



Tecnológico Nacional de México  
Instituto Tecnológico de La Paz

Reto: Software Inteligente.  
Temática: Inteligencia Artificial

Reto específico: Sostenibilidad y responsabilidad ambiental.

Equipo: Lobos Marinos

Participantes del equipo:

Álvarez Pérez Jesús Eduardo. Alumno de Ingeniería en Sistemas.

Corral Trigueros Leonardo. Alumno de Ingeniería electromecánica.

Lutz Barrietos Daniela Fernanda. Alumna de Ingeniería Artificial.

Mendéz Arámbula Raúl Armando. Alumno de Ingeniería en Sistemas.

Rodriguez Ríos Alberto. Alumno de Ingeniería en Sistemas.

Asesor: Dr. Marco Antonio Castro Liera.

La Paz, Baja California Sur a 23 de mayo de 2025.

## **Definición del problema u oportunidad de mejora.**

De acuerdo con (Ortíz y Chávez, 2013), la pesquería de sardina del Pacífico en el Golfo de California enfrenta un desafío crítico de sostenibilidad, donde la falta de herramientas predictivas adecuadas limita severamente la capacidad de gestión adaptativa. Estudios científicos documentan fluctuaciones alarmantes en las poblaciones tras capturas récord de 538,669 toneladas en 2007-2008 que colapsaron a 88,000 toneladas en 2012, vinculado a sobrexplotación (28,700 días de esfuerzo en 2009) y fluctuaciones climáticas (Índice de Oscilación Decadal del Pacífico). El problema es impulsado por la demanda de esta actividad cuyo 85% de las capturas se destina a la producción de harina de pescado, generando tensiones entre los intereses económicos inmediatos y la preservación del recurso a largo plazo.

Ante esta problemática, surge la oportunidad de desarrollar un sistema predictivo que utilice datos históricos de variables ambientales clave para la presencia de la especie. Este enfoque alternativo permitiría anticipar movimientos poblacionales y zonas de concentración, beneficiando la conservación de la especie, al facilitar su monitoreo mediante la identificación de áreas críticas; para que la eviten los pescadores en las vedas; y para las academias, al proporcionarles sitios para estudios.

## **Descripción de la propuesta de solución o mejora.**

Nuestro proyecto representa un avance tecnológico para la gestión sostenible de la pesquería de sardina del Pacífico. Mediante un sistema de inteligencia artificial basado en redes neuronales, analizamos variables oceanográficas clave: temperatura superficial, salinidad marina superficial y la Productividad primaria neta (NPP); para generar predicciones precisas sobre la distribución espacial de esta especie. La propuesta de valor radica en ofrecer una plataforma digital accesible, diseñada para tres grupos de usuarios principales: los pescadores artesanales e industriales, las autoridades reguladoras y la comunidad científica.

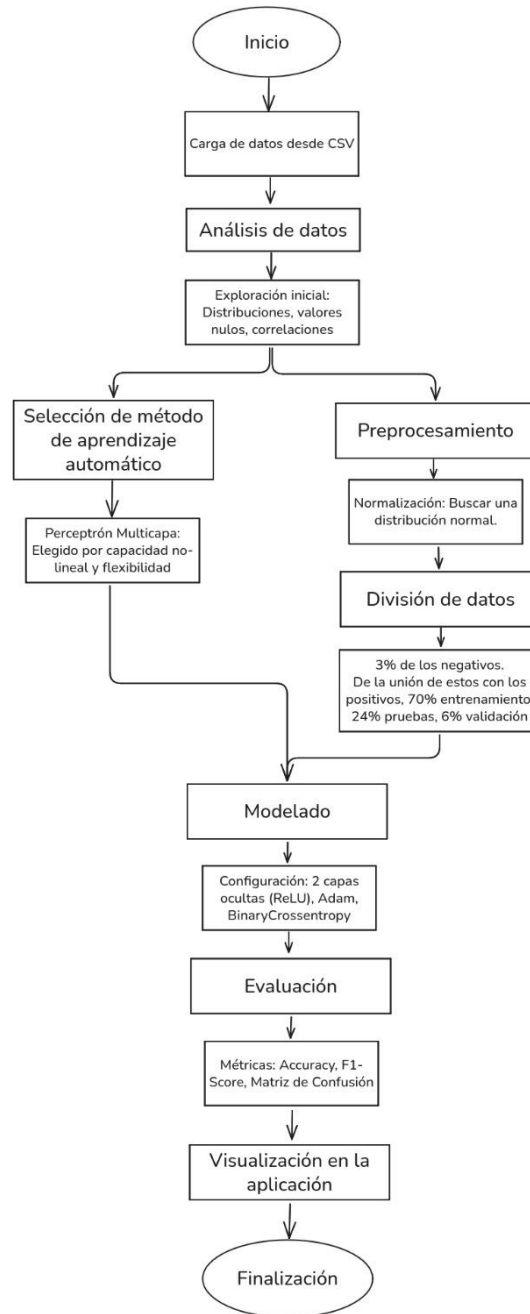
El enfoque de nuestra solución es proteger los periodos biológicos sensibles mediante alertas tempranas de concentración de cardúmenes durante las vedas, incrementar la eficiencia operativa del sector pesquero al reducir significativamente la incertidumbre en las jornadas de captura, y facilitar los muestreos para generar conocimiento científico aplicado para la toma de decisiones. Todo ello sin requerir sistemas de monitoreo embarcado debido a la complejidad de su integración.

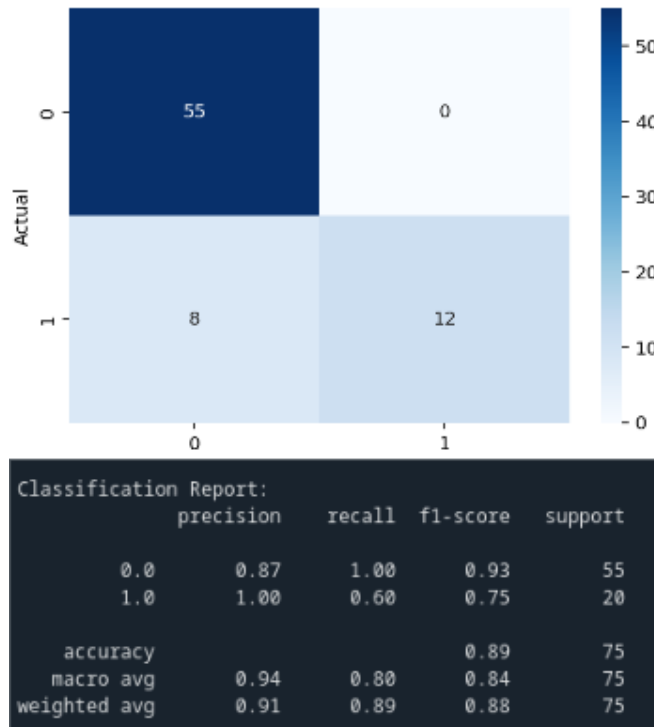
A escala regional, fortalecemos la resiliencia de un recurso que sostiene economías costeras y contribuye a la seguridad alimentaria. A nivel nacional, posicionamos a México a la vanguardia en la aplicación de tecnologías 4.0 para la gestión pesquera sustentable. Globalmente, ofrecemos un modelo replicable que armoniza productividad y conservación, alineado con los más altos estándares internacionales de sostenibilidad marina. La plataforma demuestra cómo la innovación tecnológica, al disponerse al público en general, puede convertirse en un instrumento útil para la sostenibilidad y responsabilidad ambiental, enfocándose tanto en la optimización de recursos mediante el aprovechamiento del monitoreo ambiental para incluso beneficiar estos mismos fines (uso de base de datos muestreos y simulaciones oceanográficas para brindar información de las costas).

## Metodología de desarrollo de la solución o mejora.

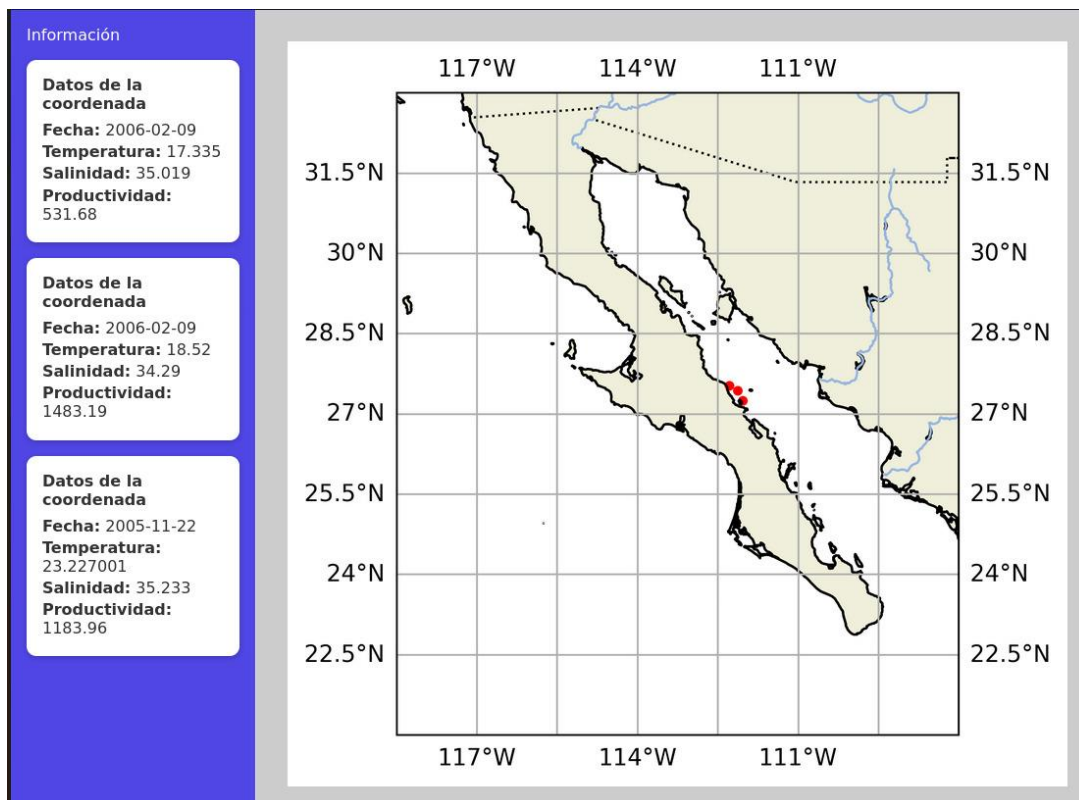
Como se puede ver en la siguiente imagen el proceso inicia obteniendo los datos y analizándolos, a partir del análisis de los datos se selecciona el método de aprendizaje automático, se realiza el preprocesamiento, normalizando y dividiendo los datos para entrenamiento y prueba, se realiza el modelado, se evalúa y se implementa en la aplicación para visualizar los resultados.

Flujo del modelado y entrenamiento de la red neuronal y su comunicación para la visualización de predicciones en la aplicación

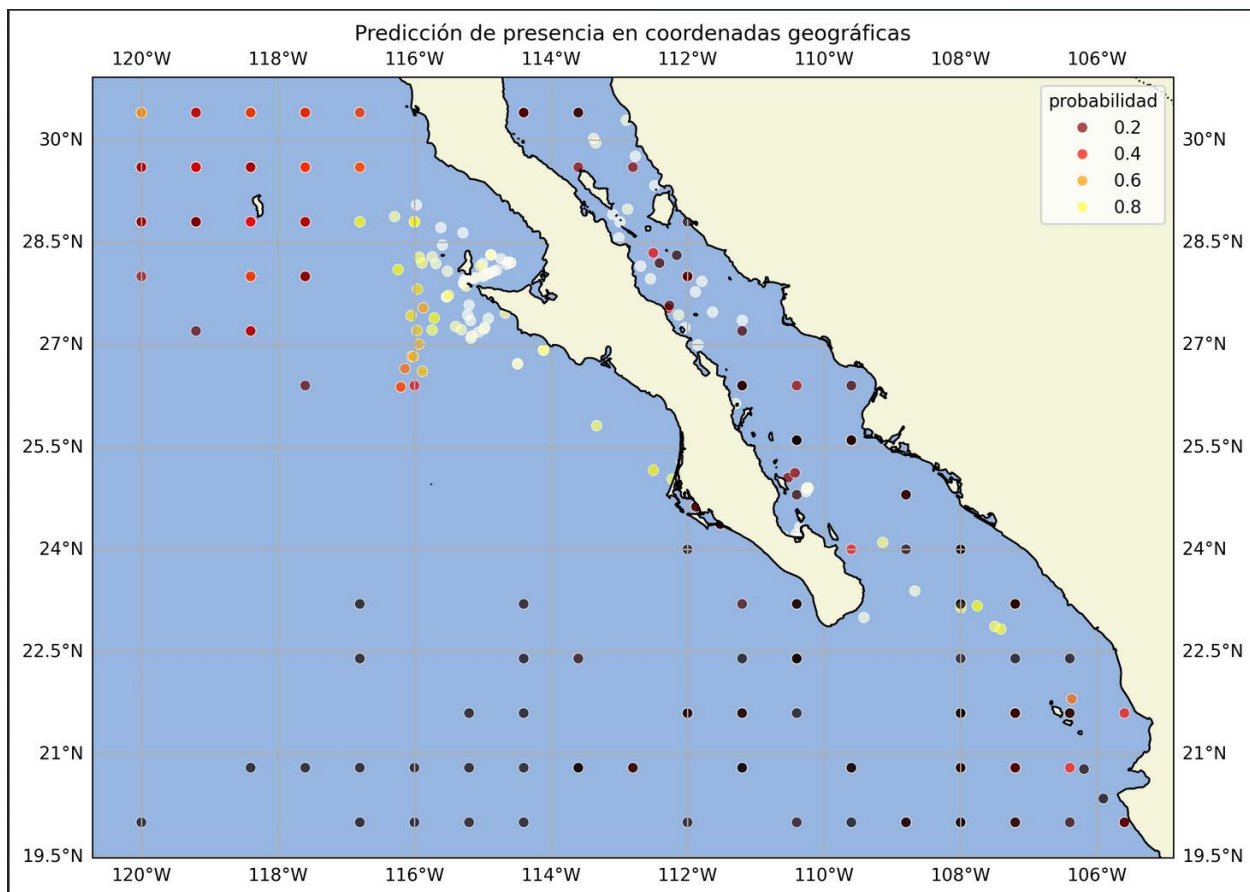




Evaluación del Modelado: Matriz de Confusión



Visualización de datos de entrenamiento en la aplicación



Visualización de la predicción realizada por el modelo

## **Herramientas tecnológicas empleadas para el desarrollo de la propuesta.**

En el desarrollo de la propuesta de solución únicamente se utilizaron recursos computacionales, se emplearon redes neuronales implementadas mediante el uso de múltiples bibliotecas en el lenguaje de programación Python. Durante la etapa de preprocesamiento de los datos, se utilizó la biblioteca *imblearn* para abordar el desequilibrio entre clases. Para la construcción, entrenamiento y despliegue de la arquitectura de redes neuronales, se empleó *Keras*, una interfaz de alto nivel que facilita la definición de capas, funciones de activación y parámetros de optimización.

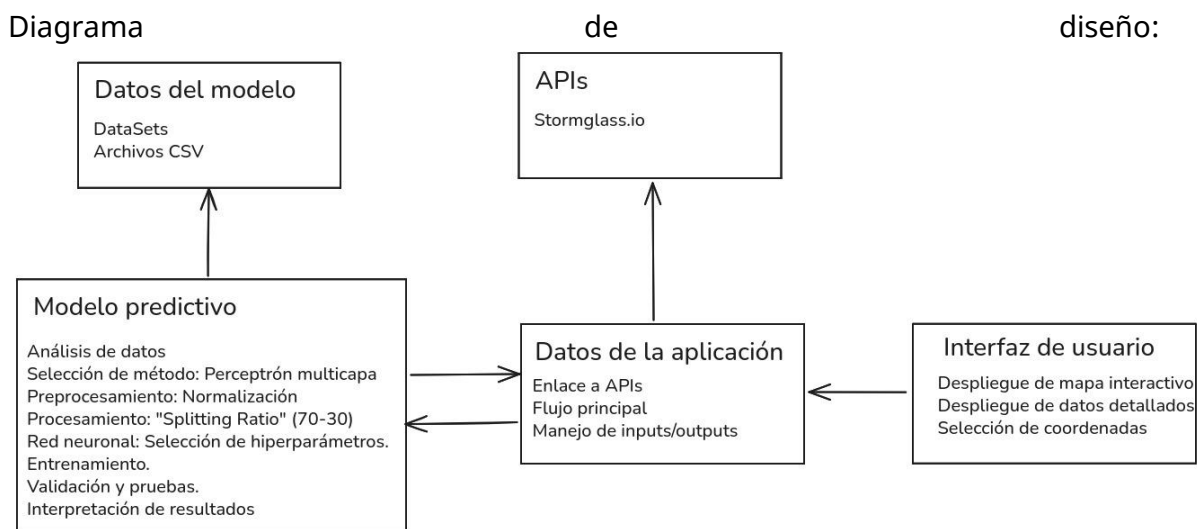
Para el entrenamiento se utilizó la biblioteca *scikit-learn* (sklearn) para análisis predictivo, algoritmos de clasificación, y funcionalidades para validación de modelos. Por otra parte, la visualización de los datos durante el preprocesamiento —incluyendo la representación gráfica de la normalización y la distribución de variables— se llevó a cabo mediante *matplotlib.pyplot*.

La creación de la aplicación se realizó en html, con interfaz en javascript y lógica en python.

## Especificación técnica de la propuesta.

Nuestro modelo de perceptrón multicapa (MLP) está diseñado para maximizar la precisión predictiva ofreciendo un 89%, minimizando falsos positivos que podrían generar pérdidas económicas (viajes innecesarios) y contaminación (consumo excesivo de combustible). Se optimiza a partir de la modificación de hiperparámetros, aumentando los resultados de precisión tras aumentar el umbral de activación de la neurona artificial de la capa de salida para aumentar la confiabilidad de las predicciones de distribución de Sardina del Pacífico.

Asimismo, la plataforma se basa en ACUERDO por el que se establece la época y zona de veda para la captura de todas las especies de pelágicos menores en aguas marinas de jurisdicción federal del Golfo de California para el 2019, el cual menciona "Que el esquema de veda voluntario por parte de los productores ha consistido en una suspensión de actividades durante los meses de agosto y septiembre (para las temporadas de pesca de 2015/2016 y 2017/2018)" (Diario Oficial de la Federación, 2019).



Tenemos una interfaz que se comunica con una API que tiene el modelo entrenado dentro de sus archivos para usarlo en sus respectivos endpoints los cuales nos otorgan mapas de ubicación geográfica de las sardinas.

**Datos de la coordenada**

**Fecha:** 2006-02-09  
**Temperatura:** 17.335  
**Salinidad:** 35.019  
**Productividad:** 531.68

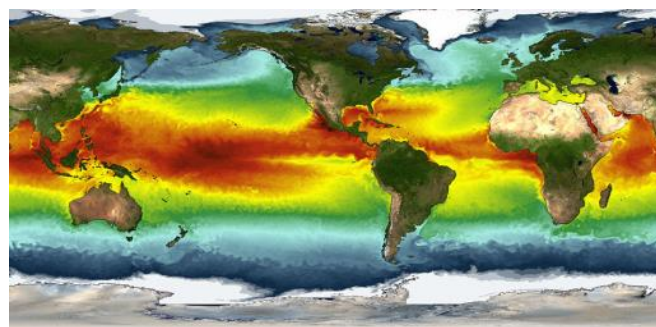


## Ejes transversales.

Nuestra solución integra Sustentabilidad y Sostenibilidad, y tecnologías emergentes para transformar la gestión de la sardina del Pacífico. En cuanto al eje de Sustentabilidad y Sostenibilidad, la plataforma equilibra conservación y economía: protege los ciclos reproductivos durante vedas mediante predicciones precisas de zonas de desove, evitando la sobreexplotación histórica, y optimiza la pesca legal dirigiendo embarcaciones a áreas productivas, reduciendo emisiones y costos operativos. Este enfoque se alinea con el Objetivo de Desarrollo Sostenible 14 titulado Vida submarina de la Agenda 2030, contribuyendo a la protección y gestión de ecosistemas.



Respecto al eje de tecnologías emergentes, empleamos un perceptrón multicapa que analiza datos históricos de variables ambientales (temperatura y salinidad superficial, clorofila), generando un mapa predictivo accesible incluso para pescadores artesanales y estudiantes. La IA no solo procesa información compleja, sino que la traduce en alertas prácticas, democratizando el acceso a ciencia de vanguardia. Así, la plataforma disminuye brechas tecnológicas y beneficia a las comunidades costeras para tomar decisiones informadas que benefician tanto al ecosistema como a la economía local, demostrando que innovación y sostenibilidad pueden coexistir.



Simulación de las temperaturas marinas superficiales del Geophysical Fluid Dynamics Laboratory (GFDL).

## **Bibliografía**

Diario Oficial de la Investigación. (2019, septiembre 18). *ACUERDO por el que se establece la época y zona de veda para la captura de todas las especies de pelágicos menores en aguas marinas de jurisdicción federal del Golfo de California para el 2019*. Gob.mx. <https://sidof.segob.gob.mx/notas/5572662>

Hannesson, R., Herrick, S., & Field, J. G. (2009). Ecological and economic considerations in the conservation and management of the Pacific sardine (*Sardinops sagax*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 66(5), 859–868. <https://doi.org/10.1139/F09-045>

Nevárez-Martínez, M. O., Anguiano-Carrasco, M. L., Santos-Molina, J. P., & Godínez-Cota, Á. R. (2010). Captura de peces pelágicos menores en el golfo de California, temporada de pesca 2007-2008.

Ortiz, E. A., & Chávez-Hidalgo, A. (2013). The sardine fishery of the Gulf of California. *California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Reports*, 54, 205–214.

Reyes, Jonathan. (2021). DISEÑO DE RED NEURONAL ARTIFICIAL PARA PREDECIR LA DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LA SARDINA DEL PACÍFICO (*SARDINOPS SAGAX*). Instituto Tecnológico de La Paz.