

# Algoritmo de predicción para detectar las zonas de veda ante la pesca indiscriminada de anchoveta, Callao

## Prediction algorithm for detecting closed areas for indiscriminate anchovy fishing, Callao

**Christian Manuel Rodriguez Chilet**

2021018586@unfv.edu.pe

**Erik Loayza Zarate**

2018026972@unfv.edu.pe

**Manuel Carranza Avellaneda**

2021018407@unfv.edu.pe

**Brayam Rodriguez Limahuay**

2020009495@unfv.edu.pe

**Adrian Olulo Veramendi**

2021018238@unfv.edu.pe

**Ivan Petrik Azabache**

ipetrik@unfv.edu.pe

Universidad Nacional Federico Villarreal, Facultad de Ingeniería  
Industrial y Sistema, Lima, Perú

RECIBIDO: 2/07/2024 - ACEPTADO: 17/07/2024 - PUBLICADO: 31/07/2024

### RESUMEN

La pesca indiscriminada de anchoveta en Perú amenaza la sostenibilidad de esta especie y el equilibrio del ecosistema marino. El estudio propone un algoritmo de predicción desarrollado en Python para identificar zonas de veda, evaluando variables como cantidad de peces, temperatura del agua y edad de las anchovetas. La metodología CRISP-DM guía el proceso, dividiéndose en fases de comprensión, preparación y modelado de datos, seguidas de evaluación y despliegue del modelo. Los resultados muestran que zonas como Chorrillos superan el umbral del 20% de captura de juveniles, indicando la necesidad de medidas más estrictas de protección. Además, se observa una tendencia ascendente en la captura total de anchovetas, sugiriendo un aumento en la demanda o cambios en el ecosistema marino. El análisis de probabilidad acumulada revela una estabilidad en la población juvenil, y los gráficos de dispersión destacan la relación entre coordenadas geográficas y capturas, ayudando en la gestión pesquera. La conclusión general subraya la urgencia de una gestión sostenible, la implementación de tecnologías de seguimiento y la promoción de prácticas pesqueras responsables para proteger la biodiversidad marina y garantizar la viabilidad económica y alimentaria del sector pesquero peruano.

**Palabras clave:** algoritmo de predicción, zonas de veda, pesca, Python, Anchoveta.

## ABSTRACT

Indiscriminate anchoveta fishing in Peru threatens the sustainability of this species and the balance of the marine ecosystem. The study proposes a prediction algorithm developed in Python to identify closed areas, evaluating variables such as quantity of fish, water temperature and age of anchovetas. The CRISP-DM methodology guides the process, divided into phases of data understanding, preparation and modeling, followed by model evaluation and deployment. The results show that areas such as Chorrillos exceed the 20% threshold of juvenile catch, indicating the need for stricter protection measures. In addition, an upward trend in the total catch of anchovetas is observed, suggesting an increase in demand or changes in the marine ecosystem. The cumulative probability analysis reveals stability in the juvenile population, and the scatter plots highlight the relationship between geographic coordinates and catches, aiding in fisheries management. The overall conclusion underlines the urgency of sustainable management, the implementation of monitoring technologies and the promotion of responsible fishing practices to protect marine biodiversity and guarantee the economic and food viability of the Peruvian fishing sector.

**Keywords:** prediction algorithm, closed areas, fishing, python, anchoveta.

## I. INTRODUCCIÓN

Según Montecino y Lange (2009, como se citó en Rivadeneyra-Villafuerte & Román-Amancio, 2022, p. 91), el ecosistema del mar peruano en la Corriente de Humboldt se destaca por ser el sistema de afloramiento más productivo del mundo, caracterizado por una notable variabilidad y una gran productividad biológica. Esto se debe a condiciones físicas extremadamente especiales, especialmente la presencia, intensidad y continuidad de los procesos de afloramiento costero, así como la dinámica oceánica. En términos simples, este territorio posee un ambiente ideal para el desarrollo de especies marítimas, entre ellas la anchoveta. Asimismo, la pesca de anchoveta es esencial para la producción de una amplia gama de productos pesqueros, que incluyen harina y aceite de pescado, conservas enlatadas, entre otros. En 1997 y 1998, hubo una disminución significativa en los desembarques debido a la sobreexplotación pesquera y al fenómeno climático de El Niño. Según Ñiquen et al., (2004), se requiere una vigilancia exhaustiva de los recursos, en particular la anchoveta y las condiciones ambientales, con el fin de promover la sostenibilidad de estos recursos y garantizar la viabilidad a largo plazo de la industria pesquera. Es importante evitar variables que afecten negativamente a la población de anchovetas.

En esta investigación, el objetivo principal es evaluar si es adecuado implementar medidas de protección en una zona de pesca específica para evitar la sobreexplotación, basándonos en el uso de estadísticas proporcionadas por una base de datos que analizará la población juvenil de anchoveta respecto a la muestra total. Para lograr esto, se utiliza un algoritmo creado en el lenguaje de programación Python. Antes de llevar a cabo cualquier actividad pesquera en esa área, se aplicará este algoritmo para obtener información relevante.

Para trabajar con este tipo de base de datos, es necesario escoger las variables que se tomarán en cuenta para obtener los resultados deseados. Estas incluyen el tamaño y la población de la especie de anchoveta en cuestión. La información recolectada se combinará con técnicas estadísticas dentro del algoritmo para determinar el porcentaje de anchovetas juveniles presentes.

En diferentes áreas de pesca de esa especie, el uso de esta metodología permitirá obtener conclusiones importantes que serán fundamentales para tomar decisiones en la gestión de los recursos pesqueros, asegurando la conservación y sostenibilidad de las poblaciones de anchovetas juveniles en las zonas de pesca consideradas áreas vedadas o protegidas. De esta forma, se conservará este recurso marítimo, que es valioso para los peruanos en cuanto a su fauna, medio ambiente y alimentación.

## II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La pesca descontrolada de anchoveta, especialmente en áreas protegidas conocidas como zonas de veda, representa una amenaza global para las poblaciones marinas. Estas áreas albergan una población juvenil de anchoveta reducida, lo que significa que la pesca sin regulación podría comprometer la supervivencia de esta especie.

A nivel global, la pesca sin control de anchoveta en áreas de protección es motivo de inquietud. La explotación excesiva de esta especie, esencial en los ecosistemas marinos, tiene repercusiones importantes en la seguridad alimentaria a nivel mundial y en la sostenibilidad de los recursos marinos. Asimismo, los progresos tecnológicos en la industria pesquera pueden generar efectos contraproducentes.

Según Gough et al., (2022)., afirman que los avances tecnológicos pueden contribuir a aumentar capturas más grandes, pero también pueden enmascarar los efectos negativos de la sobrepesca al permitir que los pescadores sigan capturando especies objetivo a pesar de su reducción en abundancia.

La principal inquietud en Latinoamérica es la gestión adecuada de las pesquerías, una problemática que se debe atender con el fin de asegurar la sostenibilidad de los recursos marinos. En un estudio llevado a cabo en México según Nevarez et al., (2023), se abordó específicamente el tema de la sardina del Pacífico en el Golfo de California, utilizando un enfoque basado en el modelo integrado de captura por edad, se analizó la variabilidad en elevada susceptibilidad a la contaminación. La biomasa de esta especie se ha analizado a lo largo de 47 temporadas de pesca, recolectando datos de captura por edad en dos sitios de desembarque diferentes. Sin embargo, es importante recalcar que esta investigación tenía una limitación temporal, lo que podría haber introducido sesgos debido a la falta de regulaciones a lo largo del tiempo.

Según De la Puente et al., (2020), destacan que la pesca de anchoveta indiscriminada en las áreas de veda del Callao presenta problemas y consecuencias negativas para las comunidades pesqueras locales. El aumento del esfuerzo pesquero y la falta de medidas adecuadas para controlar la explotación de los recursos marinos amenazan la importancia de la pesca artesanal. Se ha destacado la necesidad de tomar medidas concretas para abordar estos problemas y proteger los medios de vida de los pescadores artesanales de la región.

### A. Descripción del problema

Según Battista et al., (2018), plantean enfoques para optimizar la conformidad con las normativas pesqueras en contextos caracterizados por una escasa gobernanza y recursos limitados. Esta propuesta implica una comprensión profunda de las respuestas de los pescadores a las políticas y regulaciones, así como la implementación de intervenciones que potencien las herramientas tradicionales orientadas a reducir la pesca ilícita.

La extracción indiscriminada de la especie anchoveta en el puerto de Callao se deriva en gran parte de políticas y regulaciones insuficientes, lo que la convierte en una cuestión de preocupación sustancial debido a sus implicaciones perniciosas a nivel global, nacional y local. La sobreexplotación de los recursos pesqueros y la deficiencia en la aplicación

de regulaciones apropiadas amenazan la sostenibilidad de esta actividad económica fundamental y la integridad de los ecosistemas marinos. La plena comprensión de la magnitud del problema y la consideración de las diversas perspectivas al respecto resultan de vital importancia. A continuación, se presenta un análisis detallado de la problemática de la captura indiscriminada de la anchoveta en el puerto de Callao, acompañado de observaciones pertinentes que abarcan los planos global, nacional y local.

La visión internacional en relación con la pesca, según el estudio de Galli et al., (2022), destacan que el Plan de Desarrollo Pesquero, implantado hace más de cuatro décadas, confronta una situación de crisis inducida por la explotación excesiva de las especies principales, lo que ha mermado la disponibilidad de los recursos pesqueros. Además, se observa una disminución en la generación de valor agregado en la industria pesquera, condiciones laborales inadecuadas, declive en la generación de empleo y la incapacidad del sector para satisfacer la demanda interna. Los autores sostienen que abordar eficazmente esta problemática demanda un enfoque interdisciplinario dada la complejidad y magnitud de la situación. Previamente a la exposición de esta fuente, resulta de esencial relevancia resaltar la perspectiva nacional en relación con la pesca. Conforme al informe emitido por el Ministerio de la Producción del Perú. (2022), el ecosistema marino de Ica revela una elevada susceptibilidad a la contaminación. La Reserva Nacional de Paracas, zona protegida, subraya la urgencia de salvaguardarla de la contaminación derivada de la actividad pesquera industrial. Los efluentes generados por el bombeo de peces en las plantas de procesamiento y el procedimiento de obtención de harina y aceite de pescado constituyen fuentes de contaminantes. Sin embargo, a pesar de la gran importancia de la anchoveta en la dieta del peruano, existen diversos problemas respecto a la pesca de esta especie, tal como lo indica un informe anual del Ministerio de Producción. Durante el año 2022, el desembarque destinado a la industria de consumo humano indirecto (harina y aceite de pescado) registró un total de 4,040.7 miles de TM de anchoveta, volumen inferior en 1,129.5 miles de TM (21.8 %) respecto al año 2021, como efecto del menor desembarque en el primer bimestre motivado por el menor saldo de cuota de la segunda temporada de pesca en la zona norte-centro 2021 del citado recurso, así como de la presencia de condiciones oceanográficas desfavorables ocasionadas por la onda Kelvin y fuertes vientos próximos a la costa desde el mes

de noviembre, que propiciaron una dispersión y alejamiento.

## B. Objetivos

El objetivo principal es identificar las áreas de veda ante la pesca indiscriminada de anchoveta mediante el uso de un algoritmo desarrollado con el lenguaje de programación de alto nivel Python. Asimismo, los objetivos específicos son: aplicar un algoritmo de predicción utilizando técnicas de aprendizaje automático para identificar posibles áreas de veda debido a la depredación pesquera en el Callao. Analizar y recopilar información sobre la pesca de anchoveta en el Callao, incluyendo estadísticas de capturas, tamaños y áreas de veda establecidas, con el fin de identificar qué partes de las poblaciones de peces están siendo sobreexplotadas. Evaluar la eficacia del algoritmo de predicción mediante pruebas y validación utilizando datos de pesca de anchoveta en el Callao.

## C. Justificación

Este trabajo de investigación es esencial debido a la importancia crítica de la pesca de anchovetas en el contexto peruano y en la conservación del ecosistema marino en general. A continuación, se presentan las razones fundamentales que respaldan la realización de este estudio:

**Conservación de la Biodiversidad Marina:** La pesca de anchovetas es un eslabón crucial en la cadena alimentaria marina y tiene un impacto significativo en la biodiversidad del ecosistema marino peruano. Garantizar la sostenibilidad de esta pesquería es esencial para proteger la diversidad de especies marinas y mantener el equilibrio ecológico en los océanos.

**Sostenibilidad Económica:** La pesca de anchovetas es una actividad económica importante en el Perú, generando empleo y contribuyendo significativamente a la economía nacional. Garantizar la disponibilidad a largo plazo de esta especie es crucial para mantener la estabilidad económica y la seguridad alimentaria en el país.

**Impacto Social:** La pesca de anchovetas es una fuente de sustento para muchas comunidades costeras en el Perú. Un agotamiento o disminución drástica de las poblaciones de anchovetas tendría un impacto negativo en el bienestar de estas comunidades, afectando sus medios de vida y su acceso a alimentos básicos.

**Responsabilidad Ambiental:** El Perú tiene la responsabilidad de gestionar de manera responsable sus recursos marinos. Como parte de la comunidad internacional, el país debe cumplir con estándares y prácticas que promuevan la pesca sostenible y la conservación de los océanos.

**Amenazas Climáticas:** Los fenómenos climáticos como El Niño y La Niña pueden tener un impacto significativo en la disponibilidad de anchovetas y en las condiciones marinas en la costa peruana. Comprender la relación entre la temperatura del mar y la captura de anchovetas es esencial para adaptarse a estos eventos climáticos y tomar medidas preventivas.

**Beneficios a Futuro:** La investigación y gestión adecuada de la pesca de anchovetas en la actualidad tiene beneficios a largo plazo. Garantizar la sostenibilidad de esta pesquería es una inversión en el futuro de la industria pesquera peruana y la conservación de los recursos marinos.

**Innovación Tecnológica:** El uso de algoritmos y herramientas de análisis de datos basados en Python muestra cómo la innovación tecnológica puede contribuir a la gestión y comprensión de los recursos marinos. Estos avances pueden sentar las bases para enfoques más efectivos y precisos en la gestión pesquera.

## D. Antecedentes

Según Rodríguez (2020), implementan un módulo para el monitoreo de actividades extractivas de las embarcaciones pesqueras de anchoveta. El propósito es conocer los puntos de pesca (calas) donde se extrae el recurso para detectar actividades extractivas dentro de zonas no autorizadas y, en consecuencia, reducir la alta cantidad de informes de incidencias generadas por desconocer el punto de cala en el recorrido de una embarcación. Lo que se buscó fue implementar un módulo de detección de puntos de cala efectivo utilizando una red neuronal. Con este módulo, se busca disminuir el elevado número de incidencias presentadas por las embarcaciones pesqueras, que podrían realizar calas tanto dentro como fuera de zonas de reserva natural o vedadas.

Asimismo, Estrada (2020), relaciona la problemática existente entre la pesca de anchovetas juveniles y las consecuencias de las normas y decretos establecidos para regular esta actividad. Se destaca que, a pesar de tener normas que prohíben los descartes de juveniles en el mar, las empresas pesqueras continúan realizando esta práctica. Sin embargo,

se evidencia que tanto las sanciones establecidas como el Decreto Supremo implementado no están cumpliendo efectivamente con su propósito, lo que ha llevado a consecuencias no deseadas. Se resalta la necesidad de buscar soluciones más efectivas para proteger a las poblaciones juveniles de anchovetas y garantizar la sostenibilidad de la pesca.

Además, Jiménez et al., (2020)., abordan las problemáticas que han surgido sobre la descarga de juveniles de anchoveta a pesar de las medidas de regulación establecidas. En particular, se menciona que el sistema de cuotas individuales y la sanción por descargar juveniles ha llevado a un aumento de descartes en el mar y su captura sistemática, lo que ha generado más perjuicios que beneficios para la sostenibilidad de la anchoveta peruana. Para abordar estas problemáticas y contribuir a la sostenibilidad de la pesquería, se proponen medidas potenciales, como disminuir el tiempo que las empresas pesqueras tienen para prepararse antes de que se implementen los cierres en áreas con abundancia de ejemplares de tallas menores, lo que podría reducir la captura de juveniles. Además, se sugiere la implementación de mapas de distribución potencial, utilizando información sobre la distribución de la anchoveta en diferentes etapas de su ciclo de vida para tomar decisiones más precisas sobre los cierres y evitar la captura de juveniles.

Por otro lado, Peña (2019), analiza los impactos del fenómeno del Niño en la pesca de anchoveta en el mar de Perú y evalúa la capacidad de recuperación de este recurso frente a dichos eventos. El estudio se enfoca en los aspectos biológicos y pesqueros de la anchoveta para identificar los cambios causados por los eventos anómalos de El Niño. Además, se busca integrar los efectos de El Niño en el mar de Perú, desde la variabilidad ambiental generada por el fenómeno hasta sus consecuencias económicas y sociales en el sector pesquero del país. Concluye que, debido a las lecciones aprendidas durante las décadas anteriores, la gestión pesquera industrial dirigida a la pesca de anchoveta ha mejorado, lo que ha permitido una rápida recuperación del recurso a nivel biológico y pesquero después de los eventos El Niño, manteniendo estable su producción y contribuyendo al bienestar social y económico del sector pesquero.

Asimismo, Virhuez (2021), abordan los desafíos en el ámbito de la salud que han tenido un impacto negativo tanto en la industria pesquera peruana como en la global. Estos desafíos han surgido debido a diversas limitaciones en el suministro, restricciones en el transporte y una reducción en la demanda. Consecuentemente, esto ha ocasionado una disminución

en los precios y, en algunos casos, el cese de operaciones de flotas pesqueras debido a la baja rentabilidad y la incapacidad para cumplir con las cuotas de pesca establecidas. Dentro de los resultados más destacados, se encuentra el análisis del impacto de la emergencia derivada de la pandemia de COVID-19 en las capturas y desembarques de anchoveta en las regiones norte y centro de Perú. Este análisis se basó en la evaluación detallada de los informes diarios de pesca artesanal e industrial publicados por IMAPE y PRODUCE. Como resultado principal, se concluyó que la actividad de pesca artesanal en los puertos de Callao, Chimbote y Paita ha experimentado una notable disminución en comparación con años anteriores. Sin embargo, es interesante notar que la situación en Chicama no mostró cambios significativos durante el período de crisis sanitaria causada por la pandemia.

Además, Menaka, D., & Gauni, S. (2021), afirma que la predicción de parámetros marinos es un tema cada vez más relevante en el ámbito marítimo para detectar cambios climáticos. La mayoría de los métodos actuales solo se centran en predecir un único parámetro, la temperatura de la superficie del mar (TSM). Este artículo describe un enfoque basado en aprendizaje profundo utilizando una red neuronal de perceptrón multicapa (MLP) junto con un modelo de memoria a corto plazo jerárquico (HM-LSTM) y una convolución multivariada de alta velocidad (MVC) para anticipar cuatro parámetros fundamentales: temperatura, presión, salinidad y tres tipos de densidad oceánica diferente. Estos parámetros se aplican a diferentes regiones como la Bahía de Bengala, el Océano Ártico y el Océano Índico. A diferencia de los métodos convencionales que solo consideran predicciones temporales, este enfoque incorpora las correlaciones espaciales de los datos. Además, se tiene en cuenta la variación espacial y temporal de los parámetros tanto en horizontal como en vertical hasta una profundidad de 2000 metros debajo de la superficie. La información proporcionada por ARGO sobre termoclina, piroclina y haloclina se utiliza para mejorar las predicciones. Los resultados demuestran una alta precisión general, con un factor de estrés y debilita el sistema inmunológico del coral marino, sino que también desempeñan un papel crucial en la seguridad alimentaria, el desarrollo económico global, la investigación biomédica, la medicina, el análisis diagnóstico, así como en la industria turística y de transporte.

Seguidamente en la investigación de Luna-Pacompea et al., (2022), busca formular modelos que expliquen la captura y desembarque de anchoveta en función de períodos fríos y cálidos en el mar peruano

frente a las costas del Callao. Se realiza un estudio estadístico de las características de la temperatura superficial del mar, específicamente con las componentes observables y no observables de esta, que pueden estar asociadas con los eventos conocidos como “El Niño” y “La Niña”. Se desarrollan modelos estructurales para estimar, con ayuda del filtro de Kalman, el comportamiento de la captura y desembarque de anchoveta en función de la temperatura superficial del mar. Consecuentemente, para determinar si el monto pagado por derecho de pesca es razonable, se requiere conocer la renta del recurso (margen de rentabilidad) a partir de los niveles de ingresos y costos de la industria pesquera extractiva en general, los cuales dependen ciertamente de variables biológicas y económicas. Es por ello que, precisamente según Sánchez et al., (2022), define que la academia ha generado modelos matemáticos en el marco de la teoría bioeconómica, orientados a resolver este tipo de problemas, que el presente estudio recoge con el fin de analizar la factibilidad de su aplicación. Por las consideraciones expuestas, se estima necesario efectuar un estudio de la renta pesquera de la anchoveta, basada en un modelo bioeconómico dinámico en tiempo continuo, que pudiera utilizarse como fundamento básico para el cálculo de los derechos de pesca del recurso anchoveta. En consecuencia, desde una perspectiva teórica, la renta del recurso pertenecería al Estado, en su calidad de propietario del recurso, cuyo monto podría considerarse como el derecho de pesca que el armador pesquero se obliga a pagar al Estado.

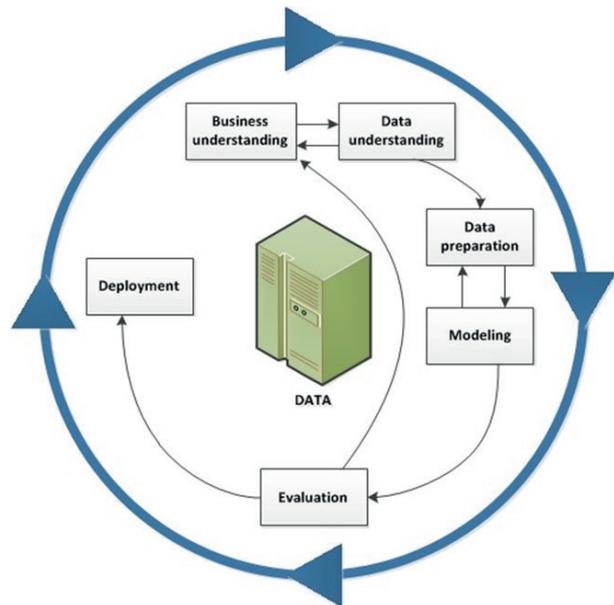
### III. METODOLOGIA

#### 3.1. Metodología CRISP-DM

La metodología empleada en este trabajo de investigación se denomina CRISP-DM. Tal como se indica Martínez-Plumed, F., Contreras-Ochando et al., (2021), el CRISP-DM es una metodología de minería de datos que busca, a través de una serie de pasos, comprender los datos, sus sistemas, estructura y motivos, con el objetivo de orientar las tareas de minería de datos en cualquier trabajo de investigación o negocio.

Esta metodología se divide en 6 fases: comprensión del negocio, comprensión de los datos, preparación de los datos, modelado, evaluación y despliegue. Sin embargo, tal como indica la figura, los pasos no se toman de manera lineal y puede ser necesario regresar a la primera fase para un replanteamiento del propósito u obtención de los datos con los que se trabajará.

Figura 1  
XXXX



Fuente: IBM

#### 3.1.1. Business Understanding

Aunque la temática de esta investigación no se basa en el mundo de los negocios, la metodología CRISP-DM propone una comprensión clara de los propósitos por los cuales se evaluarán los datos para llevar a cabo el algoritmo de predicción. Uno de los objetivos puede definirse como:

Crear un algoritmo de predicción que determine qué zonas tienen una mayor probabilidad de ser vedadas.

#### A. Objetivos de Minería de Datos

Filtrar datos de zonas no relevantes para la investigación. Recoger y analizar datos sobre los ejemplares juveniles capturados durante las calas. Obtener datos de la latitud y longitud de las zonas de cala.

#### B. Riesgos y Contingencias

Datos en los que la pesca haya sido muy baja o despreciable. Horarios no fijos de la hora de cala.

Pocas zonas de cala para estudiar los procesos de cala. Fenómenos climáticos, como El Niño, que alteren los índices regulares de presencia de anchoveta en el mar.

#### C. Cumplimiento de Requisitos

Las técnicas deben cumplir con los requisitos y objetivos del proyecto. Es por ello que la generación

del modelo se determina en función de las características de los datos y los objetivos de precisión que se desean alcanzar con el modelo.

#### D. Criterio de Éxito

El criterio de éxito es comparar los resultados de la matriz de confusión, tanto los falsos positivos como los falsos negativos, con el reporte tomado de la base de datos en este programa.

##### 3.1.2. Data Understanding

En cuanto a esta fase, de comprensión de datos, queremos recolectar y elaborar informes con una lista de datos adquiridos, tanto para la localización de varios puertos en la capital de nuestro país, empleando las técnicas adecuadas utilizando los datos recolectados y ofreciendo soluciones inherentes a nuestra problemática. Utilizando datos como el número de cala, las porciones de la playa donde se ha realizado la pesca a lo largo del tiempo, fechas y horarios, y la captura de la pesca, es decir, cuánto se obtuvo de la concentración de vida marina, evaluaremos posibles disminuciones y opciones en otras zonas aledañas a la costa.

##### 3.1.3. Data Preparation

La preparación de los datos es la fase en la cual decidiremos qué datos son relevantes para los propósitos establecidos en este proyecto de investigación. Los datos fueron obtenidos de Gutierrez (2020), perteneciente al Instituto de Investigación Marina y Acuícola Humboldt, cuyo formato original es CSV. La base de datos cuenta con un apartado llamado "ZONAS", que menciona la localización de

donde se tomaron los porcentajes de pesca de anchoveta, incluyendo: Callao, Pucusana, Ancón, Villa el Salvador, Chorrillos, Pachacamac, Ventanilla, Lurín y Ferroles. Sin embargo, la zona del Callao es relevante para nuestra investigación, por lo tanto, se filtraron los datos únicamente con la etiqueta "Callao" en la columna de "ZONAS".

##### 3.1.4. Modeling

Para el modelo escogido, se centra en la selección de la técnica de minería de datos más apropiada para el tipo de problema que se quiere resolver, considerando el análisis de regresión y verificando la validez del modelo elegido una vez que esté construido.

##### 3.1.5. Evaluations

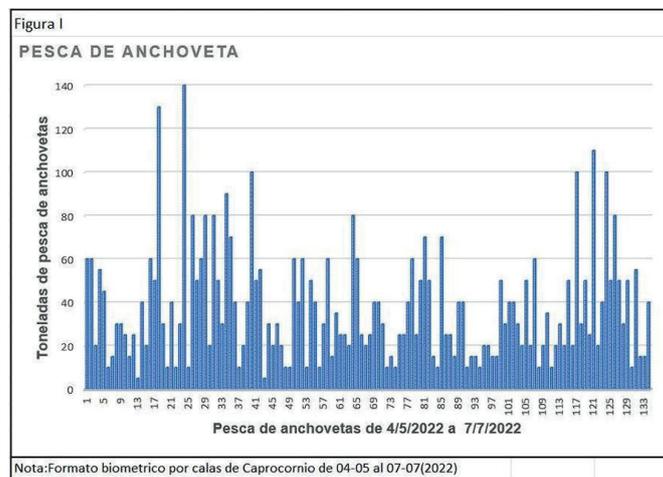
Para esta fase, se evalúa el modelo considerando que cumpla con los criterios de éxito para nuestra problemática y que los resultados obtenidos sean exactos en relación a los objetivos del proyecto. Es importante identificar los datos que podrían mejorarse y, en algunos casos, podría decidirse dar por terminado el proyecto en esta fase.

##### 3.1.6. Deployment

Una vez que el modelo esté terminado y validado, se procederá a implementar acciones dentro del modelo con diferentes conjuntos de datos y resultados. Esto concluye con una estrategia documentada para su posterior implementación. En el caso de que el modelo no se esté utilizando apropiadamente, se consideran los puntos importantes del proyecto, la experiencia adquirida y los logros obtenidos para realizar ajustes necesarios (ver Figura 2).

Figura 2

Pesca de anchoveta de 4/5/2022 a 7/7/2022.



## IV. DESARROLLO DE LA SOLUCION

### 4.1. Requisitos Funcionales y No Funcionales

#### A. Requerimientos Funcionales:

- **Autenticación de usuario**

El usuario deberá conectar su cuenta de Google Drive al Google Colab una vez se ejecute el primer bloque de código. Gracias a la librería `os`, el Colab creará una carpeta en la cual se guardarán archivos relevantes para su recuperación en caso de alguna interrupción en el procesado de la información.

- **Consulta de información**

El usuario deberá ejecutar desde el segundo hasta el penúltimo bloque para consultar información del archivo Excel (XLSX) que se usa como base de datos. Esta base de datos contiene información recopilada de los índices de pesca en distintas zonas como el Callao, Chorrillos, etc. El programa realizará un análisis de esta base de datos con el fin de comparar y proyectar los datos de manera gráfica.

- **Recopilar gráficos de la información**

Ejecutando el último bloque, el usuario podrá recopilar los resultados de su base de datos en formato de gráficos estadísticos para un mejor análisis de los resultados. Estos gráficos se reunirán en formato Portable Document Format (PDF) para una fácil lectura y transporte del archivo.

#### B. Requerimientos No Funcionales:

- **Eficiencia**

El sistema debe garantizar un rendimiento óptimo durante la operación del usuario. Las modificaciones de datos en la base de datos deben ser reflejadas de manera inmediata para todos los usuarios.

- **Seguridad lógica y de datos**

La gestión de permisos de acceso al sistema está reservada exclusivamente para el administrador de control de datos.

- **Usabilidad**

El sistema debe permitir que los usuarios alcancen un nivel de competencia en su

uso en un período de capacitación inferior a 4 horas. Se requiere la disponibilidad de manuales de usuario que sigan una estructura bien definida. El sistema cuenta con una transformación de los resultados a un archivo en PDF para facilitar el aprendizaje, la comprensibilidad, la operatividad y el atractivo. Se utilizarán métodos en Python para reutilizar bucles y facilitar el uso continuo de bucles.

- **Base de datos**

La infraestructura del sistema incorpora una base de datos en formato Excel.

### 4.2. Modelo Matemático de la Aplicación

Según Mamani et al., (2022), el método matemático cuantitativo permite pronosticar valores futuros y desempeña un papel esencial en la estimación de tendencias y la toma de decisiones fundamentadas. Su aplicación es especialmente relevante cuando se observa un comportamiento de crecimiento o decrecimiento, ya que esto sugiere cierta linealidad en los datos.

Asimismo, el modelo de regresión lineal, según Mamani (2022), permitió generar un modelo matemático en el cual el valor de la variable Y se estima o predice a partir de un conjunto de variables independientes, representadas como X. Estas variables X pertenecen al conjunto de números reales y pueden ser múltiples, con un total de P predictores, donde P es el número de variables independientes utilizadas en el modelo.

La ecuación que define la regresión lineal se expresa como:

$$y = \beta_0 + \sum_{j=1}^p x_j \beta_j + \epsilon \quad (1)$$

En la ecuación, Y es la variable dependiente que estamos tratando de predecir o explicar.  $\beta_0$  es el intercepto, que representa el valor esperado de Y cuando todas las variables independientes son iguales a cero.

Asimismo,  $\beta_j$  con  $j=1, 2, \dots, p$  son los coeficientes de regresión, que indican la relación entre cada variable independiente  $X_j$  y la variable dependiente Y. Además,  $X_j$  son las variables independientes que influyen en Y.  $\epsilon$  representa el error de observación, que es la diferencia entre el valor observado de Y y el valor predicho por el modelo debido a variables no controlables o factores aleatorios.

Al identificar una relación lineal, nos da la capacidad de predecir valores futuros con mayor confianza, lo que a su vez respalda la toma de decisiones informadas en una variedad de campos, desde la economía hasta la ciencia de datos y más allá.

**A. Codificación:**

**Conexión e importación:** Se importan las bibliotecas necesarias para el análisis de datos y la visualización. Entre las librerías importadas para el funcionamiento del código se encuentran: pandas (para el manejo de datos estadísticos), matplotlib (para la visualización de gráficos estadísticos), numpy (librería para trabajar con cálculos numéricos y análisis de datos), sklearn (para realizar modelos de regresión lineal), google.colab.drive (para enlazar el cuaderno con el Drive del usuario), tabulate (que ayuda a visualizar los datos en forma de tabla), y google.colab.files (para crear carpetas dentro del Google Drive del usuario). Asimismo, se agrega Google Drive al Google Colab utilizando "drive.mount". Se lee un archivo especificando la ruta usando "pd.read\_excel", en donde los datos se almacenan en un dataframe llamado "datos".

**B. Datos de la tabla (Google Drive):**

Los datos resguardados en Google Drive se encuentran contenidos en un archivo en formato Excel, el cual será empleado con el propósito de generar representaciones gráficas de carácter estadístico en el ámbito de este proyecto (ver Figura 3).

**C. Código de porcentaje de peces juveniles:**

Este código emplea la lectura de archivos en Python. En este caso, se almacena en la variable archivo estadística la ruta "/content/Tabla estadística.txt" que se almacena en la memoria del cuaderno de Google Colab; en otras palabras, es un archivo

temporal. Se utilizan comandos de la librería conocida como Pandas para realizar cálculos respecto a la columna de porcentajes de anchovetas juveniles.

Los cálculos realizados incluyen la media, mediana, moda, desviación estándar, varianza, rango y rango intercuartílico sobre la variable porcentaje de juveniles y la muestra de anchovetas juveniles. El objetivo principal de estos cálculos es obtener una perspectiva objetiva sobre la comparación de la población de anchovetas juveniles en comparación a la población total de anchovetas. De esta forma, se obtendría una proporción entre estas poblaciones que es crítica para el estudio de esta investigación (ver Figuras 4-5).

**D. Código de gráfico de barras:**

Este código tiene como objetivo realizar un análisis de datos relacionados con la captura de anchoveta juvenil y representar los resultados de este análisis en un gráfico de barras. La tarea específica que realiza es identificar cuántas veces se ha superado el umbral del 20 % en términos de captura de anchoveta juvenil en un conjunto de datos. Para lograrlo, se filtran los datos del DataFrame 'datos' utilizando una condición. Se seleccionan las filas donde el valor de la columna 'porcentaje juveniles' sea mayor que 0.2. Luego, se cuenta la frecuencia de cada valor único en la columna 'ZONA' en estas filas filtradas y se almacena en la variable 'zonas\_veda'. Posteriormente, se definen dos funciones para generar y guardar gráficos de barras, respectivamente. La función 'generar\_pdf' toma tres argumentos: el nombre del eje x, el nombre del eje y y el título del gráfico. Esta función crea un gráfico de barras a partir de los datos en 'zonas\_veda'. La función 'guardar\_pdf' guarda el gráfico de barras generado en un archivo PDF en una ubicación específica y muestra un mensaje de confirmación. Se llama a la función 'generar\_pdf' para crear un gráfico de barras con etiquetas apropiadas (ver Figuras 6-7).

**Figura 3**  
Datos de la tabla:(Google Drive)

Nº	NAVE	Nº DE CALA	fecha cala	HORA DE CALA\n(24 horas)	CAPTURA_TOTAL	longitud	latitud	MUESTRA	ZONA	...	13.5	14	14.5	15	15.5	16	16.5	17	17.5	18
0	1	CAPRICORNIO 3	2022-05-04	07:14:00	60	-77.6396	-11.7721	180	ANCON	...	25.0	20.0	10.0	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
1	2	CAPRICORNIO 3	2022-05-04	08:58:00	60	-77.6095	-11.7836	180	ANCON	...	30.0	15.0	10.0	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
2	3	CAPRICORNIO 3	2022-05-04	11:41:00	20	-77.5755	-11.7818	180	ANCON	...	20.0	10.0	10.0	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
3	4	CAPRICORNIO 3	2022-05-06	06:45:00	75	-77.3584	-11.9259	180	CALLAO	...	24.0	15.0	10.0	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
4	5	CAPRICORNIO 3	2022-05-06	10:52:00	20	-77.3320	-11.8828	180	CALLAO	...	27.0	20.0	15.0	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN

5 rows x 43 columns

**Figura 4**  
Código de porcentaje de peces juveniles.

```

resultadosEstadisticos=[
  ["VALORES", datos['porcentaje_juveniles'].mean(),
   datos['porcentaje_juveniles'].median(),
   datos['porcentaje_juveniles'].mode(), datos['porcentaje_juveniles'].std(),
   datos['porcentaje_juveniles'].var()]
]
encabezados = ["-----", "Media", "Mediana", "Moda", "Desviación Estandar", "Varianza"]
tabla_consumo = tabulate(resultadosEstadisticos, headers=encabezados, tablefmt="grid")
print(tabla_consumo)
##MEJORAS DEL GRUPO 1
#Guarda el resultado en un archivo txt
def archivo():
  print("\n---DESCARGA DEL ARCHIVO---")
  with open(archivo_estadistica, 'w') as archivo:
    archivo.write(tabla_consumo)
#importado del "from google.colab import files"
try:
  option = input("Desea guardar el archivo: (S/N): ")
  if option.lower() == "s":
    print("descargando archivo")
    files.download('Tabla_estadistica.txt')
  elif option.lower() == "n":
    print("\nGracias")
  else:
    print("Esa opción no es correcta")
except TypeError:
  print("Esa opción no es correcta")
archivo()

```

**Figura 5**  
Resultado del código de porcentaje de peces juveniles.

```

PORCENTAJE DE JUVENILES

La media es : 0.20177078854535802
La mediana es : 0.1444444444
La moda es: 0 0.1
Name: porcentaje_juveniles, dtype: float64
La desviacion es : 0.16549357795309405
La varianza es : 0.027388124343716815

```

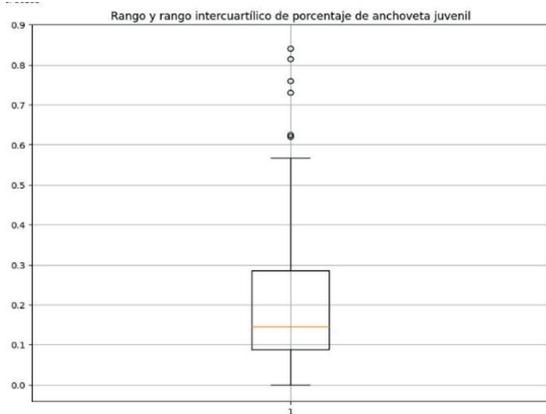
-----	Media	Mediana	Moda	Desviación Estandar	Varianza
VALORES	0.201771	0.144444	0.1	0.165494	0.0273881

```

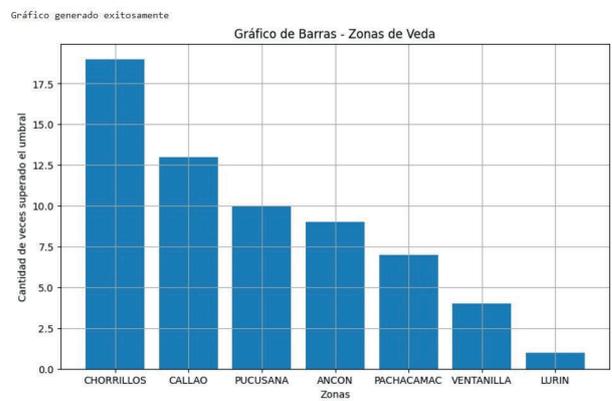
---DESCARGA DEL ARCHIVO---
Desea guardar el archivo: (S/N): N

```

**Figura 6**  
Vista previa del Gráfico de cajas



**Figura 7**  
Vista previa del gráfico de barras



### E. Código del gráfico de series temporales:

El código se encarga de tomar la columna de fechas y asegurarse de que esté en el formato correcto para su posterior procesamiento. Esto puede incluir la conversión de cadenas de texto a objetos de fecha y hora utilizando la función `pd.to_datetime()`. Una vez que las fechas se han procesado adecuadamente, se utiliza una de ellas para establecer el índice del DataFrame utilizando el método `set_index()`. Esto es fundamental en el análisis de series temporales, ya que permite realizar consultas y operaciones específicas basadas en fechas.

Con el índice de fecha establecido, el código está listo para crear la gráfica de series temporales mediante la biblioteca `matplotlib.pyplot`, donde se muestran las fechas en el eje x y los valores de 'CAPTURA TOTAL' en el eje y. Esta visualización representa la captura total en función del tiempo, lo que facilita la identificación de tendencias, patrones estacionales y otros insights relevantes en los

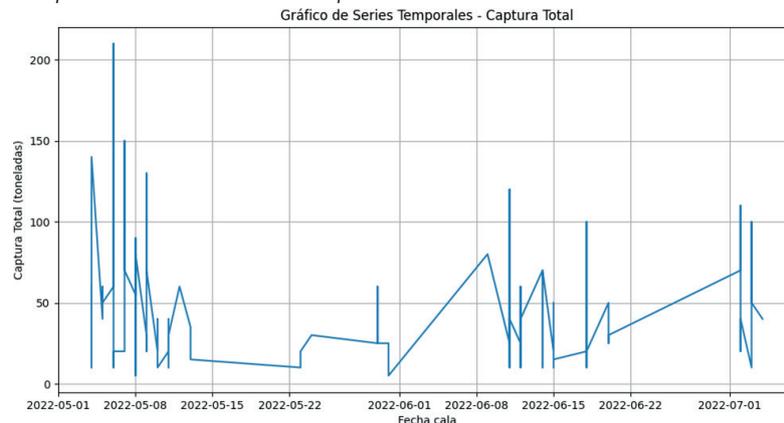
datos temporales. Como último paso, la gráfica se guarda en un archivo PDF (ver Figura 8).

### F. Código del gráfico de probabilidad acumulada:

El código procesa los datos para calcular la probabilidad acumulada correspondiente a cada uno de los porcentajes juveniles presentes en la variable mencionada. Esta probabilidad es un indicador de cuán probable es superar cierto porcentaje de juveniles en la población o en el conjunto de datos en cuestión. Una vez que se han calculado estas probabilidades acumuladas utilizando la función `np.arange()` y se almacenan en la variable 'probabilidad\_acumulada', el código procede a crear un gráfico para visualizar los valores de los porcentajes juveniles que se representan en el eje horizontal (eje x), mientras que las probabilidades acumuladas se encuentran en el eje vertical (eje y). Por último, se guarda el gráfico en un archivo PDF (ver Figura 9).

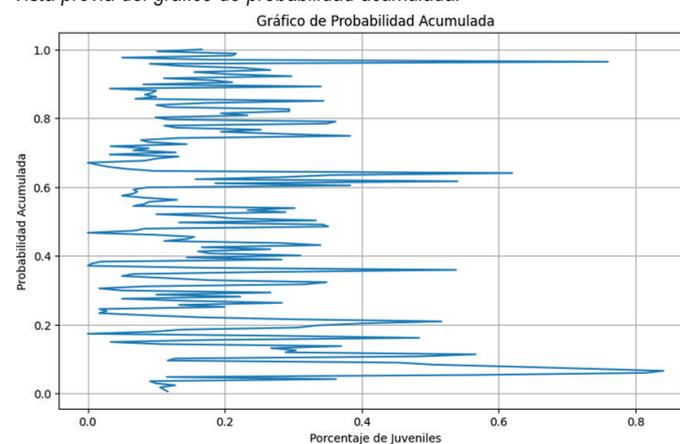
**Figura 8**

Vista previa del Gráfico de series temporales.



**Figura 9**

Vista previa del gráfico de probabilidad acumulada.



### G. Código del gráfico de dispersión:

Utilizando la biblioteca de Python llamada Matplotlib, se efectúa un análisis de los datos extraídos de una base de datos en formato Excel. Este análisis tiene como finalidad la generación de gráficos de dispersión que relacionan la latitud y longitud de las áreas de pesca de anchoveta. En estos gráficos, se emplea la codificación de colores para representar la cantidad total de captura de anchoveta, expresada en toneladas.

En otras palabras, la gama de colores utilizada en los gráficos permite visualizar la cantidad de toneladas de anchoveta capturada en cada ubicación. Esta gama de colores abarca desde tonos morados hasta amarillos, lo que significa que la cantidad de toneladas de anchoveta capturada se representa mediante una variación de colores que va desde el morado, indicando una menor cantidad, hasta el amarillo. Cuando la tonalidad se inclina hacia el color amarillo, indica que se ha registrado una mayor cantidad de toneladas de anchoveta pescada en la respectiva área de pesca. Este enfoque gráfico proporciona una representación efectiva de la distribución geográfica de las capturas de anchoveta (ver Figura 10).

### H. Matriz de confusión

La matriz de confusión es una gráfica que permite detectar la aproximación de verdaderos positivos, falsos positivos, verdaderos negativos y falsos

negativos de un modelo de predicción. En este proyecto, el modelo empleado es el modelo de regresión lineal, que busca predecir el porcentaje de juveniles en base a la longitud proporcionada por el usuario. En el código, el modelo empleado es conocido como 'LinearRegression' para el procesamiento de los datos de las columnas 'CAPTURA TOTAL' y 'porcentaje juveniles', tal como se puede observar en la figura 11. En el eje horizontal se presentan los valores de predicción, mientras que en el eje vertical se presentan las etiquetas verdaderas tomadas de la base de datos. Además, en la siguiente tabla, se pueden observar algunos ejemplos de predicciones usando el modelo de regresión lineal con datos ingresados por teclado.

**Tabla 1**

*Tabla de ejemplo de predicciones del porcentaje de peces juveniles*

Valor ingresado (longitud)	Valor predicho (porcentaje de juveniles)
0	0.222548
1	0.222548
2	0.178487
3	0.239071
4	0.178487
...	
162	0.172979
163	0.217040
164	0.172979
165	0.172979
166	0.200518

**Figura 10**

*Código empleado para el gráfico de dispersión*

```

zonas = datos['ZONA'].unique()

pdf_merger = PdfMerger() #MEJORA GRUPO 1

for zona in zonas:
    datos_zona = datos[datos['ZONA'] == zona]
    plt.figure(figsize=(15, 6))
    plt.scatter(datos_zona['longitud'], datos_zona['latitud'], c=datos_zona['CAPTURA_TOTAL'], cmap='viridis')
    plt.colorbar(label='Captura Total (toneladas)')
    plt.xlabel('Longitud')
    plt.ylabel('Latitud')
    plt.title(f'Gráfico de Dispersión - Captura Total ({zona})')
    plt.grid(True)

    pdf_dispersiones = f'grafico_{zona}.pdf' # pone un nombre distinto a cada pdf

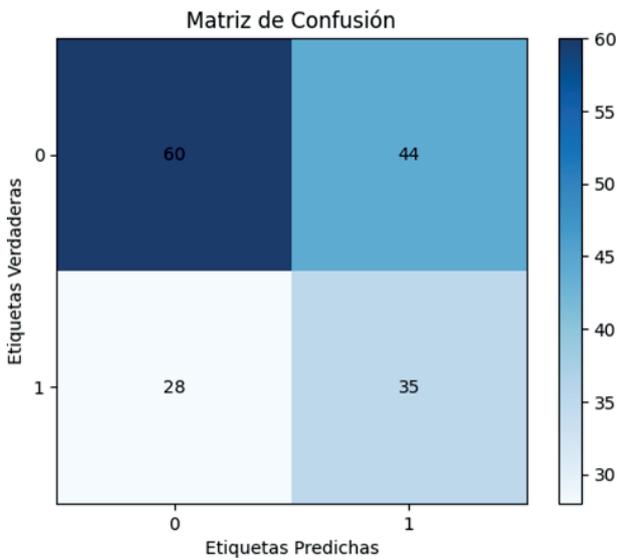
    plt.savefig(pdf_dispersiones)
    plt.show()
    plt.close()

    pdf_merger.append(pdf_dispersiones)
#MEJORAS GRUPO 1
pdf_merger.write('gráfico de dispersión.pdf') # guarda el pdf ya unido
plt.show()
pdf_merger.close()

# REMUEVE CADA PDF INDIVIDUAL
for zona in zonas:
    pdf_dispersiones = f'grafico_{zona}.pdf'
    if os.path.exists(pdf_dispersiones):
        os.remove(pdf_dispersiones)

```

**Figura 11**  
Matriz de confusión



**I. Módulo de PDF para descargar:**

El último módulo emplea la librería PyPDF2 para recopilar los PDF generados por cada gráfico y unirlos al final. Para ello, realiza un recorrido iterativo para recopilar todos los PDF guardados en variables dentro de un arreglo unidimensional que se guarda en memoria. A partir de este arreglo unidimensional, se ordenan utilizando la función sort, que tomará como criterio el orden de creación. Luego de esto, se llama al objeto PyPDF2.PdfWriter(), que proviene de una clase predeterminada de esta librería. Empleando el manejo de archivos en el

modo de lectura, se obtiene el total de páginas que tendrá el PDF del informe final. Luego, se enumeran las páginas y se recorren una a una para recopilar sobre el archivo con el comando pdf\_writer.add\_page(page). En el siguiente paso, se abre el archivo en modo escritura y se guardan los cambios. Al final, con el módulo files se utiliza el comando files.download('merged.pdf') para descargar el archivo PDF final con todos los gráficos.

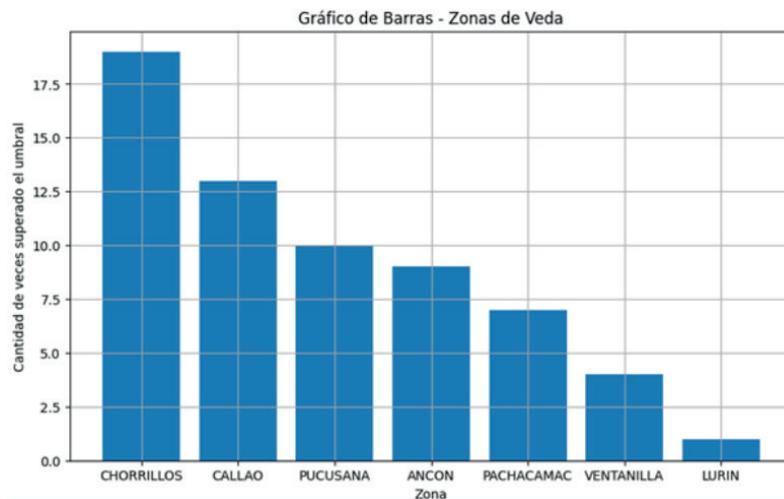
Luego de esto, el usuario obtendrá un archivo PDF localizado en su Google Drive dentro de la carpeta correspondiente.

**V. RESULTADOS**

El objetivo de este estudio es identificar y establecer los límites de la veda de la pesca de anchovetas para evitar la desaparición de anchovetas jóvenes, cuya repercusión puede afectar tanto en ámbitos medioambientales como económicos y alimenticios para los peruanos. Para lograr esto, se utilizó un algoritmo de predicción basado en el lenguaje de programación de alto nivel Python. Los datos diarios sobre la captura y la cantidad de toneladas pescadas se recopilaron para obtener un análisis estadístico sobre la pesca.

En el primer resultado, obtenido del gráfico de barras de la figura 12, se determina la cantidad de veces, en relación con la zona y la captura total, que se superó el 20 % de las anchovetas juveniles en cada cala. En este gráfico se muestra que todas las calas en la zona de Chorrillos han superado 17 veces la pesca de más del 20 % de anchoveta juvenil.

**Figura 12**  
Gráfico de barras que muestra el número de veces que se superó el umbral en zonas de veda



El segundo resultado del gráfico de series temporales de la figura 13 muestra una tendencia ascendente en los puntos de datos en intervalos sucesivos. El eje horizontal representa el intervalo de fechas que corresponde a una cantidad medida de la captura total. La mayor captura total del año 2022 se obtuvo entre el 01-05-2022 y el 08-05-2022.

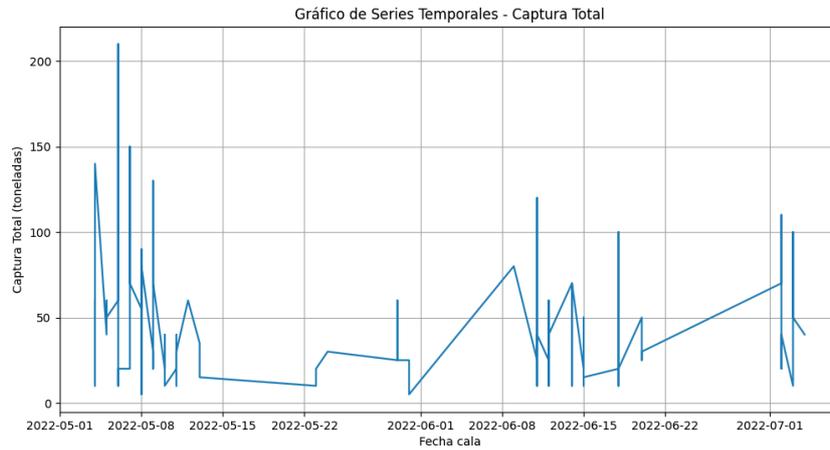
Por otro lado, como tercer resultado, en la gráfica de probabilidad acumulada de la figura 14 se demuestra que, del porcentaje de anchovetas juveniles, se devuelve la probabilidad de que la variable sea menor o igual al valor en concreto. Por lo tanto, se deduce la ausencia de datos anómalos en el estudio realizado en esta investigación.

### A. Gráfico de dispersión

El gráfico de dispersión sirve para realizar correlaciones entre dos variables, en este caso la latitud y longitud, frente a algún fenómeno determinado, como es en este caso la captura total de ejemplares de anchoveta en dichas coordenadas. Como se puede observar en la figura 15, se utilizó una escala con un degradado de color con extremos morados para valores bajos y amarillos para valores altos, con intermedios de colores azul y verde. Todo esto se tomó de las columnas denominadas latitud, longitud, toneladas de captura total y porcentaje de juveniles.

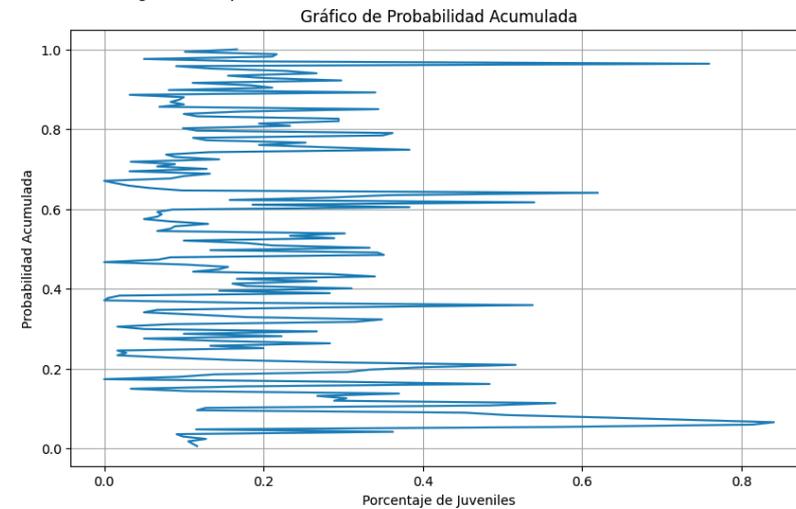
**Figura 13**

Resultado del gráfico de series temporales



**Figura 14**

Resultado del gráfico de probabilidad acumulada

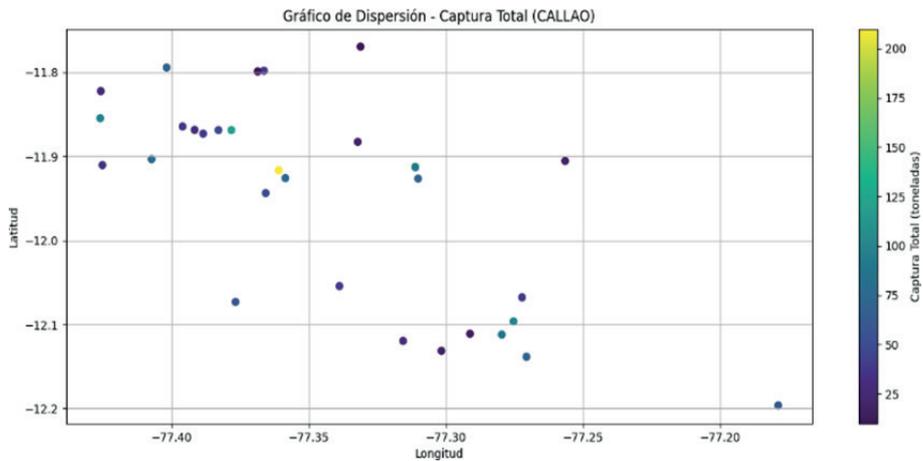


A continuación vamos a presentar la tabla 2 , basado del diagrama de dispersión sobre la captura de anchoveta en el callao que especifica las zonas que debería de aplicarse la veda comprendido por la latitud , numero de toneladas , porcentaje y el resultado:

**VI. CONCLUSIONES**

La pesca de anchovetas en Perú es una actividad económica crucial y un componente fundamental de la cadena alimentaria marina. Sin embargo, los resultados indican la necesidad de una gestión más

**Figura 15**  
Diagrama de dispersión sobre la captura de anchoveta en el Callao



**Tabla 2**  
Tabla realizada en base al gráfico de distribución de frecuencias

Longitud	Latitud	Toneladas	Porcentaje	Resultado
-77.36	-11.92	210	50.53 %	Debería vedarse
-77.31	-11.91	150	56.67 %	Debería vedarse
-77.38	-11.87	120	17.78 %	Debería vedarse
-77.43	-11.85	100	8.33 %	Debería vedarse
-77.28	-12.10	100	9.44 %	Debería vedarse
-77.31	-11.91	90	28.89 %	Debería vedarse
-77.28	-12.11	90	3.21 %	Debería vedarse
-77.41	-11.90	80	30.00 %	Debería vedarse
-77.36	-11.93	75	11.67 %	Debería vedarse
-77.31	-11.93	70	10.56 %	Debería vedarse
-77.40	-11.79	70	13.33 %	Debería vedarse
-77.27	-12.14	70	6.93 %	Debería vedarse
-77.38	-12.07	60	13.33 %	Debería vedarse
-77.18	-12.20	60	75.98 %	Debería vedarse
-77.37	-11.94	50	34.33 %	Debería vedarse
-77.38	-11.87	50	28.89 %	Debería vedarse
-77.40	-11.86	40	30.22 %	Debería vedarse
-77.37	-11.80	40	33.33 %	Debería vedarse
-77.39	-11.87	40	10.00 %	Índice normal
-77.27	-12.07	40	8.11 %	Índice normal
-77.34	-12.05	40	9.05 %	Índice normal
-77.43	-11.91	35	9.44 %	Índice normal
-77.39	-11.87	30	21.11 %	Índice normal
-77.32	-12.12	30	18.33 %	Índice normal
-77.43	-11.82	25	6.73 %	Índice normal
-77.33	-11.88	20	12.78 %	Índice normal
-77.26	-11.91	20	10.00 %	Índice normal
-77.30	-12.13	20	18.33 %	Índice normal
-77.29	-12.11	15	26.67 %	Debería vedarse
-77.37	-11.80	10	23.33 %	Índice normal
-77.33	-11.77	10	35.12%	Debería vedarse

rigurosa y sostenible para garantizar la conservación de las poblaciones de anchovetas a largo plazo.

El análisis de los datos revela que algunas zonas de pesca, como Chorrillos, han superado repetidamente el umbral del 20 % de captura de anchovetas juveniles. Esto destaca la importancia de establecer y hacer cumplir rigurosamente los períodos de veda para proteger a las poblaciones juveniles de anchovetas.

El análisis de series temporales muestra una tendencia ascendente en la captura de anchovetas a lo largo del tiempo. Esto podría indicar un aumento de la demanda o cambios en las condiciones del ecosistema marino. Es esencial monitorear esta tendencia para evitar la sobrepesca.

El análisis de probabilidad acumulada sugiere que los datos recopilados no presentan anomalías significativas en cuanto al porcentaje de anchovetas juveniles. Esto es alentador, ya que indica que la población de juveniles parece mantenerse estable.

Los gráficos de dispersión muestran la relación entre las coordenadas geográficas y la captura de anchovetas en toneladas. Estos gráficos pueden ayudar en la identificación de áreas de mayor captura y en la toma de decisiones sobre la gestión pesquera.

## VII. RECOMENDACIONES

Es fundamental fortalecer los mecanismos de vigilancia y control de las zonas de pesca, especialmente durante los períodos de veda. Se recomienda la implementación de tecnologías de seguimiento y monitoreo, como sistemas de posicionamiento satelital (GPS), para garantizar el cumplimiento de las regulaciones pesqueras.

Dada la alta frecuencia con la que se ha superado el umbral del 20 % de captura de anchovetas juveniles en algunas zonas, se sugiere realizar revisiones periódicas de la efectividad de los períodos de veda. Estas revisiones deben basarse en datos actualizados y científicos para ajustar los períodos de veda según sea necesario.

Se recomienda impulsar la investigación científica continua sobre las poblaciones de anchovetas, su ciclo de vida y la dinámica de las poblaciones juveniles. Esto permitirá una mejor comprensión de los factores que afectan a las poblaciones y facilitará la toma de decisiones basada en evidencia científica.

Las autoridades y las organizaciones pesqueras deben promover activamente prácticas pesqueras sostenibles, como la implementación de artes de pesca selectivos y la reducción de la captura incidental de juveniles. Se pueden establecer incentivos para fomentar estas prácticas.

Es esencial llevar a cabo campañas de educación y concientización dirigidas a pescadores, armadores y la comunidad en general sobre la importancia de la pesca sostenible y la conservación de las anchovetas. Esto puede incluir la difusión de información sobre regulaciones pesqueras y buenas prácticas.

Dada la migración de las poblaciones de anchovetas a lo largo de la región del Pacífico, se recomienda la cooperación internacional en la gestión de esta especie. Esto puede incluir acuerdos regionales para la conservación y el manejo sostenible de las poblaciones de anchovetas.

Continuar monitoreando las tendencias en la captura de anchovetas a lo largo del tiempo es esencial. Esto permitirá detectar cambios significativos en la actividad pesquera y tomar medidas preventivas en caso de aumento de la presión pesquera.

Se sugiere la capacitación de personal en el uso de herramientas de análisis de datos, como Python, para mejorar la capacidad de análisis y la toma de decisiones informadas en la gestión pesquera.

## REFERENCIAS

- [1] Battista, W., Romero-Canyas, R., Smith, S. L., Fraire, J., Efron, M., Larson-Konar, D., & Fujita, R. (2018). Behavior change interventions to reduce illegal fishing. *Frontiers in Marine Science*, 5. <https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00403>
- [2] De la Puente, S., López de la Lama, R., Benavente, S., Sueiro, J. C., & Pauly, D. (2020). Growing into poverty: Reconstructing Peruvian small-scale fishing effort between 1950 and 2018. *Frontiers in Marine Science*, 7. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00681>
- [3] Estrada, M. (2020). Depredación autorizada: pesqueras extraen anchoveta juvenil. *Ojo Público*. <https://ojo-publico.com/1959/depredacion-autorizada-pesqueras-extraen-anchoveta-juvenil>
- [4] Galli, O., Geymonat, J., & Mendy, M. (2022). El complejo pesquero uruguayo: Un modelo agotado. *Trabajo y Sociedad*. [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=387370671006>

- [5] Gutierrez, M. (2020). Data de calas y biometría por años y temporadas. IHMA. <http://ihma.org.pe/data-de-calas-y-biometria-por-anos-y-temporadas/>
- [6] Gough, C., Ateweberhan, M., Godley, B. J., Harris, A., Le Manach, F., Zafindranosy, E., & Broderick, A. C. (2022). Temporal change and fishing down food webs in small-scale fisheries in Morondava,
- [7] Jiménez Guillén, J. E., Valderrama Bhraunxs, N. d. C., Valdivia Carrasco, P. N., & Zamora Chung, E. (2020). Por el mar del Perú que queremos: Ensayos del curso de capacitación en derecho pesquero 2020. Sociedad Peruana de Derecho Ambiental. [https://spda.org.pe/?wpfb\\_dl=4617](https://spda.org.pe/?wpfb_dl=4617)
- [8] Luna-Pacompea, N., Juárez-Laguna, F., Jaén-Rodríguez, C., Alvaríño, L., & Iannacone, J. (2022). Metales pesados e imposex en *Thaisella chocolate* (Gasteropoda: Muricidae) en Matarani, Arequipa, Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 33(5). <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v33i5.23793>
- [9] Madagascar. *Frontiers in Marine Science*, 9. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.884083>
- [10] Martínez-Plumed, F., Contreras-Ochando, L., Ferri, C., Hernández-Orallo, J., Kull, M., Lachiche, N., Ramírez-Quintana, M. J., & Flach, P. (2021). Crisp-dm twenty years later: From data mining processes to data science trajectories. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 33(8), 3048–3061.
- [11] Mamani, G. P., Arteaga, G. L., & Coaquira, B. F. (2022). Análisis de resultados de intercambios comerciales, de países miembros de la comunidad andina. Periodo 2011–2021. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(4), 2333–2347.
- [12] Mamani Ccalla, M. E. (2022). Métodos de regularización lasso y lars para el modelo de regresión lineal general. *Ciencia Latina*.
- [13] Menaka, D., & Gauni, S. (2021). Prediction of dominant ocean parameters for sustainable marine environment. *IEEE Access*, 9, 146578–146591. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3122237>
- [14] Ministerio de la Producción del Perú. (2022). Anuario estadístico pesquero y acuícola 2022. <https://ogeiee.produce.gob.pe/index.php/en/shortcode/oe-e-documentos-publicaciones/publicaciones-anuales/item/1116-anuario-estadistico-pesquero-y-acuicola-2022>
- [15] Montecino, V., & Lange, C. B. (2009). The Humboldt Current System: Ecosystem components and processes, fisheries, and sediment studies. *Progress in Oceanography*, 83(1), 65-79. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2009.07.041>
- [16] Nevarez Martínez, M. O., Morales Bojórquez, E., Martínez Zavala, M. d. I. A., Hector, V., Luquin Covarrubias, M. A., Gonzalez Maynez, V. E., Lopez Martinez, J., Santos Molina, J. P., Ornelas Vargas, A., & Delgado Vences, F. (2023). An integrated catch-at-age model for analyzing the variability in biomass of Pacific sardine *Sardinops sagax* from the Gulf of California, Mexico. *Frontiers in Marine Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fmars.2023.940083>
- [17] Ñiquen, 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>
- [18] Peña Tercero, C. L. (2019). Eventos El Niño y su impacto en la pesquería de anchoveta en Perú [Tesis de licenciatura, Universidad de Alicante, Departamento de Ciencias del Mar y Biología Aplicada]. Repositorio Institucional Universidad de Alicante. <http://hdl.handle.net/10045/112564>
- [19] Rivadeneyra-Villafuerte, S., & Román-Amancio, G. (2022). Depredadores topes en la pesquería industrial de anchoveta entre los años 2015 y 2019. *Boletín Instituto Del Mar Del Perú*, 37(1), 91–112. <https://doi.org/10.53554/boletin.v37i1.360>
- [20] Rodríguez Castillo, R. A. (2020). Implementación de un módulo para la identificación efectiva de los puntos de pesca anchovetera mediante el uso de una red neuronal [Tesis de licenciatura, Universidad Tecnológica del Perú]. Repositorio Institucional UTP. <https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/4520>
- [21] Sánchez Silva, J. M., & Gabriel Maldonado, A. E. (2022). Anuario estadístico 2022. Instituto Nacional de Salud. <https://repositorio.ins.gob.pe/handle/20.500.14196/1517>
- [22] Virhuez Rojas, J. V. (2021). Impacto de la emergencia sanitaria por la pandemia COVID-19 sobre la captura y desembarque de anchoveta (*Engraulis ringens*) en la zona norte y centro del Perú [Tesis de licenciatura]. Repositorio Institucional. <https://hdl.handle.net/20.500.12866/10171>

**Financiamiento**

Propia.

**Conflictos de interés**

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

**Contribuciones de autoría**

Primer autor "Christian Manuel Rodriguez Chilet":  
Desarrollo de la aplicación y redacción.

Segundo autor "Manuel Carranza Avellaneda":  
Desarrollo de la aplicación, Levantamiento de  
información, redacción

Tercer autor "Adrian Olulo Veramendi": Desarrollo de  
la aplicación, Formateo, redacción y reducir nivel de  
similitud.

Cuarto autor "Erik Loayza Zarate": Desarrollo de la  
aplicación, Formateo, redacción y reducir nivel de  
similitud.

Quinto autor "Brayam Rodriguez Limahuay":  
Desarrollo de la aplicación, Formateo, redacción y  
reducir nivel de similitud.

Sexto autor "Ivan Petrlik Azabache": Asesoramiento,  
revisión y redacción.