómeno de El Niño-Oscilación del Sur (ENSO) representa una amenaza significativa para la estabilidad de las poblaciones de anchoveta (*Engraulis ringens*), debido al calentamiento anómalo de las aguas superficiales del Pacífico ecuatorial que altera los patrones de afloramiento y, en consecuencia, la disponibilidad de nutrientes (Chavez et al., 2003). Durante eventos de El Niño, la temperatura superficial del mar se incrementa, lo que disminuye la concentración de fitoplancton y zooplancton, principales fuentes de alimento de la anchoveta (Bakun and Weeks, 2008). Esto provoca una migración de la especie hacia zonas más profundas o alejadas de la costa, reduciendo su disponibilidad para la pesca y afectando severamente los niveles de captura (Ñiquen and Bouchon, 2004). Estos eventos no solo producen fluctuaciones económicas en el sector pesquero, sino que también afectan los ecosistemas marinos en su conjunto, generando impactos en las cadenas tróficas (Barber and Chavez, 1983). Además, estudios recientes han alertado sobre el aumento en la frecuencia e intensidad de los eventos ENSO en el contexto del cambio climático global, lo que pone en mayor riesgo a las especies dependientes del afloramiento costero como la anchoveta (Timmermann et al., 2018). Modelos ecológicos y climáticos han proyectado que, de continuar esta tendencia, las poblaciones de anchoveta podrían reducirse significativamente en las próximas décadas, comprometiendo la seguridad alimentaria y la economía pesquera del Perú (Oliveros-Ramos and Shin, 2023b). Ante este escenario, resulta imperativo comprender mejor la relación entre las condiciones oceánicas y la producción pesquera, incorporando indicadores climáticos como el ONI (Oceanic Niño Index) y el SOI (Southern Oscillation Index) en los modelos predictivos que orienten la gestión sostenible del recurso.

1.1.5 Estudios Anteriores

La relación entre la dinámica poblacional de la anchoveta (*Engraulis ringens*) y las condiciones ambientales del Pacífico sudoriental ha sido objeto de numerosas investigaciones, en las que se ha evidenciado una marcada sensibilidad de esta especie a la variabilidad climática. Particularmente, los eventos asociados al fenómeno El Niño-Oscilación del Sur (ENSO) influyen significativamente en la distribución, abundancia y capturabilidad de la anchoveta, afectando con ello la sostenibilidad de la pesquería. En este contexto, (Ñiquen and Bouchon, 2004) analizaron el impacto de los eventos El Niño sobre la pesquería de anchoveta en el Perú, concluyendo que dichos eventos generan alteraciones en su hábitat, desplazamiento hacia zonas menos accesibles y una reducción significativa en los volúmenes de captura. De manera complementaria, (Bertrand et al., 2004) propusieron una hipótesis basada en el hábitat para explicar las fluctuaciones en las poblaciones de peces pelágicos, argumentando que la interacción entre procesos oceanográficos de

pequeña escala y ciclos climáticos de mayor duración condiciona la estructura poblacional y la productividad pesquera. Asimismo, (Bertrand et al., 2008) analizaron cómo el comportamiento de los cardúmenes de anchoveta responde a los forzantes ambientales, como la temperatura y la productividad primaria, demostrando que la distribución de la anchoveta puede cambiar significativamente debido a alteraciones ambientales. Más recientemente, (Oliveros-Ramos and Shin, 2023b) proyectaron escenarios de reducción de biomasa bajo el contexto del cambio climático, sugiriendo que, si no se toman medidas de gestión adaptativa, la población de anchoveta podría experimentar un declive del 14% por década, comprometiendo su viabilidad a largo plazo. Estos antecedentes sustentan la necesidad de incorporar información climática en los modelos de predicción pesquera. En este sentido, el presente estudio propone un enfoque cuantitativo basado en series temporales que incorpore índices climáticos como ONI 1+2, ONI 3.4 y el SOI, con el fin de generar proyecciones de corto plazo y apoyar la toma de decisiones en la industria pesquera nacional.

1.2 Problema de Investigación

La gestión eficaz de la pesquería de anchoveta y la operatividad de la industria asociada dependen críticamente de la disponibilidad de pronósticos confiables sobre la abundancia y disponibilidad del recurso a corto plazo (escala mensual). Decisiones como la fijación de cuotas de captura por temporada, la determinación de las fechas de inicio y cierre de las vedas, la movilización de la flota pesquera y las inversiones en la cadena de procesamiento requieren una estimación lo más precisa posible de los volúmenes de desembarque esperados.

El Desafío de la Variabilidad Climática

La principal fuente de incertidumbre y volatilidad en la pesquería de anchoveta es la variabilidad climática interanual, especialmente los eventos ENOS (El Niño y La Niña). Estos fenómenos alteran drásticamente las condiciones oceanográficas del SCH (Sistema de la Corriente de Humboldt), afectando la biomasa, distribución y comportamiento de la anchoveta de maneras que no siempre son predecibles con métodos simples según (Bouchon, 2019). Esta volatilidad climática dificulta enormemente la planificación y aumenta el riesgo operativo y económico para el sector.

Integración de Datos Climáticos

Si bien la influencia del clima en la anchoveta es bien conocida, el desafío operativo consiste en integrar sistemática y cuantitativamente esta información en los modelos de pronóstico. Según (Sherman, 2015), existen índices climáticos estandarizados y de fácil acceso (como ONI 1+2, ONI 3.4 y SOI) que resumen diferentes aspectos del estado del sistema océano-atmósfera en el Pacífico. La inclusión de estos tres índices permite evaluar de manera diferenciada la influencia de las condiciones térmicas en el Pacífico central, las condiciones térmicas costeras y la respuesta atmosférica a gran escala sobre los desembarques de anchoveta. No se trata solo de confirmar que el clima importa, sino de discernir qué aspectos específicos del sistema climático, representados por estos índices distintos, ofrecen la mayor capacidad predictiva para la pesquería peruana. La cuantificación de la importancia relativa de cada uno es, por tanto, un componente esencial del problema a resolver.

1.2.1 Preguntas de investigación

En función del problema planteado, esta investigación se orienta a responder las siguientes preguntas:

1. ¿Cuál es el comportamiento mensual de la producción pesquera de anchoveta en el Perú desde una perspectiva temporal y climática?
2. ¿Qué influencia tienen los índices climáticos ONI 1+2, ONI 3.4 y SOI sobre la variación en la producción mensual de anchoveta?
3. ¿Puede desarrollarse un modelo estadístico, como el SARIMAX, que integre estas variables climáticas para proyectar con precisión la producción de anchoveta en los próximos cinco meses?

4. ¿Qué nivel de precisión y capacidad explicativa ofrece el modelo en comparación con enfoques tradicionales no climáticos?

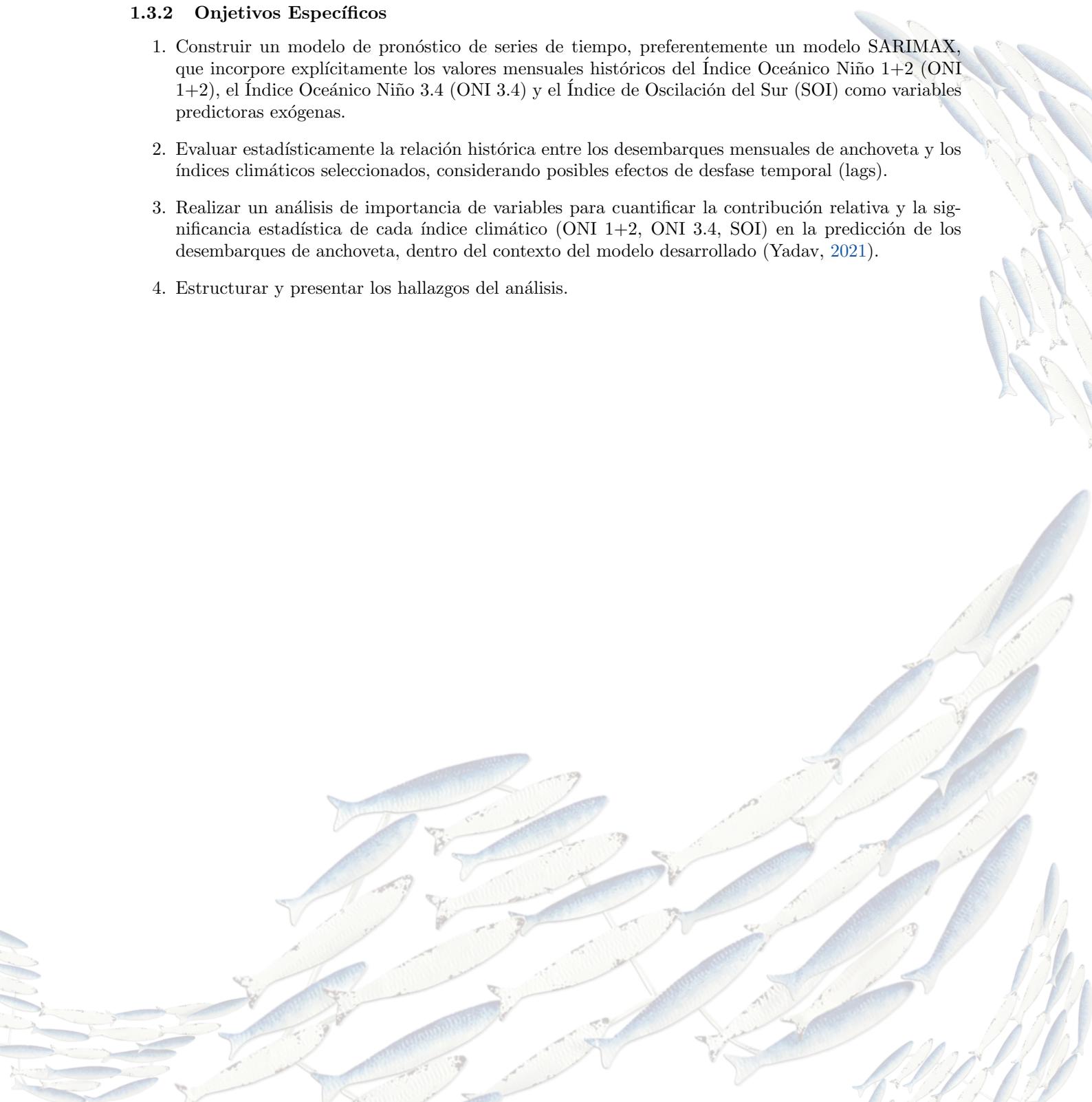
1.3 Objetivos

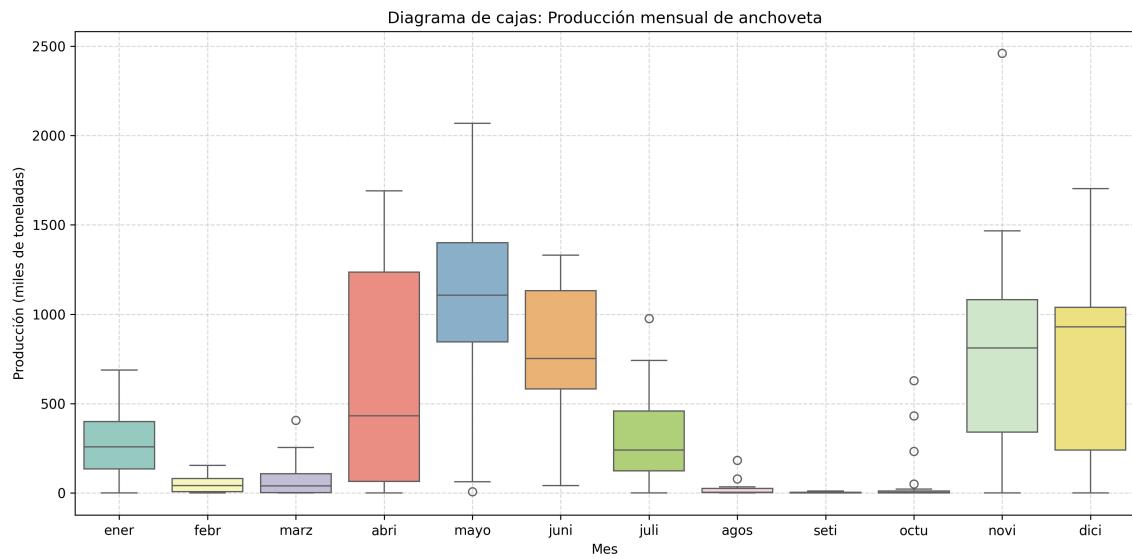
1.3.1 Objetivos Generales

Desarrollar y presentar un pronóstico estadístico de los desembarques mensuales de anchoveta peruana (*Engraulis ringens*), expresados en miles de toneladas métricas (TM), para los próximos cinco meses consecutivos, incluyendo los intervalos de confianza asociados para cuantificar la incertidumbre predictiva.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Construir un modelo de pronóstico de series de tiempo, preferentemente un modelo SARIMAX, que incorpore explícitamente los valores mensuales históricos del Índice Oceánico Niño 1+2 (ONI 1+2), el Índice Oceánico Niño 3.4 (ONI 3.4) y el Índice de Oscilación del Sur (SOI) como variables predictoras exógenas.
2. Evaluar estadísticamente la relación histórica entre los desembarques mensuales de anchoveta y los índices climáticos seleccionados, considerando posibles efectos de desfase temporal (lags).
3. Realizar un análisis de importancia de variables para cuantificar la contribución relativa y la significancia estadística de cada índice climático (ONI 1+2, ONI 3.4, SOI) en la predicción de los desembarques de anchoveta, dentro del contexto del modelo desarrollado (Yadav, 2021).
4. Estructurar y presentar los hallazgos del análisis.





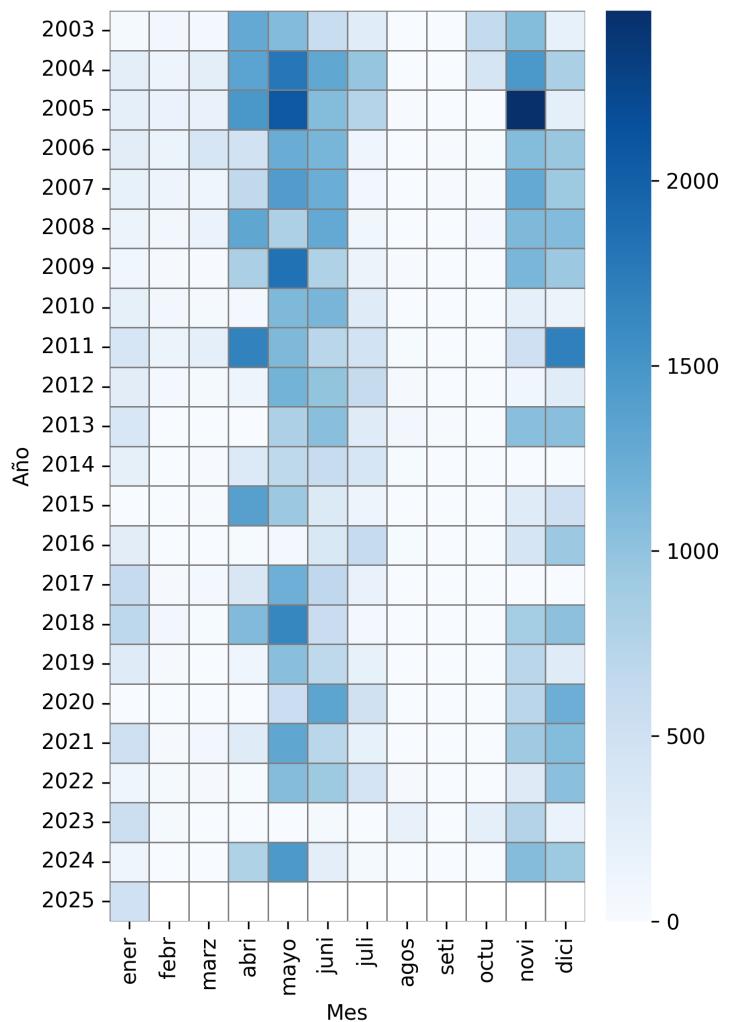
2 Metodología

2.1 Análisis Exploratorio

2.1.1 Producción de Anchoveta

Esta es nuestra **variable respuesta** obtenida a travez del Banco Central de Reserva del Perú BCRP (BCRP, 2025) detalla la producción pesquera de la anchoveta peruana en miles de toneladas de cada mes desde el año 2003 hasta enero del 2025 teniendo un total de 265 datos.

Tabla 1: Producción mensual de anchoveta peruana en miles de toneladas.



al calcular las media y varianza de cada mes podemos observar en el diagrama de cajas y bigotes y el mapa de calor un patrón notorio donde los meses donde más se pesca son mayo y noviembre y meses donde no casi no hay pesca ¿A qué se debe eso? La respuesta reside en el Ministerio de la Producción PRODUCE concede autorización de pesca en 2 temporadas al año la primera en marzo hasta junio y la segunda empieza desde noviembre hasta diciembre aunque estas pueden variar y son publicadas mediante resoluciones ministeriales

2.1.2 Índice de la Oscilación del Sur SOI

Empezamos con nuestra primera variable explicativa



References

- Barber, R. T., & Chavez, F. P. (1983). Biological consequences of el niño. *Science*, 222(4629), 1203–1210. <https://doi.org/10.1126/science.222.4629.1203>
- Chavez, F. P., Ryan, J., Lluch-Cota, S. E., & Niñueno C., M. (2003). From anchovies to sardines and back: Multidecadal change in the pacific ocean. *Science*, 299(5604), 217–221. <https://doi.org/10.1126/science.1075880>
- Bertrand, A., Segura, M., Gutiérrez, M., & Vásquez, L. (2004). From small-scale habitat loopholes to decadal cycles: A habitat-based hypothesis explaining fluctuation in pelagic fish populations off peru. *Fish and Fisheries*, 5(4), 296–316. <https://doi.org/10.1111/j.1467-2679.2004.00165.x>
- Niñueno, M., & Bouchon, M. (2004). Impact of el niño events on pelagic fisheries in peruvian waters. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 51(6–9), 563–574. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2004.03.001>
- Bakun, A., & Weeks, S. J. (2008). The marine ecosystem off peru: What are the secrets of its fishery productivity and what might its future hold? *Progress in Oceanography*, 79(2–4), 290–299. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2008.10.027>
- Bertrand, A., Gerlotto, F., Bertrand, S., Gutiérrez, M., Alza, L., Chipollini, A., Díaz, E., Espinoza, P., Ledesma, J., Quesquén, R., Peraltilla, S., & Chavez, F. (2008). Schooling behaviour and environmental forcing in relation to anchoveta distribution: An analysis across multiple spatial scales. *Progress in Oceanography*, 79(2–4), 264–277. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2008.10.018>
- Arias Schreiber, M. (2012). The evolution of legal instruments and the sustainability of the peruvian anchovy fishery. *Marine Policy*, 36(1), 78–89. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2011.03.010>
- Sherman, K. (2015). Sustaining the world's large marine ecosystems. *ICES Journal of Marine Science*, 72(9), 2521–2531. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsv136>
- Peruano, E. (2016, April). La acuicultura representará el 15% del pbi pesquero nacional. <https://www.elperuano.pe/noticia/38423-la-acuicultura-representara-el15-del-pbi-pesquero-nacional>
- Timmermann, A., An, S.-I., Kug, J.-S., Jin, F.-F., Cai, W., Capotondi, A., Cobb, K. M., Lengaigne, M., McPhaden, M. J., Stuecker, M. F., Stein, K., Wittenberg, A. T., Yun, K.-S., Bayr, T., Chen, H.-C., Chikamoto, Y., Dewitte, B., Dommenech, D., Grothe, P., ... Zhang, X. (2018). El niño–southern oscillation complexity. *Nature*, 559(7715), 535–545. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0252-6>
- Bouchon, G., C.Peña. (2019). Cambios en la distribución de la anchoveta durante eventos el niño extraordinarios (1982-83 y 1997-98) y el niño costero 2017. <https://repositorio.igp.gob.pe/items/0b9afbeb-cce9-4da2-8d76-2ed222dce90e>
- Yadav. (2021). Forecasting quarterly landings of total fish and major pelagic fishes and modelling the impacts of climate change on bombay duck. <https://nopr.niscpr.res.in/bitstream/123456789/57950/1/IJMS%2050%287%29%20%28557-565%29.pdf>
- Oliveros-Ramos, R., & Shin, Y.-J. (2023a). Future climate change impacts on anchoveta (*engraulis ringens*) in the northern peru current ecosystem. <https://doi.org/10.1101/2023.02.14.528548>
- Oliveros-Ramos, R., & Shin, Y.-J. (2023b). Future climate change impacts on anchoveta (*engraulis ringens*) in the northern peru current ecosystem. <https://doi.org/10.1101/2023.02.14.528548>
- BCRP. (2024, March). Notas de estudios del bcrp no. 21 – 21 de marzo de 2024. <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Notas-Estudios/2024/nota-de-estudios-21-2024.pdf>
- FAO. (2024, July). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2024*. Food; Agriculture Organization. <https://doi.org/10.4060/cd0683es>
- BCRP. (2025, February). Pesca marítima - consumo industrial - anchoveta. <https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/mensuales/resultados/PN01848AM/html>
- FAO. (2025). Especies acuáticas - engraulis ringens. <https://www.fao.org/fishery/en/aqspecies/2917/en>
- FishBase. (2025). Engraulis ringens, anchoveta : Fisheries. <https://www.fishbase.se/summary/SpeciesSummary.php?ID=4&AT=Anchovy>
- RAE. (2025, April). Anchoa — definición — diccionario de la lengua española — rae - asale. <https://dle.rae.es/anchoa#2XZOKks>