



EL VIGILIA

Órgano informativo del Programa Nacional de Aprovechamiento del Atún



AÑO 32 NÚM. 56

DICIEMBRE 2024



DIRECTORIO**Administrador de FIDEMAR - PNAAPD**

Armando Díaz Guzmán
adiaz@cicese.mx

Jefe del Sub-Programa de Investigación Científica

Michel Jules Dreyfus León
dreyfus@cicese.mx

Coordinador Editorial

Martha E. Betancourt Aguirre
elvigia.fidemar@gmail.com

Comité Editorial

Michel Jules Dreyfus León
 Humberto Robles Ruíz
 Héctor Pérez

Asesores y Colaboradores

Marina Eva Hernández González

Distribución

Gloria Rodríguez Zepeda

CONTENIDO

DISTRIBUCION ESPACIAL DE TALLAS DEL ATUN ALETA AMARILLA (*Thunnus albacares*) CAPTURADO POR LA FLOTA ATUNERA MEXICANA DURANTE EL PERIODO 2021-2023.....1

¿DE QUÉ SE ALIMENTA EL ATÚN ALETA AMARILLA? UNA REVISIÓN COMPARATIVA GLOBAL.....7

CAPACIDAD DE PESCA DE ATÚN EN EL PACIFICO ORIENTAL, PROPUESTA DE REDUCCIÓN CON ENFOQUE ECONÓMICO10

EL PACÍFICO ORIENTAL ¿POTENCIALMENTE FAVORABLE PARA EL ATÚN ALETA AZUL?.....12

LOS MONTES SUBMARINOS DEL OCÉANO PACÍFICO ORIENTAL18

INFORME DE LA REUNIÓN ANUAL DE LA CIAT Y EL APICD23

DESARROLLO DE MODELOS DE DISTRIBUCIÓN ESPACIAL PARA ATUNES COMERCIALES UTILIZANDO TELEDETECCIÓN MULTISENSORIAL25

CERTIFICACIÓN MSC DE LA PESQUERÍA DE SARDINA CRINUDA DEL SUR DEL GOLFO DE CALIFORNIA: 2ª AUDITORIA36

NOMBRAMIENTO DEL NUEVO COMISIONADO DE CONAPESCA.....38

EDITORIAL

En este número de **EL VIGÍA** les presentamos artículos con la información más reciente sobre temas del atún y otras especies. Los artículos publicados en la revista son entera responsabilidad de los autores.

Como siempre, esperamos que la información aquí presentada les sea útil y quedamos en espera de comentarios y sugerencias en la dirección: elvigia.fidemar@gmail.com . Hasta la próxima.☺

Para mayor información, visiten:

FIDEMAR:<http://fidemar.org/>
 PNAAPD:<https://www.fidemar.org/pnaadp>
 EL VIGÍA:<https://www.fidemar.org/revista-el-vigia>



Portada: Portada generada con AI a partir de una fotografía tomada en la reunión anual de CIAT 2024.

Se prohíbe la reproducción total o parcial del contenido de la revista por cualquier medio sin el consentimiento por escrito del Fideicomiso FIDEMAR.

DISTRIBUCION ESPACIAL DE TALLAS DEL ATUN ALETA AMARILLA (*Thunnus albacares*) CAPTURADO POR LA FLOTA ATUNERA MEXICANA DURANTE EL PERIODO 2021-2023

Martha E. Betancourt, Michel Dreyfus, Humberto Robles
PNAAPD, Ensenada

El Programa Nacional del Aprovechamiento del Atún y Protección de los Delfines (PNAAPD) tiene como objetivo principal complementar los esfuerzos orientados a desarrollar y consolidar la pesquería de atún en México, minimizando al máximo su impacto sobre las especies asociadas. Para lograrlo, se cuenta con observadores científicos a bordo de las embarcaciones atuneras, quienes recaban información relevante que permite un mejor entendimiento y administración de los recursos. Los observadores registran, en lances alternados, la longitud furcal de los organismos capturados. La metodología de recolección y el análisis de la información —que incluye tipo de lance, fecha y ubicación geográfica— se han publicado continuamente en diferentes ediciones de la revista, facilitando así el análisis de la distribución del atún aleta amarilla a lo largo de los años. En el presente estudio se reportan los datos obtenidos durante el periodo 2021-2023 en el cual se muestrearon alrededor de 70 cruceros anuales.

Para el análisis, se utilizó una muestra del 30% de estos cruceros, procesando datos de tallas de 1,020 organismos en el 2021 (se tuvo menos información debido al COVID19), 6,828 organismos en el 2022 y por último 4,244 para el 2023 en los tres tipos de cardúmenes: asociados

a mamíferos marinos (delfines), asociados a objetos flotantes y cardúmenes libres (brisas). En general, en México la pesca de atún aleta amarilla se realiza principalmente sobre cardúmenes asociados a mamíferos marinos, seguida de los lances sobre cardúmenes libres y, en menor medida, sobre cardúmenes asociados a objetos flotantes (Figura 1). En la Figura 2 se observan los diagramas de pastel de cada año, siendo por arriba de 80% la mayoría de lances asociados a mamíferos marinos y en la proporción restante asociados a brisas y a objetos flotantes. Estudios previos han mostrado que el promedio de tallas de atunes asociados a delfines es aproximadamente 100 cm; en 2023, el promedio fue de 100.7 cm, con una talla máxima de 195 cm. En el 2022 el promedio fue de 99 cm y la talla máxima de 220 cm. En el 2021 la talla promedio fue de 93 cm y la mayor de 140 cm. Por otro lado, las tallas menores suelen estar asociadas a objetos flotantes, con un valor mínimo de 26 cm en 2023, 23cm en 2022 y 21 cm en 2021. El promedio de talla en objetos flotantes fue de 50 cm (2023), 52.1 cm (2022) y 57.1 cm (2021), mientras que el promedio para cardúmenes libres fue de 86.2 cm (2021), 61.2 cm (2022), y 88.3 cm (2023).

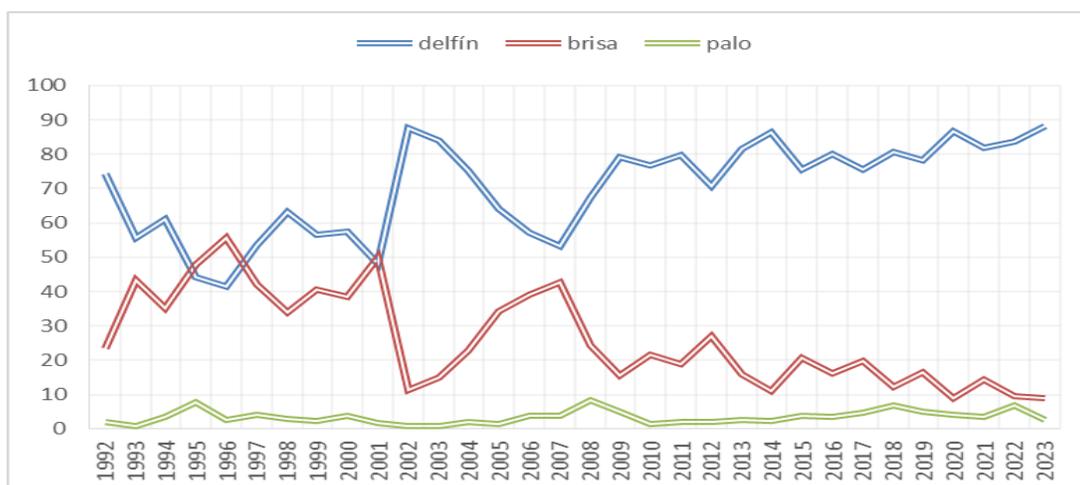
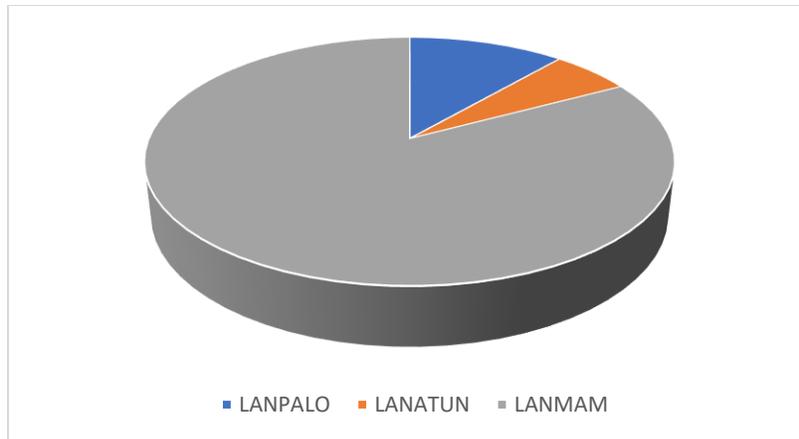
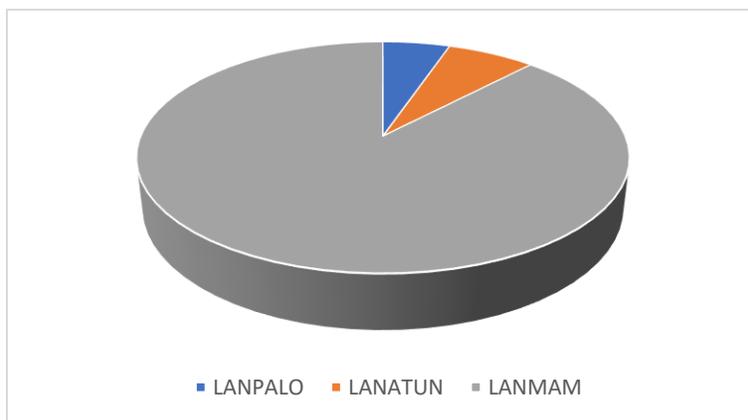


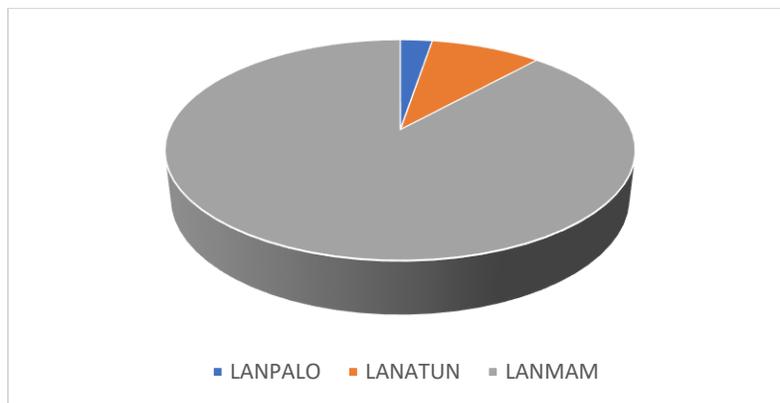
Figura 1. Proporción de tipo de lances de la flota atunera mexicana 1992-2023



En el 2021 los lances fueron 82% asociados a mamíferos marinos, 11% a objetos flotantes y 5.83 a cardúmenes libres.



En 2022 87.8 % asociados a mamíferos marinos, 5.24% a objetos flotantes y 6.88 a cardúmenes libres.



En 2023 el 88.29% de los lances fueron asociados a delfines, 9.09% a cardúmenes libres y 2.62% a objetos flotantes.

Figura 2. Gráficos de pastel por año de la proporción por tipo de lance a) 2021, b) 2022 y c) 2023.

Se presentan los histogramas de 2021 y 2022, ya que los de 2023 fueron presentados en la revista anterior. Para el 2021, no se tienen datos en todas las latitudes debido al tamaño de muestra, sin embargo, en la Fig. 3 podemos observar la mayor frecuencia de tallas alrededor de los 120 cm para lances asociados a delfines, en lances asociados a cardúmenes libres la mayor frecuencia fue en tallas de 100 cm (Fig. 4), y por último en lances asociados a objetos flotantes la mayor frecuencia fue en el rango de 60 cm (Fig. 5).

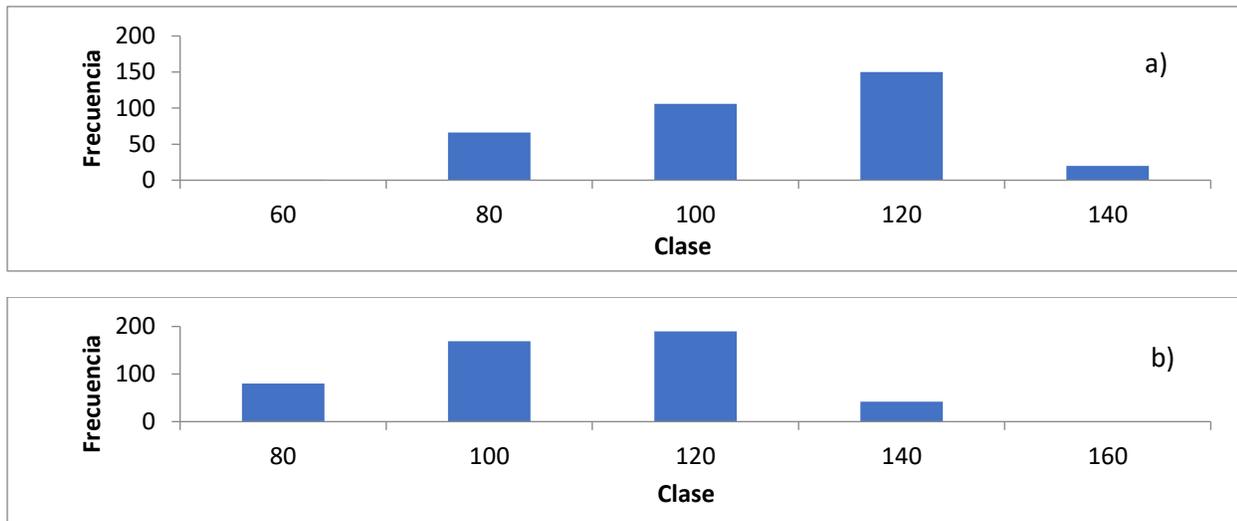


Figura 3. Histogramas de distribución de tallas (longitud furcal) para atunes asociados a delfines en: a) latitudes menores a 10°N, b) de 10°N a 19°N en 2021

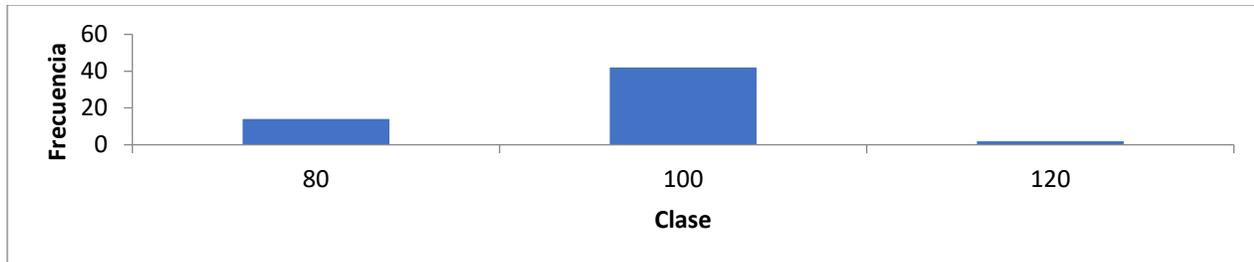


Figura 4. Histogramas de distribución de tallas (longitud furcal) para atunes asociados a cardúmenes libres en latitudes menores a 10°N en 2021

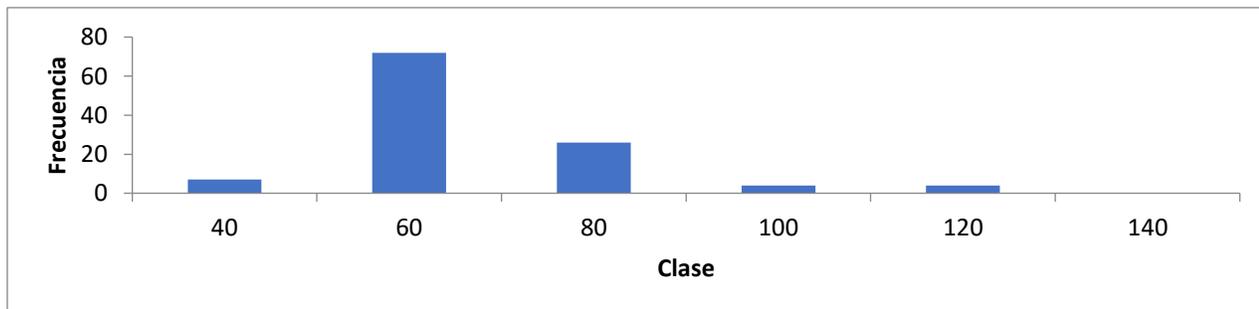


Figura 5. Histogramas de distribución de tallas (longitud furcal) para atunes asociados a objetos flotantes en latitudes menores a 10°N en 2021

Por último, en el año 2022, se registraron mayor número de datos. Comenzando con los lances asociados a delfines las tallas que abundaron fueron de 120 cm en todas las latitudes y en las latitudes arriba de los 20 °N predominaron la frecuencia de tallas de 100 cm. Las tallas asociadas a atunes libres (Fig.7), en la latitud menor a 10 ° N predominaron las tallas pequeñas, con una mayor frecuencia entre los 60 y 80 cm y en latitudes por arriba de los 10°N de 60 cm. En los lances asociados a objetos flotantes (Fig. 8), el rango de clases fue menor a comparación de los otros tipos de lances y el promedio de tallas fue de 60 cm.

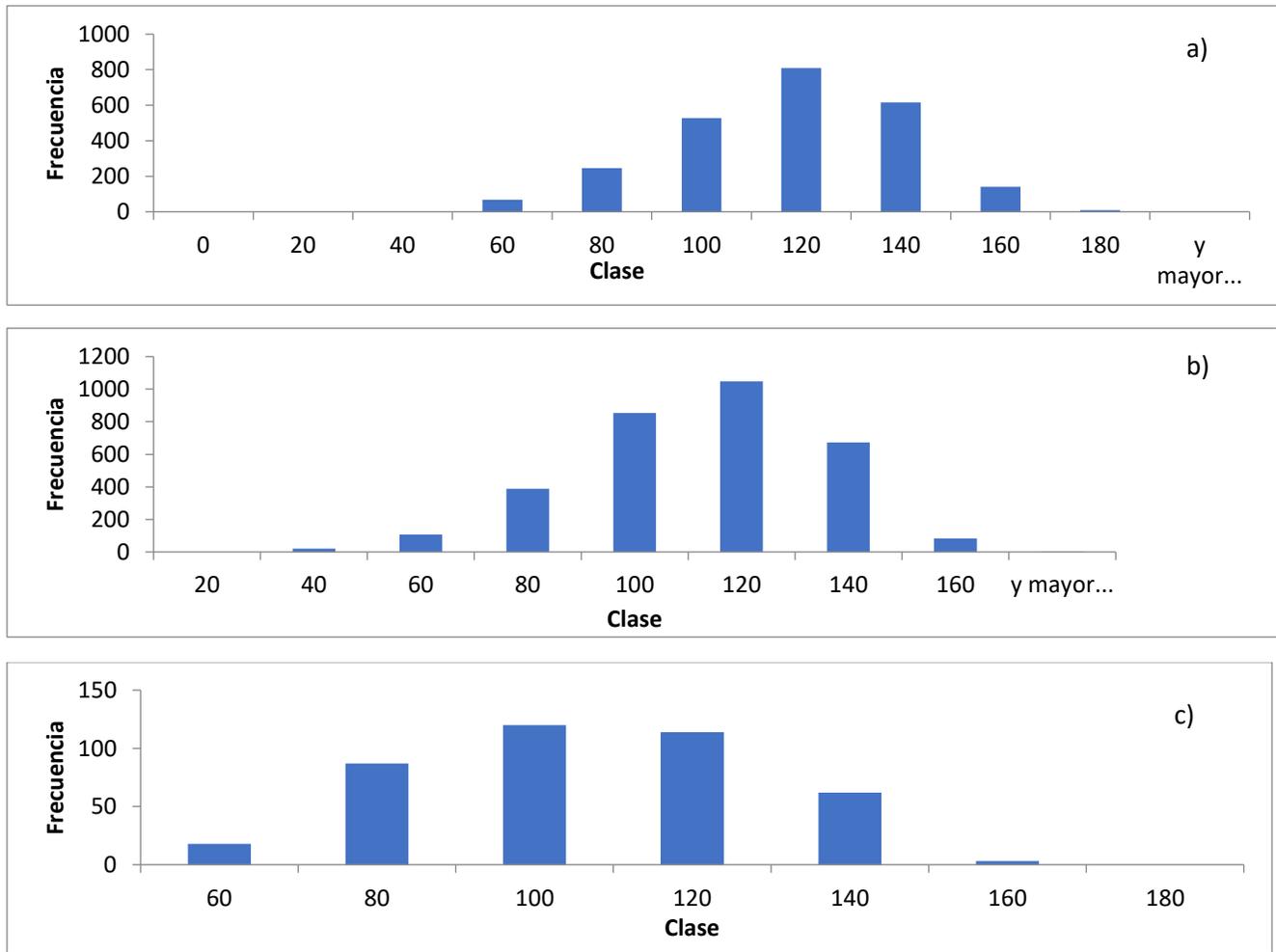
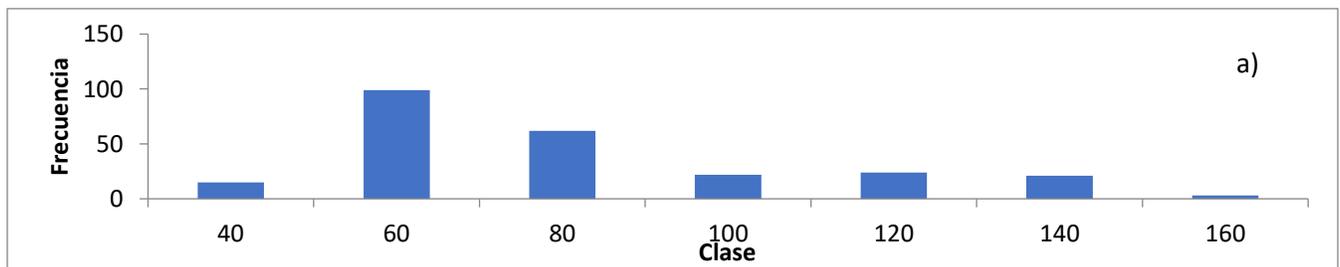


Figura 6. Histogramas de distribución de tallas (longitud furcal) para atunes asociados a delfines en: a) latitudes menores a 10°N, b) de 10°N a 19°N y c) desde 20°N durante el 2022



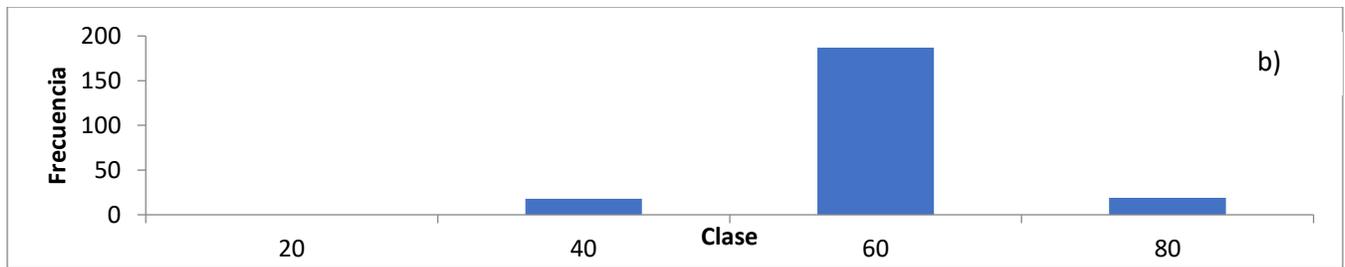


Figura 7. Histogramas de distribución de tallas (longitud furcal) para atunes libres (brisas) en: a) latitudes menores a 10°N, b) de 10°N a 19°N

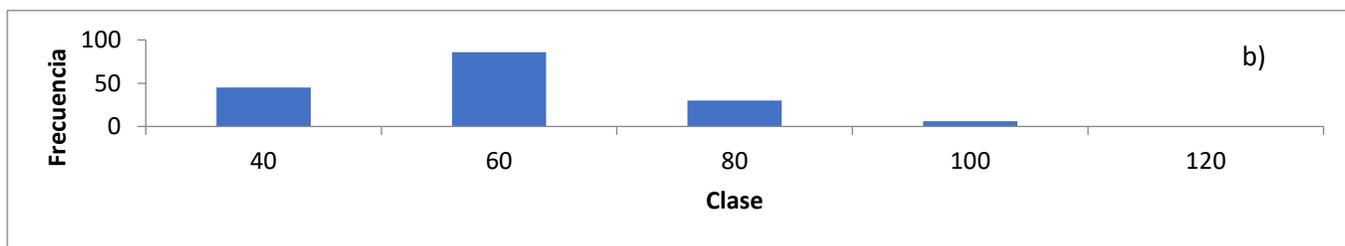
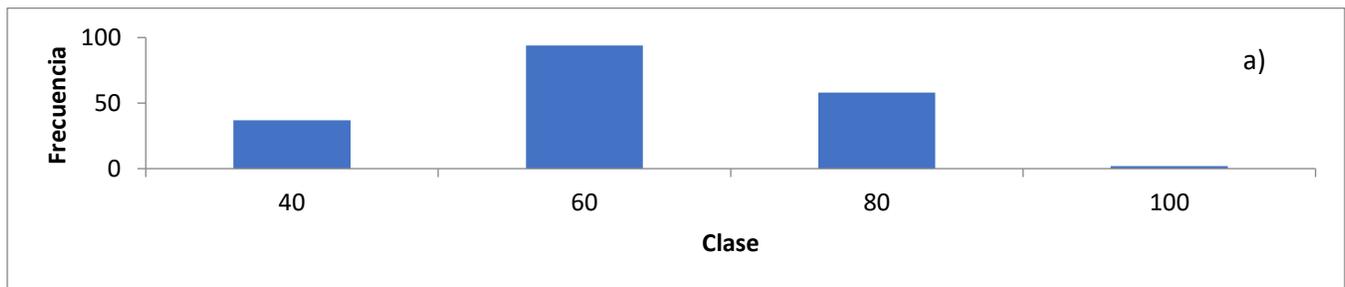


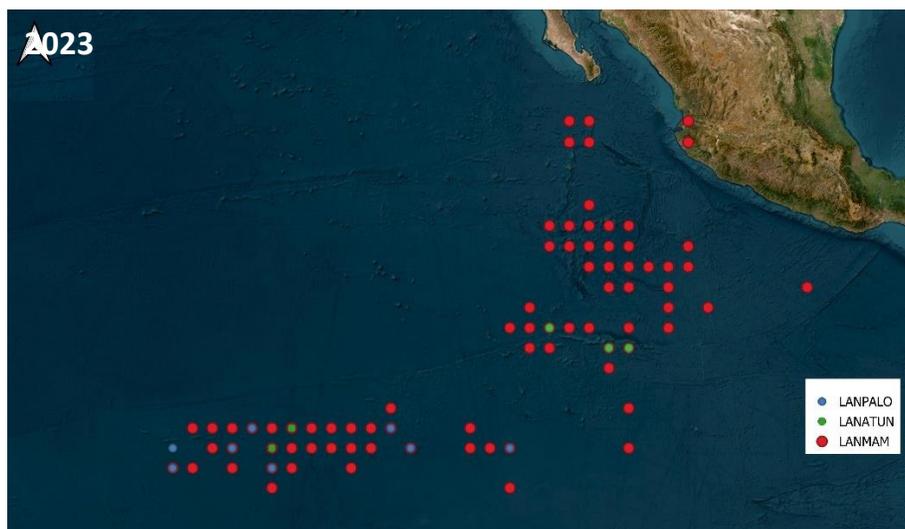
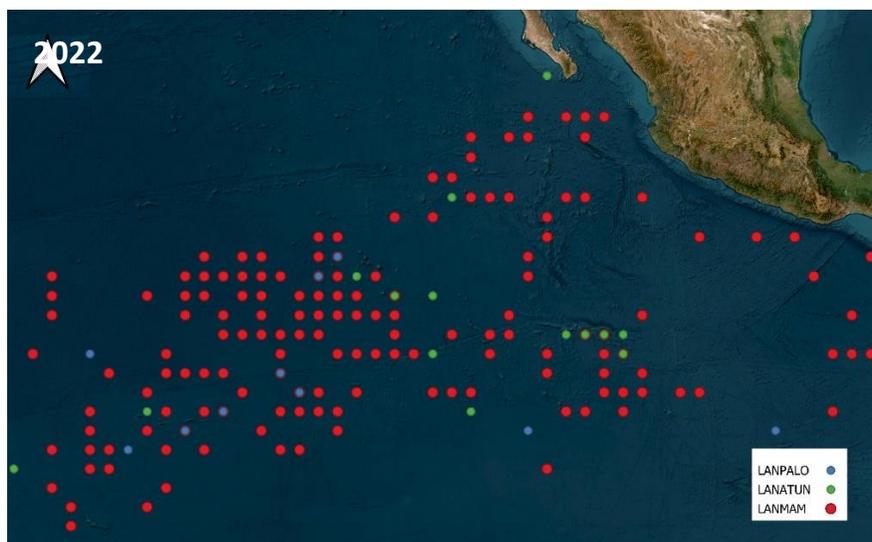
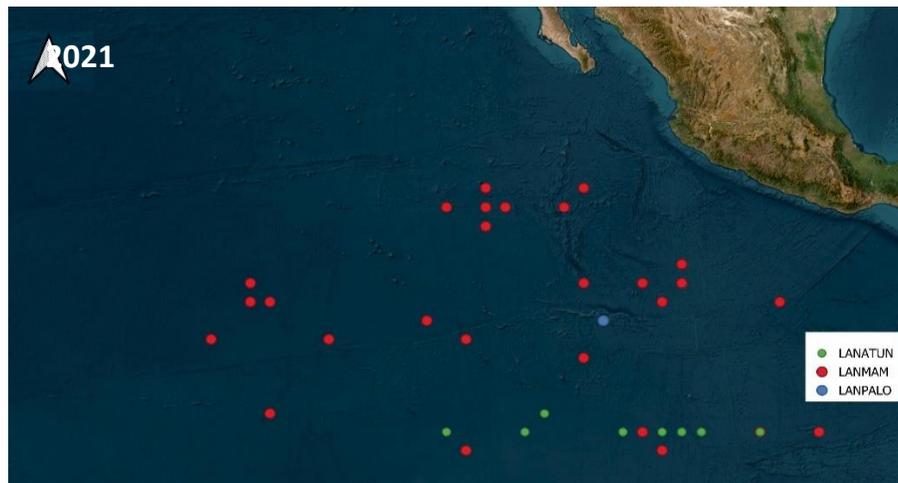
Figura 8. Histograma de distribución de tallas (longitud furcal) para atunes asociados a objetos flotantes a) Latitudes entre 4-7°N y b) Latitudes menores a 7°N



Fotografía de CONAPESCA

<https://www.gob.mx/conapesca/articulos/asiste-delegacion-de-mexico-a-la-reunion-anual-de-la-comision-interamericana-del-atun-tropical-ciat-209097?idiom=es>

Anexo



Mapas de distribución del muestreo de tallas 2021-2023.

¿DE QUÉ SE ALIMENTA EL ATÚN ALETA AMARILLA? UNA REVISIÓN COMPARATIVA GLOBAL

Amairani Hernández Aparicio & Sofía Ortega García
Instituto Politécnico Nacional – Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas



Thunnus albacares conocido comúnmente como atún aleta amarilla es una especie epipelágica altamente migratoria que pertenece a la familia Scombridae. Se encuentra distribuida por las aguas tropicales y subtropicales de todos los océanos del planeta, excepto en el mar Mediterráneo (Figura 1). Se caracteriza por presentar una coloración negro metálico a oscuro

azul cambiando a amarillo a la plata en el vientre, así como unas aletas dorsales y anales color amarillo brillante.

Debido a su rapidez, agilidad y tamaño imponente, es capaz recorrer grandes distancias, por lo que su comportamiento migratorio le permite adaptarse a una amplia variedad de hábitats marinos.

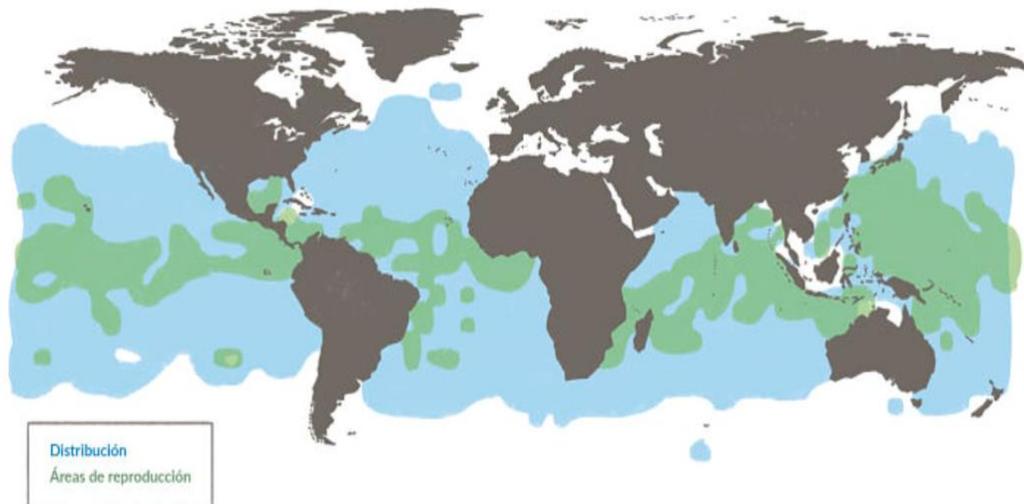


Figura 1. Distribución del atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*). Obtenida de Planet tuna¹¹.

Su alimentación está estrechamente ligada a las migraciones que realiza, las cuales parece estar influenciadas por la disponibilidad de presas y las condiciones ambientales, haciendo del atún aleta amarilla una especie clave en la dinámica de los ecosistemas oceánicos.

Su dieta se compone principalmente de peces menores, calamares y otros invertebrados marinos. Es considerado una especie oceánica oportunista generalista, debido que se alimenta de diversas presas, ya que, en diferentes partes del mundo, los recursos alimenticios disponibles y las condiciones ambientales influyen en su estrategia de alimentación, pues se considera que es sensible a los cambios ambientales.

Uno de los enfoques más comunes en la investigación sobre la alimentación del atún aleta amarilla es el análisis de su dieta en diferentes regiones utilizando técnicas avanzadas como el análisis del contenido estomacal y de isótopos. En el Océano Atlántico, cerca de las costas de Virginia, EUA., el atún aleta amarilla se alimenta principalmente del pez *Ammodytes dubius*⁵; mientras que en aguas cercanas a Brasil tiene preferencia por alimentarse de peces voladores (Fam. Exocoetidae), de peces linterna (Fam. Myctophidae), así como del calamar *Ornithoteuthis antillarum* y del crustáceo *Brachyuran megalopae*⁶.

estables. A partir de estas técnicas, diversas investigaciones han mostrado que la dieta de la especie puede variar significativamente dependiendo de su ubicación geográfica (Figura 2).

En aguas del Pacífico tropical, el atún aleta amarilla se alimenta principalmente del calamar gigante *Dosidicus gigas*¹, así como de la langostilla *Pleuroncodes planipes*, el pez *Vinciguerria lucetia* y del cefalópodo *Argonauta spp.*^{2,3}. En aguas ecuatorianas se alimenta principalmente de la melva *Auxis spp.*, y de peces de la familia Myctophidae⁴.

Por su parte en el océano Índico, se ha reportado que el atún aleta amarilla se alimenta del calamar volador *Sthenoteuthis oualaniensis*, así como del crustáceo *Charybdis smithii* y del pez *Cubiceps pauciradiatus*⁷. Además, al oeste de la India se ha reportado en su alimentación se compone principalmente del pez *Priacanthus hamrur* y del langostino *Solenocera hextii*⁸, así como de peces voladores (Fam. Exocoetidae)⁹.

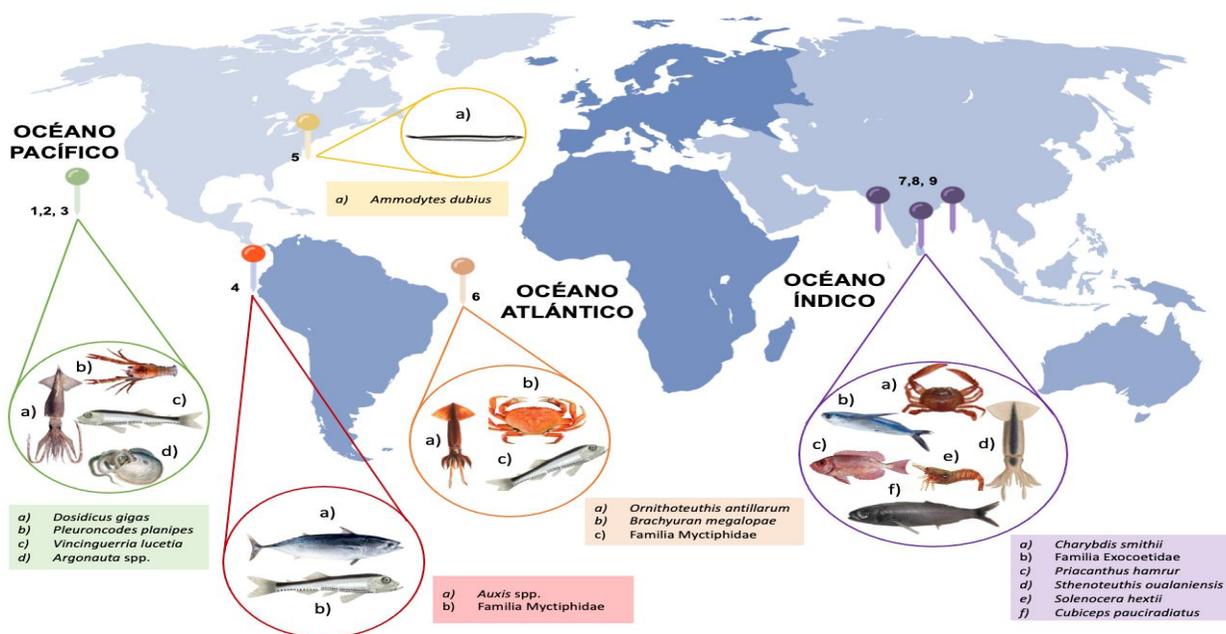


Figura 2. Estudios realizados alrededor del mundo donde se describe la dieta del atún aleta amarilla y sus presas.

Aunque son diversas de las especies presas de las que se alimenta el atún aleta amarilla, éstas cumplen funciones ecológicas similares en los diferentes hábitats; lo que ayuda a entender mejor las tramas tróficas y las relaciones ecológicas, proporcionando una visión más completa de cómo los ecosistemas funcionan.

La importancia del atún aleta amarilla no solo radica por su papel crucial en la trama trófica marina, sino también en su relevancia comercial, ya que es una especie clave en la industria pesquera global que, debido a su valor económico, representa una de las principales actividades marinas en las zonas tropicales y subtropicales de los océanos Atlántico, Pacífico e Índico¹⁰.

Comprender su biología y su dieta no solo es esencial para la conservación de la especie, sino también para la gestión sostenible de todas las especies presas que conforman su trama trófica. Al comprender estas variaciones, se obtiene una visión más clara de la ecología de la especie y podremos apreciar mejor los impactos de las prácticas pesqueras y los cambios ambientales en su comportamiento alimenticio.

Literatura revisada

- (1) Román Reyes, J. C. (2005). Análisis del contenido estomacal y la razón de isotopos estables de carbono (13C) y nitrógeno (15N) del atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*), delfín manchado (*Stenella attenuata*) y delfín tornillo (*Stenella longirostris*) del Océano Pacífico Oriental. Tesis de Doctorado. CICIMAR IPN. 161 pp.
- (2) Alatorre, V. (2007). Hábitos alimenticios del atún aleta amarilla *Thunnus albacares* y barrilete *Katsuwonus pelamis* en cardúmenes mixtos del Océano Pacífico Oriental Tropical. Tesis de Maestría. CICIMAR IPN. 100 pp.
- (3) Galván, M. F. (1988). Composición y análisis de la dieta del atún aleta amarilla *Thunnus albacares* en el Océano Pacífico mexicano durante el periodo 1984-1985. Tesis de Doctorado. CICIMAR IPN. 96 pp.
- (4) Varela, J. L., Intriago, K. M., Flores, J. C., & Lucas-Pilozo, C. R. (2017). Feeding habits of juvenile yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in Ecuadorian waters assessed from stomach content and stable isotope analysis. *Fisheries Research*, 194, 89-98.
- (5) Barr, C. G. (1991). Food and feeding of northern bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) and yellowfin tuna (*Thunnus albacares*): a comparative study of the food and feeding habits of the northern bluefin tuna off the coast of Virginia.
- (6) da Silva, G. B., Hazin, H. G., Hazin, F. H. V., & Vaske-Jr, T. (2019). Diet composition of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) and yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) caught on aggregated schools in the western equatorial Atlantic Ocean. *Journal of Applied Ichthyology*, 35(5), 1111-1118.
- (7) Krishnan, S., Pillai, T. A., Rayappan, J. C. A., Yagappan, T., & Rajapandian, J. (2024). Diet composition and feeding habits of yellowfin tuna *Thunnus albacares* (Bonnaterre, 1788) from the Bay of Bengal. *Aquatic Living Resources*, 37, 10.
- (8) Rohit, P., Rao, G. S., & Ram Mohan, K. (2010). Feeding strategies and diet composition of yellowfin tuna *Thunnus albacares* (Bonnaterre, 1788) caught along Andhra Pradesh, east coast of India. *Indian Journal of Fisheries*, 57(4), 13-19.
- (9) Varghese, S. P., & Somvanshi, V. S. (2016). Feeding ecology and consumption rates of yellowfin tuna *Thunnus albacares* (Bonnaterre, 1788) in the eastern Arabian Sea. *Indian J. Fish*, 63(1), 16-26.
- (10) González-Ania LV, JL Patiño-Valencia, G Ortuño-Manzanares, R Piña-Espallargas. (2000). Atún del Golfo de México. En: A Aguilar-Ibarra, P ArenasFuentes, L Beléndez-Moreno, JI Fernández-Méndez, L López-González, I Ortiz-Fortunat, P Sierra-Rodríguez, P Ulloa-Ramírez, A Díaz de LeónCorral (eds.). Sustentabilidad y pesca responsable en México. Evaluación y manejo 1997-1998. Instituto Nacional de la Pesca. SEMARNAP. México. 457-487 pp.
- (11) <https://planetuna.com/pregunta-al-cientifico/>

CAPACIDAD DE PESCA DE ATÚN EN EL PACIFICO ORIENTAL, PROPUESTA DE REDUCCIÓN CON ENFOQUE ECONÓMICO

Michel Dreyfus, PNAAPD

El exceso de capacidad de flota es considerado problemático a nivel mundial. La FAO incluso tiene lineamientos al respecto ya que puede generar presión para no tomar medidas adecuadas de ordenación al ser más difícil acordar o implementar medidas de conservación.

En el marco de la CIAT se ha abordado el tema de diversas formas y se tiene una resolución desde 2002 que estableció, especialmente para embarcaciones cerqueras, un registro de buques autorizados para pescar. Los países registraron sus embarcaciones y se acordó que no podrían entrar nuevas embarcaciones cerqueras a la pesca en el Pacífico oriental a menos que sustituyeran en capacidad a alguna (s) existentes. Por supuesto ha habido fallas y además solicitudes de capacidad especialmente por países con nulo o poco desarrollo de flota en la región y que consideraron que este acuerdo limitaba sus posibilidades de participación a futuro. Esas solicitudes se presentan periódicamente al igual que algunos reclamos por supuestas equivocaciones, fallas de registro o de medición de capacidad de embarcaciones. A pesar de no ser un esquema perfecto, por lo menos ha impedido que siguiera en aumento continuo de la capacidad bajo un esquema de “Tragedia de los Comunes”, donde los beneficios son para uno, pero los costos son compartidos por todos.

La resolución del 2002, mantuvo la capacidad autorizada para pescar alrededor de 225 mil metros cúbicos de bodega, pero después hubo un salto hasta 275 mil metros cúbicos debido a varios factores, entre ellos, reconsideraciones de la medición de las embarcaciones y embarcaciones que fueron incluidas en el registro posteriormente debido a errores de procedimiento u otras situaciones. Es importante

contrastar estos valores con la capacidad objetivo que estimó el personal científico en algún momento (150 mil metros cúbicos aproximadamente). Este valor objetivo también podría estar sujeto a discusión, en función del tipo de objetivo (económico, social o biológico).

A raíz de esto, ha habido diversas reuniones en la búsqueda de soluciones que permitieran reducir la capacidad, como por ejemplo la propuesta de que, si se hundiera una embarcación, no se pudiera reemplazar y así diversas propuestas que nunca fueron aceptadas en conjunto por los países miembros de la CIAT.

La última propuesta fue desarrollada por el Dr. Dale Squires, economista, que planteó un esquema que rompe con el principio de Tragedia de los Comunes al proponer que las empresas fueran las “dueñas” de los días de pesca permisibles y que ellas mismas administraran entre sus embarcaciones esos días potenciales de pesca.

La idea parte de que el personal científico establezca una cantidad de días de pesca para todas las flotas. Sin cambios debido a una reducción de abundancia, eso podría ser calculado por ejemplo restando los días de veda actuales a 365 días del año y multiplicando ese valor por el número de embarcaciones de cerco. De allí, habría que distribuir entre las empresas los días de pesca que les corresponden (basados en la proporción de metros cúbicos o el número de barcos, por ejemplo).

Teniendo una empresa determinados días de pesca autorizados, podría, por ejemplo, si se descompone una embarcación, traspasar días de pesca a una embarcación activa para que continúe pescando. Se eliminarían las vedas (que no se ha

analizado el efecto sobre el recurso, de tener constantemente esfuerzo de pesca).

Por supuesto que esto generaría más días de pesca, mayor esfuerzo y posiblemente mayor captura y presión sobre los recursos que llevaría a que el personal científico recalculara los días potenciales de pesca que no pongan en riesgo a las poblaciones de atunes y una redistribución de esos días entre las empresas. Sin embargo, como los días de veda, los días de pesca permitidos tendrían que ser aceptados por los países miembros, o consentir que, en automático, el cálculo de los científicos fuese el número de días autorizados.

El principio del que partió esta propuesta, es el de establecer que existen embarcaciones más eficientes que otras para pescar (mayor captura por día de pesca), y que las empresas darían por lo tanto la mayor cantidad posible de días de pesca a esas embarcaciones para sacar la mayor utilidad y con el tiempo venderían a sus embarcaciones menos eficientes.

Sin embargo, la realidad no es así, por lo menos en el caso de la pesca de atún asociada a delfines y de cardúmenes libres, la variabilidad en la eficiencia es muy grande, aspecto que nunca se analizó en el desarrollo de esta propuesta y que hecha por la borda la hipótesis de la embarcación “más eficiente”. La realidad es que se requiere de la cooperación o muestreo de las condiciones de pesca en diversas áreas del océano para dirigir a las embarcaciones de una flotilla a las zonas más productivas en determinado momento. La búsqueda del recurso requiere de una gran inversión de tiempo y de monitoreo de condiciones en el mar debido a la dinámica y extensión del océano.

Al desarrollar la propuesta nunca se consideró esta variabilidad en la eficiencia, la premisa de la que se parte para establecer todo el

planteamiento, no es válida. Por lo tanto, las condiciones que llevarían a que una empresa decida vender una de sus embarcaciones porque le genera mayor beneficio con el esquema resultan falsas.

Esta propuesta fue presentada por primera vez en el 2018 y desde entonces ha estado en la mesa para su discusión año tras año.

Aunado al incremento de esfuerzo de pesca que se generaría, cuyo monto no está calculado y por lo tanto la cantidad de días permitidos para pescar tendrían que ser reducida en algún momento, incorporando al efecto negativo de eliminación de vedas y considerando, como ha ocurrido con otras medidas de manejo, que deben de ser aceptadas por los países miembros (no en automático) y por lo tanto existiría posibilidad de no llegar a acuerdos, esto podría poner en mayor riesgo a los recursos atuneros.

Existen otros problemas con esta propuesta, que con su enfoque económico, no toma en cuenta otros objetivos asociados a tener una flota pesquera como son los objetivos de nación (empleo, uso de ZEE, seguridad alimentaria). Varios países miembros de la CIAT han declarado que la capacidad de flota es del país, no de las empresas por lo que, si una empresa decidiera vender un barco y su capacidad para que funcionara en cuanto a posible reducción de capacidad, los países tendrían que renunciar a la propiedad de la misma, en un esquema dinámico de movimiento de embarcaciones.

En el marco de la CIAT, en su reunión anual del 2024, varios países externaron la problemática de esta propuesta y por diversos aspectos la consideraron no viable y aunque algunos miembros la siguen viendo con interés, nunca será aprobada ya que se requiere el consentimiento de todos los miembros.

EL PACÍFICO ORIENTAL ¿POTENCIALMENTE FAVORABLE PARA EL ATÚN ALETA AZUL?

Aura Buenfil-Ávila; Sofia Ortega-García & Héctor Villalobos
Instituto Politécnico Nacional - Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas

El atún aleta azul (*Thunnus orientalis*) es una especie cuya distribución se limita al océano Pacífico, presentando patrones migratorios particulares asociados a las aguas frías. Estos patrones se atribuyen principalmente a la disponibilidad de alimento y a las necesidades reproductivas de la especie. Por lo que identificar cuáles son los sitios de desove contribuye a entender dichos patrones de distribución. En el Pacífico, se han identificado dos áreas principales de desove: una en el noroeste, cerca de Taiwán, donde el desove ocurre en los meses de mayo y junio; y otro en el mar de Japón, donde la actividad reproductiva se concentra entre los meses de julio y agosto.

Se ha observado que los juveniles de atún aleta azul se mueven hacia las cercanías de Japón utilizando la corriente de Kuroshio. Durante el verano y principio de otoño se desplazan hacia el norte en tanto que a finales del otoño y durante el invierno, su movimiento es hacia el sur. La mayoría de los juveniles siguen este patrón migratorio de norte a sur; no obstante, una pequeña fracción de ellos se desplaza hacia el Pacífico oriental. En esta región, los peces permanecen hasta alcanzar hasta los tres años o más de edad, para posteriormente regresar al Pacífico occidental con fines reproductivos. La Figura 1 ilustra los registros de presencia de atún aleta azul y detalla parte de su migración a lo largo del Pacífico.

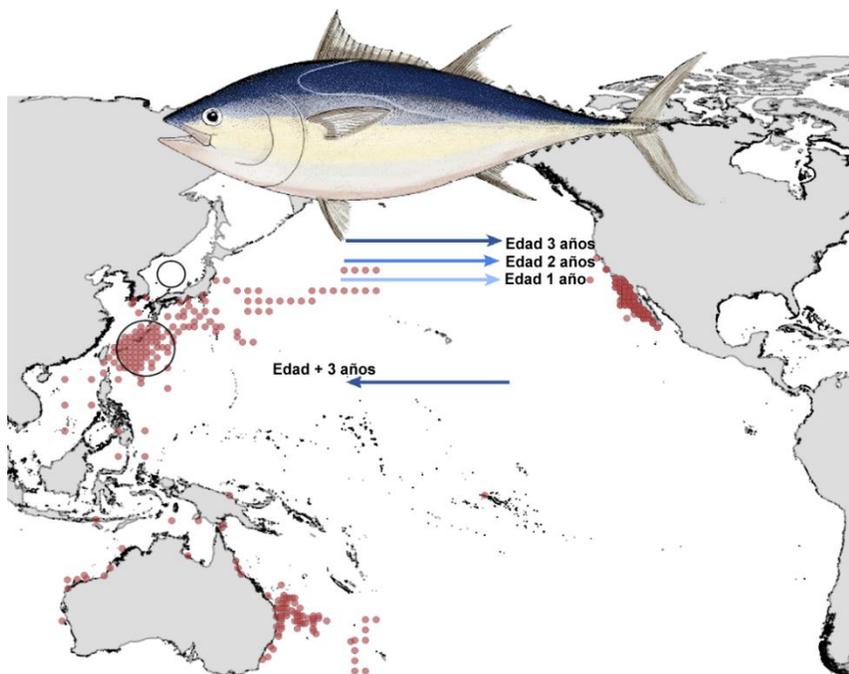


Figura 1. Registros de presencia (puntos rojos pequeños) para el atún aleta azul (*Thunnus orientalis*) provenientes del portal *Global Biodiversity Information Facility* y la Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT). Los círculos negros grandes representan las zonas principales de desove y las flechas representan la migración del Pacífico occidental al oriental y del oriental al occidental.

El atún aleta azul es una especie que es aprovechada económicamente en las dos regiones del Pacífico, siendo sus capturas lideradas en el Pacífico occidental (representando el 70 % del total) con una captura anual que superó las 9,000 t en el 2020 y 2021. En el Pacífico oriental, las capturas se concentran principalmente en el norte, frente a las costas de Estados Unidos y la Península de Baja California (entre los 28° y 32° N), representando un 29.8 % del total. En esta área, se capturaron más de 4,000 t anuales en el 2020 y 2021 provenientes principalmente de embarcaciones cerqueras. La Figura 2 muestra un resumen de las capturas en ambas regiones del Pacífico. Las capturas totales

han tenido una alta variabilidad a lo largo de los años, alcanzando los valores más altos (aproximadamente 40,000 t) en las décadas de 1950 y 1960. No obstante, durante las décadas de 1980 y 1990, las capturas no superaron las 35,000 t. A finales de los años 1990 e inicios de los 2000, se observó una recuperación, obteniéndose 35,000 t, seguida de una disminución, aunque en los últimos años se ha presentado nuevamente un repunte. Además de su importancia para la pesca industrial, esta especie es relevante para las pesquerías deportivas en el Pacífico oriental, con registros de más de 50,000 individuos capturados tanto en el 2021 y como en el 2022.

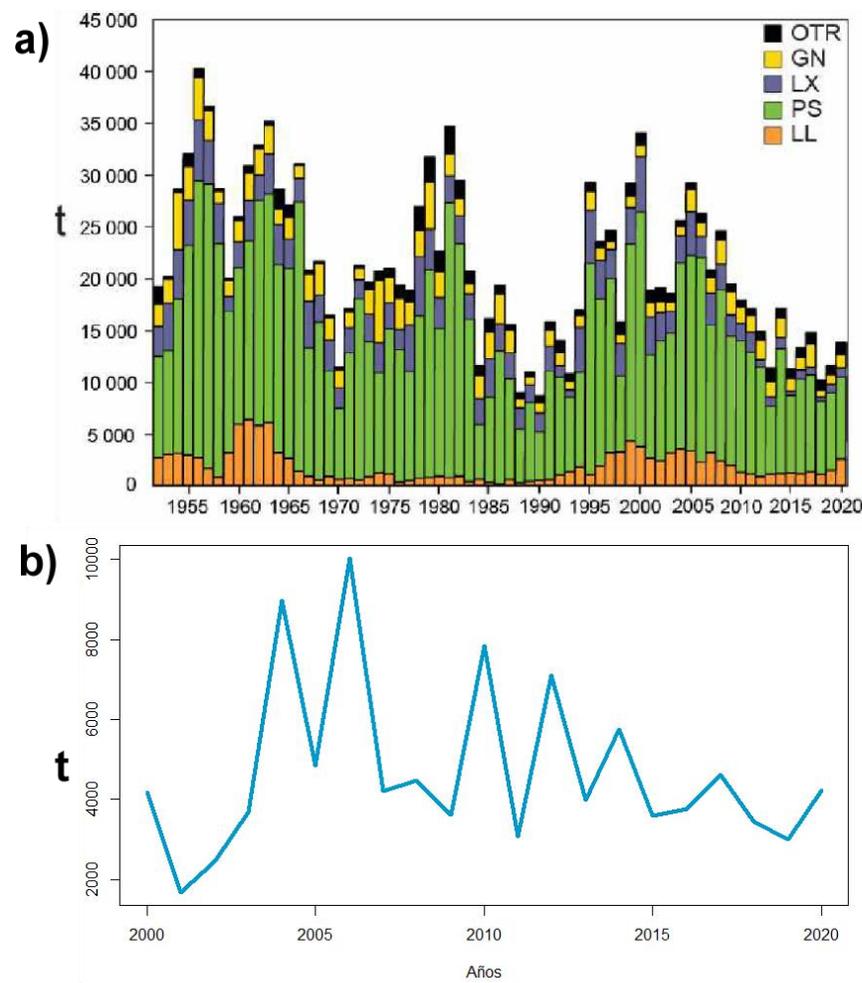


Figura 2. a) Capturas totales (todo el Pacífico) retenidas de atún aleta azul por arte de pesca, GN: red agallera, LL: palangre, LX: sedal y anzuelo; PS: red de cerco y OTR: otras; (Figura tomada del informe sobre la pesquería atunera de la CIAT en el 2022). b) Capturas retenidas en el Pacífico oriental por barcos cerqueros. Tomado del informe CIAT en el 2022.

En el Pacífico oriental, los individuos capturados se encuentran entre 1 y 3 años, mientras que en el Pacífico occidental se capturan aun antes de cumplir el primer año. Esto genera presión pesquera a lo largo de todas las etapas de vida del atún aleta azul, lo que ha tenido impacto significativo en sus poblaciones. Actualmente, esta especie cuenta con diferentes estatus de conservación. Según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), está clasificada como especie vulnerable, y como especie amenazada según la Ley de Especies en Peligro de Extinción de los Estados Unidos. Adicionalmente, la Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT) ha implementado medidas para prevenir la sobreexplotación en el Pacífico oriental. Estas medidas se enfocan principalmente en no exceder límites de captura.

Debido a las iniciativas para el manejo y conservación del atún aleta azul, es de gran importancia entender los patrones de distribución y la distribución potencial en relación con las condiciones ambientales. Esto es particularmente relevante para el manejo espacial, ya que facilita el monitoreo de los principales sitios de pesca y permite la delimitación de áreas para su conservación. En este sentido, el presente trabajo busca identificar la distribución potencial del atún aleta azul, destacando algunos factores que pueden desempeñar un papel importante en la selección de su hábitat.

A través de la aplicación del software MaxEnt, se realizaron modelos de distribución para el atún

aleta azul empleando información sobre la presencia de la especie en el Pacífico oriental durante el periodo 2000 al 2020. Esta información está disponible en la página de la CIAT, y para este análisis se consideraron únicamente los datos generados por observadores a bordo de los barcos cerqueros, lo que resultó en un total de 277 registros. Estos registros se dividieron equitativamente para la calibración (50 %) y la evaluación (50 %) de los modelos.

Para la aplicación de estos modelos fue necesario incorporar información ambiental relevante para la ecología del atún aleta azul. Se emplearon variables ambientales potencialmente importantes, como la concentración de la clorofila *a* (Chl-*a*), el grosor de la capa de mezcla (CGM), el oxígeno disuelto (O₂), la salinidad (SM) y la temperatura superficial del mar (TSM), así como la desviación estándar (TSMsd) de esta última. Todas estas variables se descargaron de la plataforma *Copernicus Marine Service* con una resolución espacial de 27.7 km y una resolución temporal mensual, cubriendo el periodo 2000-2020. Para representar adecuadamente todo el periodo, cada variable fue promediada en una sola climatología.

La generación y evaluación de los modelos se realizó utilizando el paquete *kuenm* en lenguaje de programación R. A través de *kuenm*, se seleccionó el mejor modelo de distribución para el atún aleta azul, así como la relación entre las variables ambientales y la presencia de la especie.

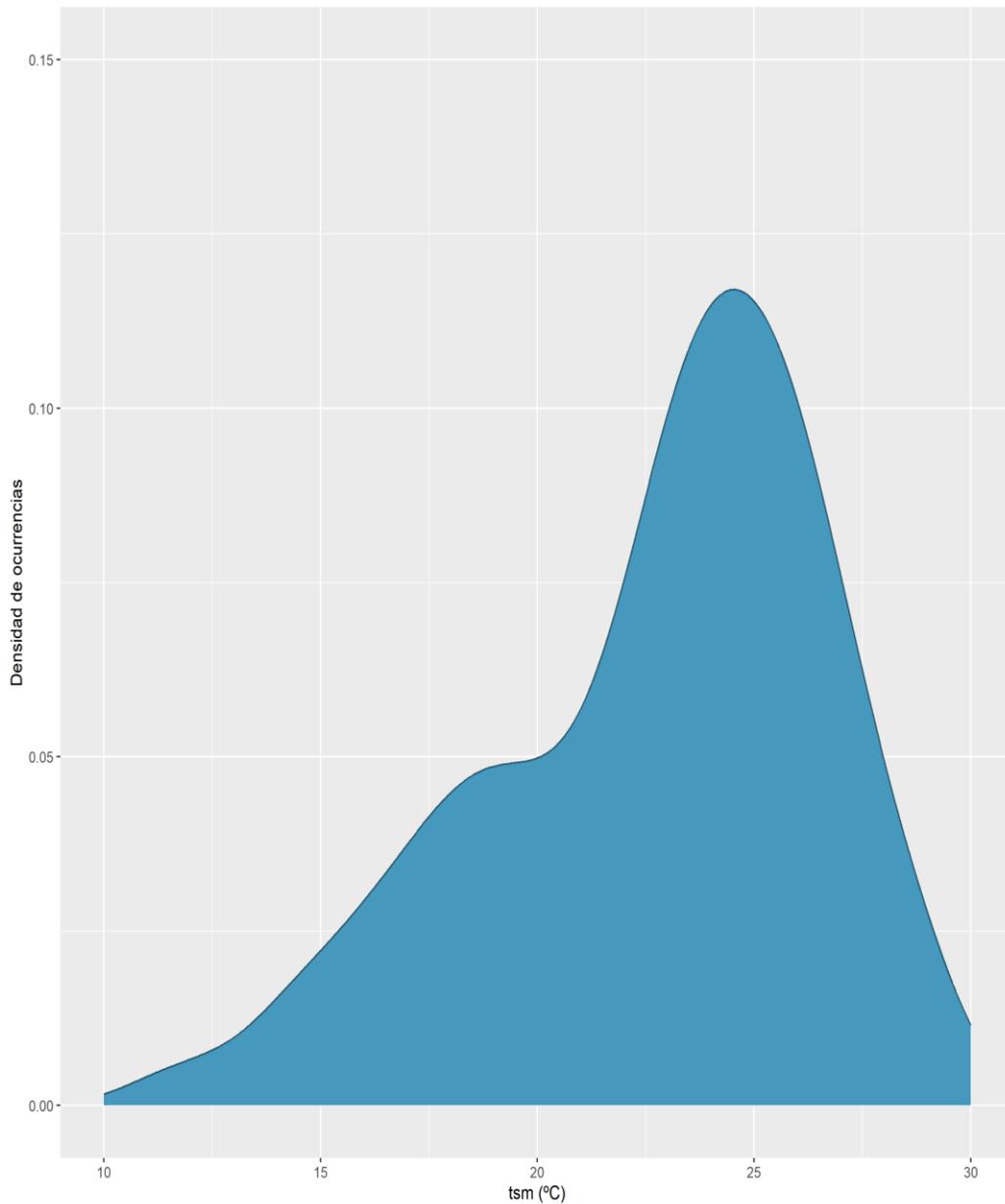


Figura 3. Curvas de densidad de presencia del atún aleta azul asociada a la temperatura superficial del mar.

De acuerdo con la curva de densidad (Figura 3) que relaciona la presencia del atún aleta azul en el Pacífico oriental con la temperatura superficial del mar, la especie muestra una preferencia por aguas frías, con un pico máximo de presencia en torno a los 25 °C. Con un rango mínimo en temperaturas cercanas a los 10 °C y un rango

máximo que alcanza los 30 °C. La extracción de información ambiental asociada a la presencia de la especie proporciona una referencia directa sobre las condiciones en las que fue capturada u observada, y sirve como base para futuras discusiones sobre su distribución espacial.

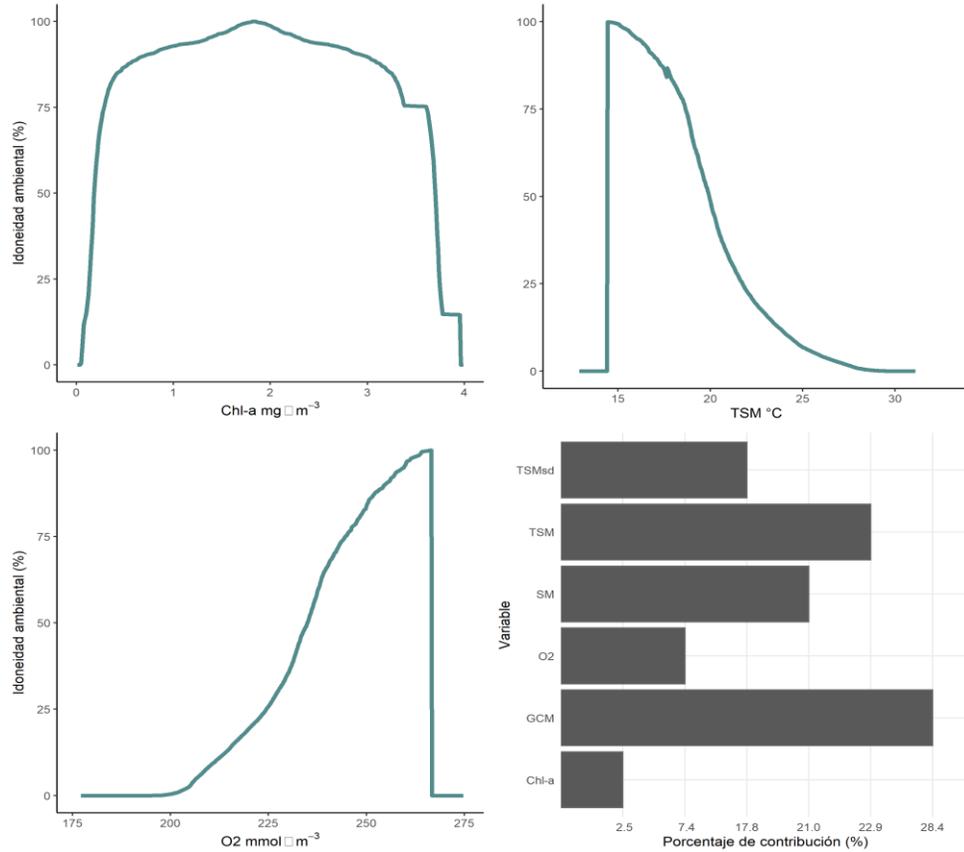


Figura 4. Curvas de respuestas de la idoneidad ambiental asociada a algunas variables ambientales usadas en el modelo. Además, el gráfico de barras muestra el porcentaje de contribución de cada variable al modelo de distribución del atún aleta azul.

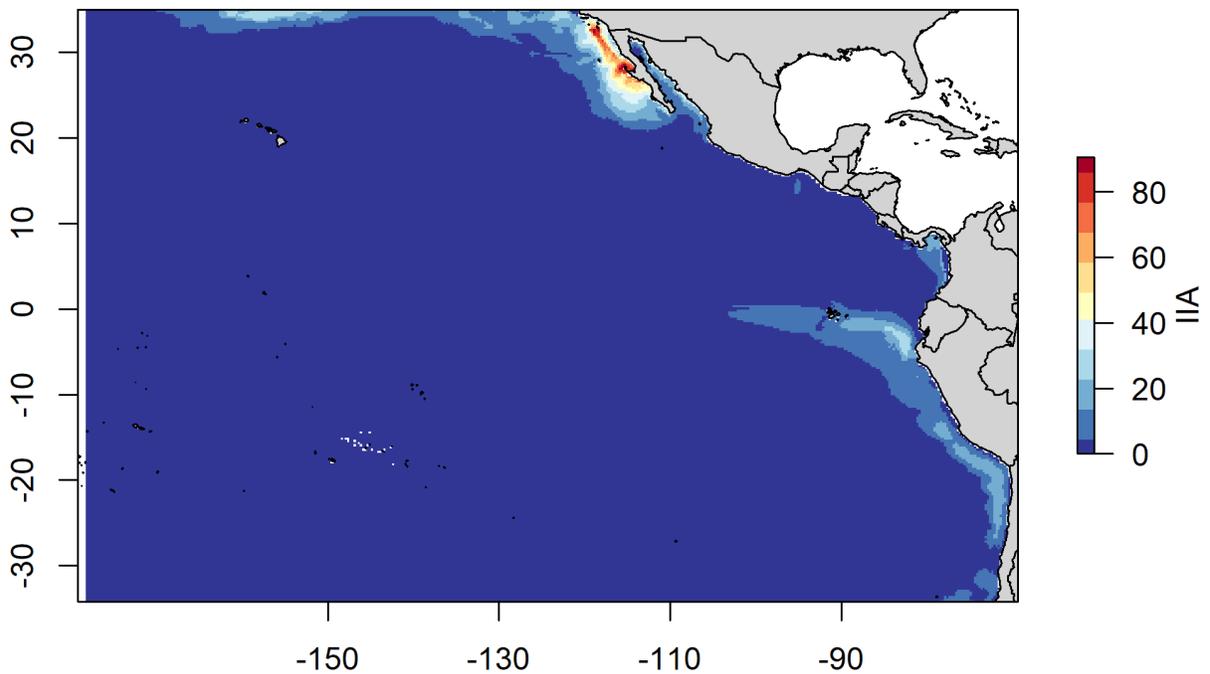


Figura 5. Distribución potencial del atún aleta azul (*Thunnus orientalis*) en el Océano Pacífico Oriental, donde el Índice de Idoneidad Ambiental (IIA) muestra las áreas con mayor probabilidad de presencia (valores de 100, rojo)

Con el mejor modelo obtenido en MaxEnt, se generaron las curvas de respuestas que muestran la relación entre la idoneidad ambiental para la especie y las variables utilizadas en el modelo (Figura 4). Para este análisis, se presentan las curvas de respuesta asociadas a la Chl-*a*, la TSM y el O₂. La curva de la Chl-*a* muestra que el porcentaje de idoneidad ambiental para el atún aleta azul es alto en concentraciones de clorofila cercanas a los 2 mg·m⁻³. En cuanto a la temperatura, la mayor idoneidad se observa en temperaturas menores a 20 °C, con un óptimo alrededor de los 15 °C. Respecto al oxígeno disuelto, el mayor porcentaje de idoneidad se presenta en concentraciones superiores a los 250 mmol·m⁻³.

Cabe mencionar que las curvas de respuesta se ven limitadas ya que el modelo fue calibrado en un solo fragmento de la distribución total del atún aleta azul. Si el modelo se hubiera calibrado considerando la distribución completa de la especie, probablemente se obtendrían rangos mínimos, máximos y el óptimo más representativos de la probabilidad presencia.

En la Figura 4 también se muestra un gráfico de barras que indica el porcentaje de contribución de las variables en la creación del modelo. Un mayor porcentaje indica una mayor relevancia de la variable para la distribución de la especie. En este análisis, se observó que entre las variables de mayor importancia se encuentra la TSM con un 22.9 % de contribución.

Además, se observó una importancia del GCM al modelo. Esto podría deberse a que la capa de mezcla presenta niveles uniformes de temperatura y salinidad, lo que favorece ciertos niveles de producción, características que pueden

ser aprovechadas por peces pelágicos mayores. La distribución de estos peces puede depender de las condiciones ambientales asociadas a la capa de mezcla. Por ejemplo, durante la época fría, la capa de mezcla tiende a ascender, lo que provoca que algunas especies se desplacen hacia aguas más superficiales, mientras que, en verano, cuando el agua se estratifica, algunas especies se distribuyen por debajo de la capa.

De igual importancia, es la temperatura del mar, que actúa como un factor limitante en la distribución esta especie, ya que influye directamente en sus capacidades fisiológicas, así como en la función del sistema cardiovascular.

Al analizar el mapa del índice de idoneidad ambiental (Figura 5), se observa que las áreas con mayor porcentaje de idoneidad para el atún aleta azul coinciden con las principales zonas de pesca dentro del Pacífico oriental, específicamente entre los 28° y 32° N, a lo largo de la costa de la Península de Baja California. Estas áreas están asociadas con las aguas frías del sistema de la Corriente de California. El mismo mapa también muestra la distribución potencial de la especie, señalando que, aunque con un menor nivel de idoneidad, la Corriente de Perú caracterizada por sus aguas frías también presenta condiciones favorables para la presencia del atún aleta azul.

Los modelos MaxEnt, cuando están correctamente calibrados y evaluados, pueden proyectarse en diferentes condiciones ambientales actuales o en escenarios futuros de cambio climático. Esto puede ser de gran utilidad para generar información que apoye el manejo y conservación de especies vulnerables, como el atún aleta azul.

LOS MONTES SUBMARINOS DEL OCÉANO PACÍFICO ORIENTAL

Natalia Michelle Melgar-Martínez & Sofía Ortega-García

Instituto Politécnico Nacional-Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas

Los **montes submarinos** son elevaciones grandes con forma cónica que se sitúan debajo del agua y que se elevan a miles de metros sobre el lecho marino. Su formación se debe a la actividad volcánica y por lo general se encuentran entre los 1000 y 4000 m de profundidad. Para que una montaña se clasifique como un monte submarino, debe elevarse al menos 1000 metros sobre el fondo marino circundante (Figura 1).

Los montes submarinos se encuentran en regiones de placas tectónicas intermedias, conocidas como “puntos calientes”, y cerca de los límites de las placas tectónicas. La mayoría de estos se agrupan en pequeños conjuntos de archipiélagos sumergidos y se calcula que en el mundo hay cerca de 100,000 montañas submarinas (Figura 2). A pesar de su abundancia, solo el 0.1% de ellos han sido explorados.

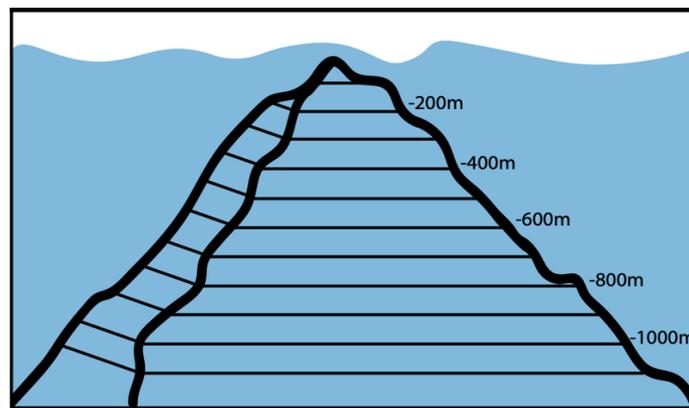


Figura 1. Ilustración básica de un monte submarino. La altura de los montes submarinos se mide a partir del nivel del mar hacia abajo. En el ejemplo, la primera profundidad marcada es de 200 metros por debajo del nivel del mar. Tomado de: NOAA Ocean Exploration.

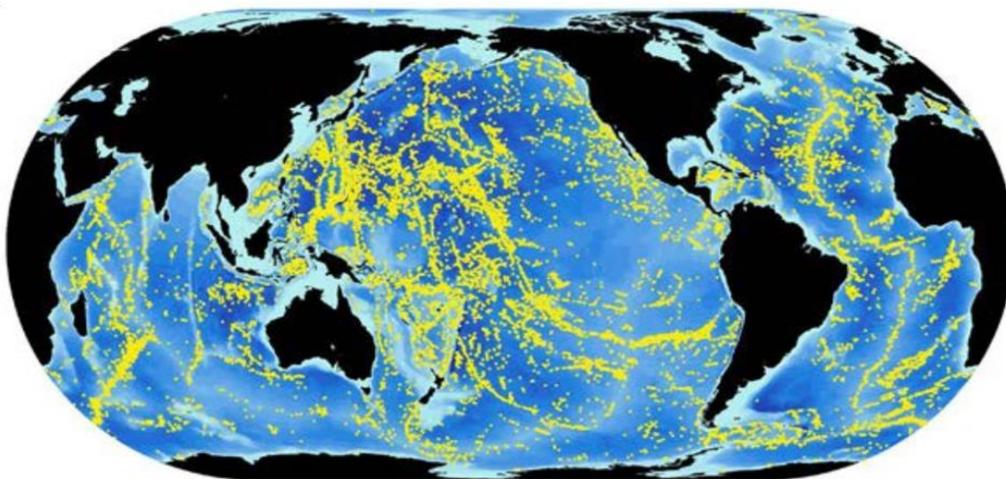


Figura 2. Distribución de 14,285 montes submarinos (puntos amarillos) alrededor del mundo. Fuente: Base de datos de la Universidad de Hawái, NOAA.

La mayoría de los montes submarinos son restos de volcanes extintos, mientras que otros están en erupción activa y en crecimiento. En el transcurso de millones de años estos pueden cambiar de forma en función de la actividad volcánica y la erosión. Cuando un monte submarino se eleva por encima de la superficie se denomina “isla volcánica”; con el tiempo, las olas, el viento y las lluvias pueden erosionarlas

provocando que se hundan debajo de la superficie. Cuando lo anterior sucede son denominados “atolones” (arrecifes coralinos en forma de anillo que rodean alguna laguna) o “guyotes” (montes submarinos de superficie plana). En la Figura 3 se pueden observar los ejemplos de cada una de las formas que pueden adoptar los montes submarinos.

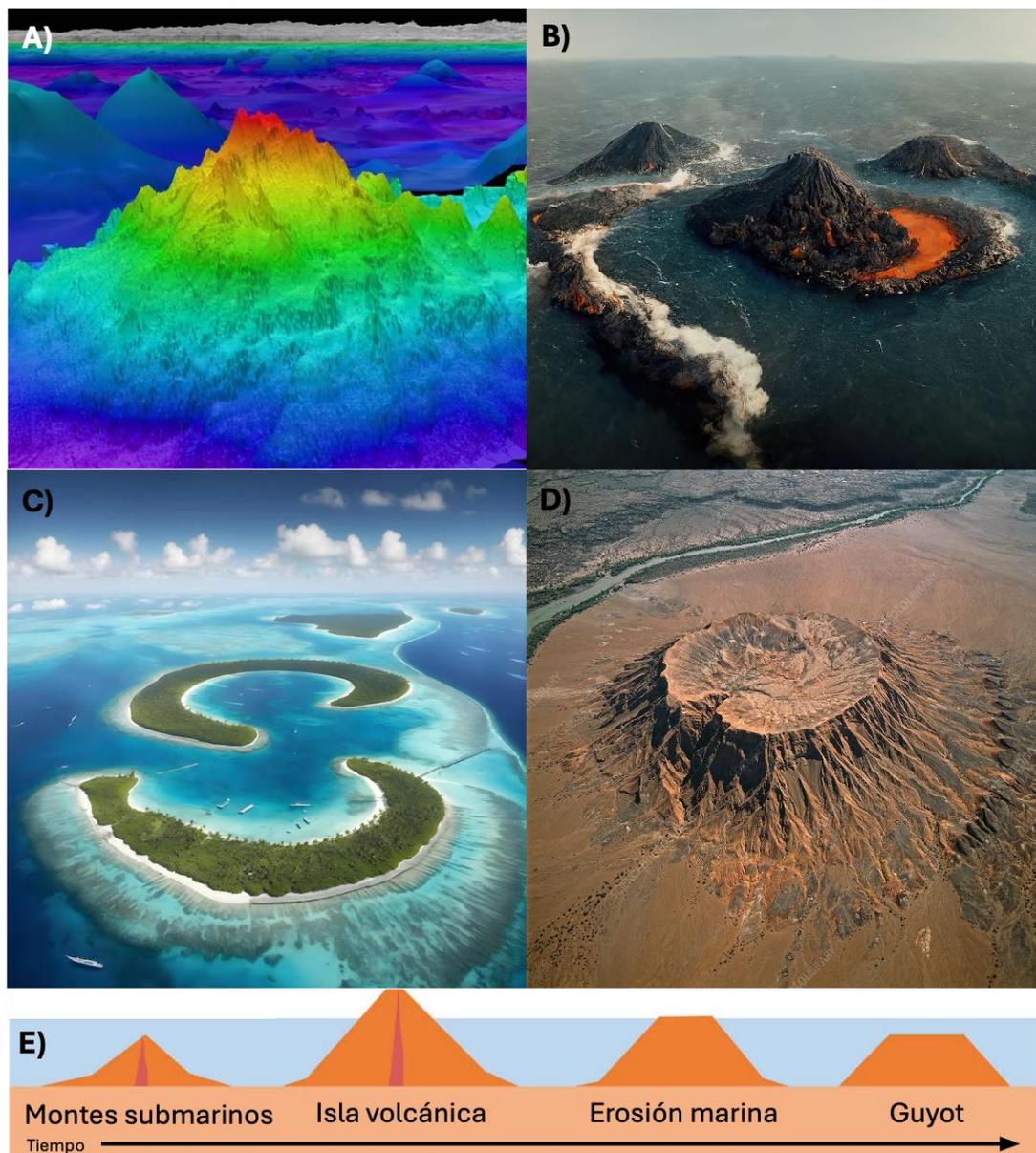


Figura 3. A) Representación 3D de un monte submarino; B) ejemplo de una isla volcánica; C) ejemplo de un atolón; D) ejemplo de un Guyot; E) ilustración de cómo se ven cada una de las formas de monte submarino respecto al nivel del mar.

¿Cuál es la importancia de un monte submarino?

Los montes submarinos tienen laderas empinadas que perturban el flujo normal del agua, provocando remolinos y fenómenos hidrológicos, dando lugar al movimiento de agua profunda a la superficie del mar (surgencias), la cual contiene gran cantidad de nutrientes, como nitratos y fosfatos, que ayudan a estimular el crecimiento del fitoplancton y abastecen de alimento a infinidad de especies. Además, estos procesos eliminan los residuos y reducen la acumulación de sedimento en los montes submarinos, generando un hábitat ideal para las comunidades de diversas especies, como corales, moluscos, crustáceos, peces y mamíferos marinos.

Debido a que los montes submarinos están formados por roca volcánica, el sustrato es más duro que el del fondo marino, lo que genera la presencia de fauna diferente a la que hay alrededor y que exista cierto grado de endemismo en estas áreas. Asimismo, estas formaciones geológicas suelen atraer a numerosas especies migratorias y de gran movilidad, como atunes, tortugas marinas, tiburones y ballenas.

En el océano Pacífico se encuentra la mayoría de los montes submarinos del mundo, en parte, debido a que es mucho más grande que las demás cuencas oceánicas, pero también al hecho de que las placas tectónicas presentes en ella se mueven considerablemente más rápido que en otros casos. Particularmente, en el océano Pacífico oriental existen algunos montes submarinos de gran importancia para la vida marina y para la pesquería.

Cordillera submarina del Coco

La cordillera submarina del Coco se encuentra en el mar territorial de Costa Rica y es la más extensa de América Central. Está conformada por una cadena de montes que se extienden desde las islas Galápagos hasta la costa pacífica de Costa Rica, con una extensión de 1,200 km, donde la Isla del Coco es el único punto que emergió (Figura 4). Esta isla tiene una altitud de 634 m sobre el nivel del mar y de 2,574 m sobre el fondo marino. En la cordillera se han identificado dos montes submarinos cuyas cumbres están a menos de 1,000 m de profundidad: el primero, Monte Cortés, está ubicado a 165 km al oeste de la isla del Coco y tiene una altura de 2,738 m; el segundo es el monte de Las Gemelas y se encuentra a 72 km de la isla, con una altura de 2,420 m.

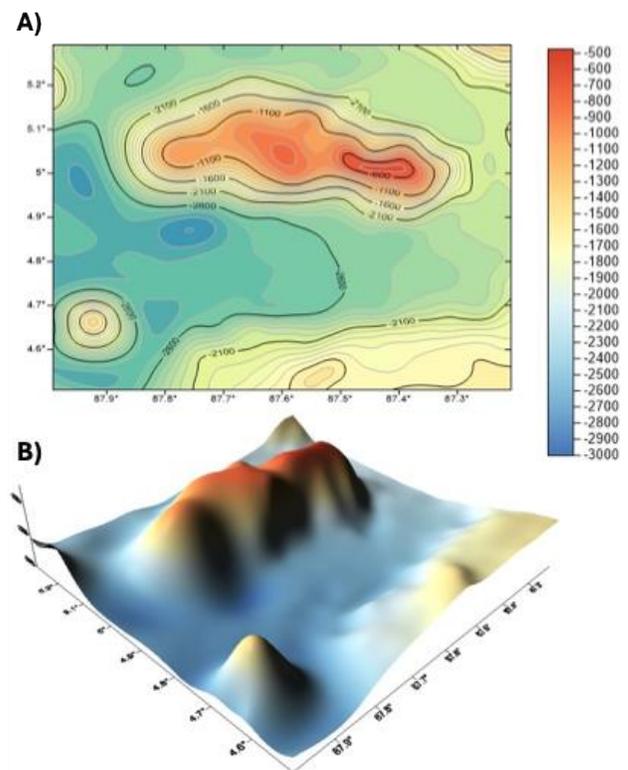


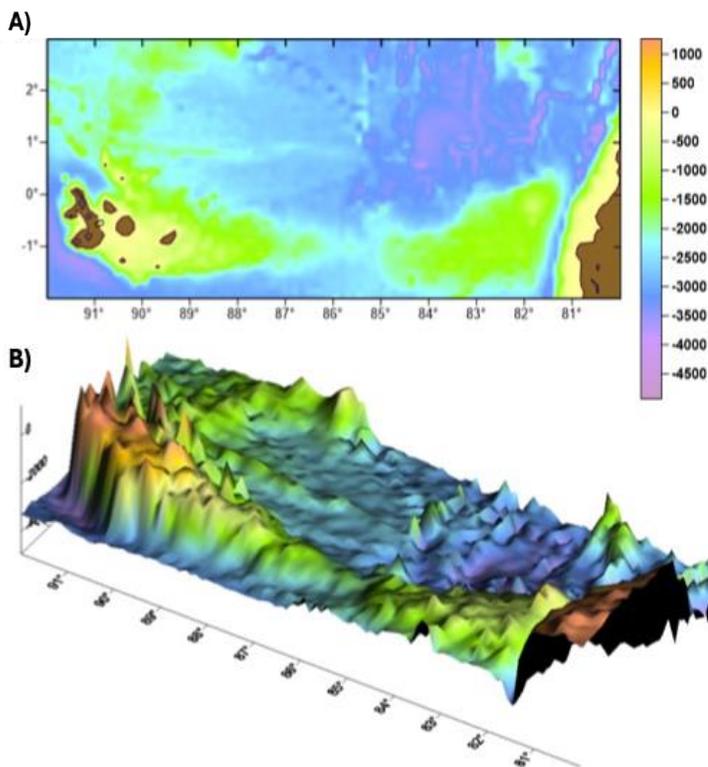
Figura 4. Cordillera submarina de Cocos. A) Diagrama de contornos demostrando la elevación de los montes submarinos; B) Elevación 3D de la cordillera de Cocos, mostrando un monte submarino que se eleva a 500 m.

Cordillera de Carnegie.

La Cordillera de Carnegie es una cordillera submarina lineal de 200 km de ancho y 1,100 km de longitud, con una tendencia este-oeste y cuyo origen es debido a la interacción entre el centro de divergencia de las Galápagos y Nazca-Cocos. Las crestas de los montes de esta cordillera tienen una profundidad aproximada de 1,400 m. Cerca de los 86°O, la batimetría de la dorsal se ve interrumpida por una depresión de 2,300 m de profundidad que divide la dorsal en segmentos occidental y oriental. Al oeste de esta ensenada, la dorsal se ensancha y termina en el pedestal volcánico de Galápagos. Del lado este termina cerca del margen continental de Ecuador (Figura

la zona continental) y occidental (hacia las islas Glápagos). En la Figura B se observa la elevación 3D de la cordillera.

Cordilleras submarinas de Salas y Gómez y Nazca. Las cordilleras submarinas de Salas y Gómez y Nazca son dos cadenas de montes submarinos que se extienden a lo largo de 2,900 kilómetros en el sudeste del océano Pacífico (Figura 6). Esta región posee más de 110 montes submarinos y en su extremo occidental se encuentra la isla de Pascua. Aislada por la corriente de Humboldt y la fosa profunda de Atacama, los ecosistemas de esta región son únicos ya que contienen uno de los niveles más altos de biodiversidad marina endémica en el planeta. Debido a la excepcional transparencia del agua, estas cordilleras contienen algunos de los arrecifes de coral más profundos del planeta.



5).

Figura 5. Cordillera de Carnegie. En la Figura A se pueden observar la depresión a más de 2000 m que divide a la cordillera en los segmentos oriental (hacia

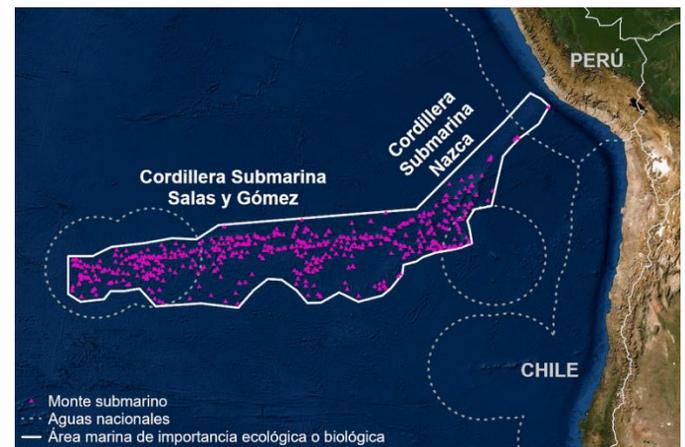


Figura 6. Cordilleras de Salas y Gómez y Nazca en el sudeste del Océano Pacífico Oriental.

Archipiélago de Revillagigedo

El archipiélago de Revillagigedo se encuentra en la costa del Pacífico Mexicano, a unos 800 km al oeste de la ciudad de Manzanillo y 400 km al sur de Cabo San Lucas. Las cuatro islas del archipiélago son de origen volcánico (Socorro, Clarión, San Benedicto y Roca Partida) y contribuyen a la presencia de surgencias generando una productividad alta. Las dos islas más grandes son isla Socorro e isla Clarión (Figura 7).

La Isla Socorro presenta un diámetro máximo de 16 km y una elevación de más de 1000 m. Constituye la parte superior de un volcán que se levanta casi 4000 m desde el fondo del océano, con un diámetro en la base de 48 km. Por

otro lado, la Isla Clarión se localiza en la parte más occidental del archipiélago de Revillagigedo, con un largo aproximado de 9,260 m y un ancho de 3,704 m. Está situada en un área relativamente grande y poco definida en que la corriente de California se confunde con la Corriente Norecuatorial. Las corrientes de superficie existentes en la cercanía de la isla son generalmente lentas y variables.

A pesar de la importancia de los montes submarinos como generadores de alta productividad, en los últimos años han enfrentado diversas amenazas como la pesca a gran escala y la explotación minera de los fondos marinos, actividades que podrían afectar en gran medida la diversidad de estos ecosistemas.

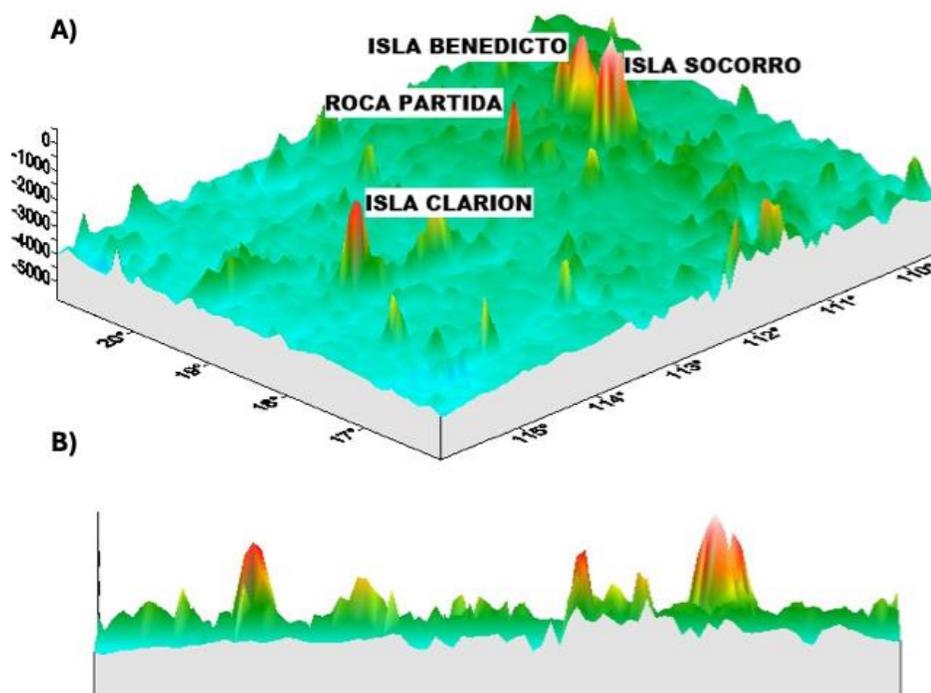


Figura 7. Parque Nacional Archipiélago de Revillagigedo. En la Figura A se pueden observar las elevaciones de las Islas que conforman el Parque Nacional, observando que el área circundante llega hasta los 4000 m de profundidad. La figura B es un corte transversal del área.

INFORME DE LA REUNIÓN ANUAL DE LA CIAT Y EL APICD

Relatoría por: Martha Betancourt y Michel Dreyfus
PNAAPD y FIDEMAR, Ensenada

Primero se celebró la 51ª Reunión del Grupo de Trabajo sobre seguimiento, se revisó la instrumentación del sistema de certificación Dolphin Safe, el cual proporciona información sobre la entrega de los Registros de Seguimiento de Atún (RSA) a la secretaria.

Posteriormente se discutieron recomendaciones y estrategias para mejorar la divulgación de la etiqueta en redes sociales, en el **Grupo de Trabajo para la promoción y divulgación del Sistema de Certificación Dolphin Safe**. Además, se sugirió apoyar que en un museo de Nueva York se amplíe el “stand” dedicado a los delfines, que incluya los logros del APICD, posteriormente fue aprobado en el APICD.

En el Panel **Internacional de Revisión**, se presentaron casos de posible incumplimiento (no llevar el reflector requerido, no llevar un capitán certificado por el APICD y un caso de hostigamiento al observador), son ya pocos los casos que se presentan comparado con años anteriores. Se revisaron los datos sobre el límite de mortalidad de delfines (LMD), de acuerdo a las estadísticas, la mortalidad está por debajo del año pasado (590, aunque no ha finalizado el año) comparado al año anterior (828), sin embargo, el límite de mortalidad por lance permanece en 0.08.

Por último, en este día, fue la **9ª reunión del CCA**. Se informó acerca del 2º Taller sobre métodos para la evaluación de la condición de las poblaciones de delfines en el OPO que se celebró en la CDMX, cuyo resultado fue el de favorecer usar los métodos genéticos para evaluar el tamaño de las poblaciones de delfines, se presentó también el avance del estudio sobre la separación madre-cría de delfines en la pesca con redes de cerco y las recomendaciones del

CCA, donde presentaron propuestas para la financiación de ambos proyectos, sin embargo no se apoyó su financiación aunque sí fueron avaladas las propuestas de investigación por el APICD.

2º Grupo de Trabajo ad hoc sobre Monitoreo Electrónico (reanudada). Se modificó el documento WGEM-02-02 el cual habla acerca del proyecto de estándares mínimos provisionales para el uso de sistemas de monitoreo electrónico (SME) en las pesquerías de la CIAT, este tema fue tan extenso que se finalizó la edición del documento el domingo 1ero de septiembre. Este tema va lento debido a que los países de oriente con flotas palangreras están siendo muy precavidos en este tema.

En la **48ª Reunión de las Partes del APICD**, se discutió acerca del presupuesto del APICD, donde se tocaron temas como los gastos del programa de observadores, del APICD, ingresos del programa en 2023, cuotas de buque y lo más importante el superávit acumulado y las cuotas de buque pendientes, por último, el presupuesto recomendado para el 2025. El presupuesto no fue aprobado y se tendrá que llevar a cabo una reunión a finales de octubre para aprobarlo. Principalmente México fue el que se opuso a usar parte del superávit para gasto corriente.

11ª Reunión del Comité de Administración Y Finanzas. Se presentó el informe de la auditoría financiera y hubo un examen de los presupuestos propuestos para 2025 y 2026, ese día no fue aceptado y se trabajó sobre la resolución C-15-05 del presupuesto ordinario para posibles modificaciones. México desde el inicio declaró que no podría incrementar su contribución al presupuesto de CIAT más allá de la del 2024. En la reunión de CIAT se aprobó el presupuesto sin

incrementos y utilizando parte del superávit de la CIAT (como se hizo el año pasado).

25ª Reunión del Grupo de Trabajo Permanente sobre Capacidad de la Flota. En el documento CAP-25-01 se discutió acerca de los datos actualizados sobre la capacidad de la flota de cerco en el OPO, incluyendo temas sobre prestamos o concesiones de capacidad y fletamentos con transferencia temporal de capacidad y sobre el sellado de bodegas. Se revisaron los caos pendientes sobre solicitudes, reclamos y disputas de capacidad, pero sin conceder ninguna de las solicitudes. El grupo también consideró que no era viable continuar con el proyecto de reducción de capacidad con base a un nuevo esquema que otorgaría a las empresas un número de días de pesca para distribuir entre sus embarcaciones.

15ª Reunión del Comité para la revisión de la aplicación de medidas adoptadas por la Comisión

Los países presentaron los casos que fueron proporcionados de posible incumplimiento a las resoluciones, lo más relevante de México es que no se cumplió con cobertura de 5% en flota de palangre por razones presupuestales que afortunadamente por las gestiones en el gobierno ya se solucionaron.

1ª Reunión Bienal Especial del Comité de Revisión de la Implementación de Medidas Adoptadas por la Comisión. Se recalcó la recomendación de 100% de cobertura para barcos cerqueros y el 5% de palangre, y se propusieron nuevas ideas para mejorar las reglas de cumplimiento. La primera como mejorar las resoluciones actuales (dar fortaleza, ver que partes faltan por desarrollar). La segunda la organización del trabajo o discusiones y la última el proceso de seguimiento (que acciones se tomaran en caso de no cumplimiento).

En la **reunión anual de la CIAT**, se presentaron de manera general las propuestas de resolución presentadas por los miembros.

Para la propuesta de medidas de conservación para los atunes tropicales se quedó que se mantendrán las mismas medidas 2 años más, pero si la evaluación de atún aleta amarilla que se supone estará lista el año próximo indicará una situación que requiera atención, se buscaría modificar la resolución antes de finalizados los dos años.

Para el **atún aleta azul** se aprobaron las medidas de incremento de 50% debido al alza de abundancia del recurso.

Se aprobaron además unas enmiendas a resoluciones vigentes relativas a tiburones y plantados y algunas otras de menor importancia.

El listado de resoluciones aprobadas es la siguiente:

RESOLUCIONES APROBADAS
C-24-11 Financiamiento FY2025
C-24-10 Cambio climático-Enmienda C-23-10
C-24-09 Estándares mínimos provisionales de SME
C-24-08 Grupo de trabajo sobre Evaluación de Estrategias de Ordenación
C-24-07 Registro Regional de Buques-Enmienda C-18-06
C-24-06 Plantados-Enmienda C-23-03
C-24-05 Tiburones
C-24-04 Albacora del Pacífico Sur
C-24-03 Atún Aleta Azul (monitoreo y control)
C-24-02 Aleta Azul
C-24-01 Conservación de los atunes tropicales 2025-2026

DESARROLLO DE MODELOS DE DISTRIBUCIÓN ESPACIAL PARA ATUNES COMERCIALES UTILIZANDO TELEDETECCIÓN MULTISENSORIAL.

Recopilación por Manuel Correia-Aguiar

El proceso de modelación de distribución de especies (MDE) es fundamental en la ecología y conservación de la biodiversidad, permitiendo predecir la distribución potencial de las especies basándose en su relación con el medio ambiente. La gestión eficaz de los ecosistemas marinos exige una toma de decisiones informada y basada en datos precisos, completos y adecuados. Siendo la cartografía de los hábitats una parte importante de los procesos que permitan evaluar los efectos de las actividades humanas teniendo en cuenta la sensibilidad del medio ambiente. Existe una cantidad cada vez mayor de literatura que explora cómo las combinaciones de covariables climáticas elegidas y parámetros de ocurrencia de los modelos pueden afectar el desempeño predictivo para determinar la distribución potencial de las especies revisadas. Comprender cómo la capacidad predictiva de los modelos puede verse influida por diferentes opciones metodológicas adoptadas durante su fase de construcción es vital para garantizar una respuesta ecológica satisfactoria.

Sin lugar a duda, los atunes son uno de los grupos de peces más valorados en la pesca comercial porque son una de las fuentes de ingresos y nutrición más relevantes de la comunidad global. De acuerdo con Jaiteh y colaboradores (2016), la existencia de túnidos en diversos océanos impacta como efecto cascada en el comportamiento de las poblaciones de otras especies, ya que son depredadores superiores, controlando la dinámica ecológica en los distintos hábitats marinos.

Es necesario comprender de manera más profunda la dinámica de distribución espacial de los atunes para optimizar la administración de los

ecosistemas marinos y asegurar la sostenibilidad a largo plazo de las actividades pesqueras, las cuales contribuyen de alguna manera con los cambios en el clima global, con la circulación oceánica y biodiversidad marina.

Con base a esta idea, Yati y colaboradores (2024), desarrollaron modelos de distribución espacial con buen desempeño para cuatro especies de túnidos comerciales: **atún blanco** (*Thunnus alalunga*), **patudo** (*Thunnus obesus*), **aleta amarilla** (*Thunnus albacares*) y **listado** (*Katsuwonus pelamis*), brevemente se describe su metodología.

1. Área de estudio y fuente de datos pesqueros.

El área de estudio se encuentra ubicada entre el continente asiático y Australia, en medio de los océanos Índico y Pacífico. Se consideraron los datos de 3 de las 11 Áreas Marítimas de Gestión Pesquera (FMA, en inglés), definidas por el Ministerio de Asuntos Marinos y Pesca de Indonesia (MMAF) (Fig. 1). Dichas áreas de estudio quedaron delimitadas como las aguas que abarcan el mar occidental de Sumatra y el estrecho de Sunda (FMA 572), el mar meridional de Java, Bali y Nusa Tenggara (FMA 573), y la bahía de Tolo y el mar de Banda (FMA 714), (Fig. 2). La Corriente de Flujo Continuo de Indonesia (CFCI), caracterizado por la transferencia de aguas cálidas y de baja salinidad desde el Océano Pacífico occidental al Océano Índico oriental a través del archipiélago indonesio, es una característica oceanográfica importante que puede influir en la distribución de nutrientes y las especies marinas en esta región (flechas en figura 2).

Este estudio se centró en los datos de captura de palangre de atún blanco (**ALB**), patudo (**BET**) y

aleta amarilla (**YFT**), así como en los datos de captura de atún listado (**SKJ**) con redes de cerco. Se excluyeron los datos de artes de pesca mixtas para una sola especie para garantizar la coherencia y minimizar la complejidad. Además, el estudio utilizó registros diarios de presencia de atún de los cuadernos de bitácora de pesca entre 2016 y 2021, generalmente por latitud y longitud donde se capturó con éxito al menos una de las 4 especies.

2. Fuente de datos ambientales.

Recientemente, los satélites de teledetección con múltiples sensores han proporcionado una visión integral de diferentes variables ambientales, pueden proporcionar datos temporales más amplios en diferentes condiciones climáticas y áreas cubiertas de nubes, en comparación con el uso de un solo sensor, así mismo se pueden utilizar para identificar las ubicaciones de los bancos de atún y predecir sus movimientos. Por ejemplo, varias especies de atún podrían preferir aguas superficiales más cálidas, mientras que otras prosperan en regiones más frías.

Las ocurrencias diarias de atún se fusionaron en datos mensuales para que coincidieran con la resolución espacial y temporal de ciertas variables ambientales marinas. Esta combinación generó un conjunto integral de datos para analizar patrones y tendencias en la presencia de atún a lo largo del tiempo. Con una resolución espacial coherente, promediados al mismo cuadrado ($0.083^\circ \times 0.083^\circ$), se realizó un análisis preciso de la relación entre las ocurrencias de atún y los factores como la Temperatura Superficial del Mar (**SST**, siglas en inglés), Clorofila-a (**CHL**, siglas en inglés), Anomalías del Nivel del Mar (**SSHA**, siglas en inglés), Energía Cinética de Giro (**EKE**, siglas en inglés) y Salinidad Superficial del Mar (**SSS**) como

variables independientes para el modelo, las cuales se obtuvieron a partir de plataformas de datos de libre acceso en internet (**Tabla 1**).

3. Prueba de multicolinealidad

La multicolinealidad de covariables ambientales puede generar resultados sesgados o engañosos al determinar el uso óptimo de cada factor para predecir o comprender la variable de respuesta dentro de un modelo. Las covariables ambientales, denominadas también como variables predictoras, deben tener poca correlación entre sí, porque si están muy correlacionadas dificultan estimar con precisión el efecto individual de cada covariable sobre la variable dependiente, ya que su variación se solapa en gran medida. Para minimizar la multicolinealidad, se sugiere realizar un análisis de correlación entre las covariables antes de usarlas en el modelo y, si es necesario, aplicar métodos de selección de variables o técnicas como el análisis de componentes principales. En el estudio de las 4 especies de túnidos se descartaron las combinaciones con coeficiente de correlación igual o mayor a 0.8. Adicionalmente, de la matriz de correlación se evaluaron las variables ambientales utilizando el factor de inflación de la varianza (**VIF**). Este factor se utiliza para cuantificar el grado en que la multicolinealidad provoca un aumento en los errores estándar de los coeficientes de regresión, donde un valor de VIF superior a 10 indica multicolinealidad. La matriz de correlación de los parámetros ambientales se aplica para ayudar a identificar pares de variables predictoras altamente correlacionada. Los resultados de las métricas de correlación, para **SST**, **CHL**, **EKE**, **SSHA** y **SSS** no mostraron coeficientes de correlación superiores a 0,35, lo que sugiere relaciones lineales bajas entre las cinco variables ambientales. Sin embargo, Según los reportes de

Yati y colaboradores (2024) el análisis **VIF** reveló multicolinealidad, especialmente de la temperatura (SST) con la salinidad (SSS), exhibiendo el puntaje VIF más alto (>10). En consecuencia, el valor de VIF cayó debajo de 5, por lo tanto las variables restantes fueron usadas para modelar las 4 especies de atunes en el área de estudio.

4. Construcción y validación de modelos de distribución.

La “Máxima Entropía” (**MaxEnt**) es un modelo probabilístico con el objetivo es estimar la distribución de probabilidad más uniforme posible donde todas las posibilidades son las más equitativas, es decir, donde cada resultado tiene la misma probabilidad de ocurrir, siempre que se cumplan las restricciones impuestas por los datos de forma que no haga suposiciones innecesarias y minimice sesgos. Esta técnica combina la ocurrencia de especies, un área de estudio y variables explicativas, o covariables, que describen los factores medioambientales con coeficientes de correlación bajos que pueden estar relacionados con la presencia en el área de estudio.

MaxEnt puede manejar fuentes de datos complejas y heterogéneas (por ejemplo, imágenes satelitales, datos oceanográficos y de pesca) para identificar áreas de alta probabilidad de ocurrencia o abundancia de una especie, en este caso, de 4 especies de atún. Hay elementos que trabajan interrelacionados para calibrar y evaluar un modelo de distribución potencial de especies en MaxEnt.

Los modelos mensuales se construyeron utilizando un parámetro de regulación, 10.000 puntos de área de fondo (**Background**), los cuales se generaron aleatoriamente cada año para cada mes. El **background** define el espacio de aprendizaje del modelo, del cual se derivan las

pseudoausencias. Fueron alineados con la resolución espacial de los datos ambientales y con la proximidad geográfica a los registros conocidos de presencia de atún. Resultando en un conjunto de datos que abarcó los seis años de estudio (2016-2021) con 60.000 puntos de fondo por mes. La **prevalencia** y la proporción de datos de presencia afectan directamente las probabilidades predichas por MaxEnt y los resultados de las métricas. El **umbral** se selecciona con base al propósito del estudio y afecta cómo se interpretan las predicciones del modelo. Las métricas la curva receptor-operador (**ROC**) y el área bajo la curva (**AUC**) sirven para evaluar la capacidad y calidad del modelo de diferenciar entre presencias y pseudoausencias, permitiendo comparaciones entre escenarios y ajustes en el proceso de modelado, El número de **iteraciones** puede configurarse, y un valor mayor permite al modelo ajustar mejor sus parámetros, aunque aumenta el tiempo de cálculo. Sin embargo, demasiadas iteraciones pueden llevar a sobre-ajustar el modelo, en este estudio se programó con 500 iteraciones máximas. La **prevalencia** se refiere a la proporción de ocurrencias de la especie en comparación con la ausencia o fondo dentro del área de estudio. En este estudio se fijó en 0,5 de prevalencia. (**Tabla 2**).

Una vez que se completan estas fases, para entrenar el modelo con algoritmos de aprendizaje automático, Yati y colaboradores (2024), utilizaron el 70% de los datos de presencia de atunes y 30% para la validación cruzada permite evaluar el rendimiento del modelo en diferentes subconjuntos de datos, lo que proporciona una estimación de su capacidad de generalización y también ayuda a detectar problemas de sobreajuste o subajuste. El rendimiento del modelo se evaluó aplicando el área bajo la curva

receptor-operador (**AUC**) y la estadística de habilidad verdadera (**EHV**). Mientras, la puntuación del **AUC** va de 0 a 1, donde 1 indica que no hay superposición en la distribución de presencia y ausencia (**Tabla 3**). Mientras tanto, el **EHV** se calcula para medir la capacidad del modelo para discriminar entre la presencia y la ausencia de una especie. El **EHV** se ve menos afectado por un desequilibrio de clases o la representación desigual de muestras de presencia y ausencia con puntuaciones que van de -1 a $+1$. Las puntuaciones **AUC** superiores a 0,7 y las puntuaciones **EHV** superiores a 0,4 indican un buen rendimiento del modelo (**Tabla 3**).

5. Rendimiento del modelo y contribución de las variables

Los modelos de distribución mensual mostraron diferentes niveles de rendimiento para cada especie de atún. Aun así, demostraron consistentemente altos valores de **AUC** ($>0,7$) y valores de **EHV** ($>0,5$), como se muestra en la **Tabla 3**. Los puntajes **EHV** superaron consistentemente 0,5 pero se mantuvieron por debajo de 0,7, y el puntaje **AUC** cayó entre 0,78 y 0,9, como resultado de este estudio, lo que significa un modelo con suficiente sensibilidad y especificidad para distinguir la presencia y ausencia de especies de atún en las 3 Áreas de Gestión Pesquera de Indonesia seleccionadas para el estudio (**Fig. 2**).

Estos resultados indican que los modelos funcionaron bien y se pueden utilizar para análisis posteriores. **ALB** mostró una diferencia más amplia en **AUC** (**dAUC**) y diferencia en **EHV** (**dEHV**) en comparación con **BET**, **YFT** y **SKJ**. Estos resultados podrían deberse al conjunto de datos más pequeño disponible para **ALB** en comparación con las otras especies (**Tabla 3**).

La **Figura 3** muestra la influencia de las variables ambientales marinas, incluidas **SST**, **CHL**, **SSHA** y **EKE**, en la conformación de los modelos de distribución mensual de las cuatro especies de atún. **SSHA**, **CHL** y **SST** surgieron como las variables más impactantes, cada una contribuyendo más del 30% y afectando sustancialmente el modelo general. Aunque la contribución de la covariable de Energía Cinética de Giro (**EKE**) fue generalmente inferior al umbral del 30%, excepto en junio para **SKJ**, su inclusión mejoró significativamente el rendimiento del modelo. En consecuencia, omitir el **EKE** del conjunto de variables ambientales en estos modelos de distribución del atún disminuiría la efectividad del modelo.

La **figura 4** ilustra la curva de respuesta que muestra cómo los factores ambientales afectan la presencia de cuatro especies de atún de diciembre a enero. El gráfico explica cómo los cambios en las variables ecológicas afectan la probabilidad de presencia de especies de atún. La curva de respuesta para las cuatro especies de atún de diciembre a febrero (**DJF**) tuvo un patrón similar, con una **SST** que oscilaba entre $27,5$ y $31,5$ °C, una **CHL** de 0 a 3 mg/l, una **SSHA** de $-0,3$ a $0,2$ m y un **EKE** de 0 a 1 m^2/s^2 . De marzo a mayo, la curva de respuesta para las cuatro especies de atún también fue similar, mostrando que la **SST** varió de 26 a 31 °C, **CHL** de 0 a 3 mg/l, **SSHA** de $-0,3$ a $0,2$ m y **EKE** de 0 a 1 m^2/s^2 . Estos resultados sugieren que la distribución potencial de las cuatro especies de atún sigue un patrón trimestral a semestral.

La **figura 5** muestra la curva de respuesta, que indica cómo diferentes factores ambientales afectan la probabilidad de que cuatro especies de atún estén presentes en el área de junio a noviembre. Durante junio a agosto, la curva de respuesta muestra que la **SST** varió de 23 a 30 °C,

CHL de 0 a 4 mg/l, SSHA de -0,5 a 0,3 m y EKE de 0 a 1,1 m²/s² para las cuatro especies de atún. De septiembre a noviembre, la curva de respuesta muestra una SST que va de 22 a 31 °C, CHL de 0 a 4 mg/l, SSHA de -0,4 a 0,2 m y EKE de 0 a 1,1 m²/s². La curva de respuesta de junio a noviembre también indica un patrón trimestral a semestral. Sin embargo, la curva de respuesta del ambiente marino de junio a noviembre es más amplia que la de diciembre a mayo.

3.3. Índice de idoneidad del hábitat para las cuatro distribuciones comerciales de atún

La probabilidad de ocurrencia se concentra principalmente en regiones específicas, incluidos los mares de Sumatra occidental, Java meridional, Bali, las islas Nusa Tenggara y el mar de Banda. Los resultados revelan las variaciones estacionales espaciales y la persistencia de los hábitats potenciales del atún alrededor del mar sur de Java, enfatizando la influencia de las condiciones ambientales marinas en la región.

La Figura 6 muestra las áreas donde se producen superposiciones de hábitat durante diferentes meses, como febrero, abril y junio, con ubicaciones geográficas específicas. En febrero, hábitats superpuestos de alto potencial (HSI>0,6) para las cuatro especies de atún, particularmente en el mar desde el oeste de Sumatra hasta la parte suroccidental de Java. En abril, las áreas superpuestas permanecen en el mar suroccidental de Java y se extienden a Nusa Tenggara, el mar de Banda, el norte de Papúa y el sur de Filipinas. Para junio, las áreas superpuestas persisten alrededor del mar sur de Java. En febrero, se detectó el hábitat superpuesto para tres especies de atún, como lo indica una especie de tono amarillo, por ejemplo, el área superpuesta de ALB, BET e YFT encontrada cerca de Palau y el mar norte de Papúa. Además, en junio, los hábitats superpuestos para dos especies de atún

están marcados con un tono verde. Por ejemplo, las áreas superpuestas de BET e YFT en el océano Índico (5–10°S y 93–102°E).

La capacidad del modelo para predecir un HSI alto (>0,6) para las cuatro especies de atún comerciales más allá de la muestra de entrenamiento depende de la presencia de muestras de entrenamiento distribuidas uniformemente que capturen las variaciones en la distribución de las especies a lo largo del espacio y el tiempo. Los modelos MaxEnt requieren datos de entrenamiento suficientes y bien distribuidos para capturar las relaciones entre especies y ambiente sin sobreajustar el ruido en los datos. Mantener las complejidades del hábitat o las preferencias ambientales de las especies de atún con datos de presencia más limitados y desiguales para las muestras de entrenamiento puede ser un desafío, especialmente si las relaciones entre las especies y las variables ambientales no son lineales.

Los resultados muestran que tres variables ambientales marinas (SSHA, CHL y SST) tienen el impacto más significativo en la predicción de la presencia de cuatro especies de atún en un área en particular, en comparación con EKE (Fig. 3). Si bien el efecto de EKE es menos pronunciado que los otros tres factores, aún puede indicar la presencia de movimiento turbulento del agua, que puede afectar la distribución de presas y la presencia de atún. Investigaciones anteriores sugieren que los valores altos de EKE caracterizan los beneficios de la surgencia para los pescadores debido a la alta probabilidad de presencia de atún. Estos resultados muestran que la probabilidad de hábitat potencial de cuatro especies de atún fue alta de diciembre a mayo (Fig. 4), cuando hubo un rango estrecho estable de valores de EKE en la curva de respuesta, en comparación con el período de junio a noviembre

(Fig. 5). La estabilidad en este caso significa que los valores medidos son relativamente predecibles y consistentes.

Como especie altamente migratoria, el atún puede seguir las corrientes oceánicas influenciadas por la SSHA para acceder a regiones con condiciones óptimas de alimentación. La SSHA mide la desviación de la altura de la superficie del mar con respecto a la media, lo que indica la presencia de corrientes oceánicas y variaciones en la distribución de la masa de agua. De hecho, los modelos espaciales de la distribución de los cuatro atunes detectaron principalmente este hábitat potencial del atún en el mar atravesado por la FCI (flechas negras en Figura 2), incluido el mar occidental de Sumatra (15°S-5°N, 91°-105°E), el mar meridional de Java (8°S-15°S, 105°-115°E), desde Bali, Flores y el mar meridional de Nusa Tenggara hasta Timor (5°S-15°S, 115°-130°E), el mar de Banda (5°S-0°, 122°-135°E), el Arafura (5°-15°S, 130°-140°E) y el mar meridional de Filipinas. (0°-9°N, 120°-143°E). Además, según estudios previos, SKJ se ve favorecido con las anomalías del nivel del mar (SSHA) negativa y positiva, y BET tolera niveles más bajos de SSHA que otras especies. Sin embargo, el rango de niveles de SSHA para ALB, BET, YFT y SKJ encontrado en este estudio es similar (Figs. 4 y 5).

La cantidad de CHL en el océano indica la cantidad de fitoplancton presente, que es la base de la cadena alimentaria marina. El CHL es un factor esencial para determinar la distribución del atún, ya que se alimenta de presas como las sardinas y las anchoas, que se alimentan de organismos plantónicos. Ciertos niveles de CHL sugieren alimento abundante para las especies presa, atrayendo al atún. Los niveles de CHL <10 mg/l (Figs.4 y 5) implican que las cuatro especies de atún están presentes principalmente en aguas

oligotróficas, donde hay menos alimento disponible. Esta condición puede beneficiar a los atunes como depredadores visuales. De hecho, estudios anteriores han demostrado que BET, YFT y SKJ se encuentran a menudo en aguas oligotróficas.

La temperatura superficial del mar afecta la distribución de las cuatro especies de atún en el continente marítimo, ya que prefieren aguas cálidas. La temperatura también afecta los procesos fisiológicos del atún, incluido el metabolismo, las tasas de crecimiento y los comportamientos reproductivos. También es responsable de afectar la distribución de las presas del atún, lo que hace que la temperatura superficial del mar sea un factor esencial para determinar dónde se puede encontrar el atún. Además, los cambios en la temperatura superficial del mar pueden provocar un cambio en la distribución de las especies y afectar los patrones de biodiversidad de los ecosistemas marinos. Por ejemplo, un aumento de la temperatura superficial del mar afecta el carbono orgánico particulado generado a través de la producción biológica, lo que tiene implicaciones importantes para los ciclos biogeoquímicos y la dinámica de los ecosistemas. Sin embargo, si la temperatura superficial del mar aumenta significativamente, puede provocar una disminución de las poblaciones de peces e invertebrados o un cambio hacia zonas que se adapten mejor a sus preferencias ambientales.

Además, las variaciones estacionales en el ambiente marino afectan la distribución y el movimiento del atún de forma trimestral a semestral (Figs. 4 y 5), influyendo en su presencia en áreas específicas durante todo el año. De diciembre a mayo, las condiciones oceanográficas óptimas para las cuatro especies de atún incluyen SST alrededor de 26-31,5 °C,

CHL de 0-3 mg/l, SSHA de -0,3 a 0,2 m y EKE de 0-1 m²/s² (Fig. 4). Durante junio-noviembre, los hábitats potenciales tienen rangos más amplios de valores ambientales, con SST que van de 23 a 31 °C, CHL de 0 a 4 mg/l, SSHA de -0,5 a 0,3 m y EKE de 0 a 1,1 m²/s² (Fig. 5). Además, estos valores de CHL y SSHA para la probabilidad de ocurrencia de YFT en estos resultados cubren un rango más amplio que el indicado por estudios previos en la región del Pacífico tropical.

La probabilidad de encontrar regiones de alto potencial para el hábitat del atún de junio a noviembre es más limitada en comparación con diciembre a mayo. Esta situación se debe a los rangos más amplios de las curvas de respuesta de junio a noviembre, lo que puede hacer que la SST fluctúe demasiado alto o demasiado bajo (Fig. 5) en ciertas áreas, limitando así el área de hábitats ideales para el atún. Durante este tiempo, las variaciones en los patrones de SSHA y EKE también pueden crear condiciones menos favorables para el movimiento y la alimentación del atún. El rango de CHL encontrado en este estudio de junio a noviembre es más amplio que de diciembre a mayo (Fig. 4), lo que también restringe la probabilidad de regiones de alto potencial para el hábitat del atún.

El uso de métodos de pesca con red de cerco para SKJ también puede provocar la captura de grandes cantidades de SKJ, lo que afecta la dinámica de la población y la distribución general. La alta presión pesquera en algunas áreas puede cambiar la estructura y el movimiento de la población de SKJ, lo que impulsa a la especie a buscar regiones menos explotadas. Tales condiciones pueden alterar el rango de hábitat potencial de la especie e influir en la distribución espacial.

A lo largo de todo el año, surge un patrón persistente, con el descubrimiento constante de regiones con alto potencial de HSI en las aguas del sur de Java, que sirven como ubicaciones privilegiadas para la distribución de ALB, BET, YFT y SKJ (Fig. 6). En registros previos a este estudio, para SKJ, las regiones con alto potencial de HSI abarcan desde las aguas al sur de Java hasta el oeste de Sumatra. Sin embargo, hay ocasiones en las que los cuatro atunes comerciales se encuentran exclusivamente cerca del mar de Banda y la parte sur de Filipinas. El mapa de HSI muestra fluctuaciones que varían con las estaciones, principalmente como resultado de cambios mensuales en las condiciones ambientales marinas similares a estudios anteriores.

Los factores ambientales y ecológicos causan la superposición de hábitats de diferentes especies de atún durante varios meses, como se describe en la Fig. 6. Los cambios estacionales causan cambios en la SST, SSHA y otras condiciones oceanográficas, lo que lleva a hábitats variados que atraen a múltiples especies de atún. Los atunes son peces altamente migratorios que prefieren condiciones específicas y disponibilidad de presas, lo que puede provocar superposiciones de hábitats cuando sus rutas convergen durante ciertos meses. Esta superposición podría generar competencia por los recursos de alimentación, lo que influiría en la dinámica de las poblaciones de atún y las relaciones ecológicas dentro del ecosistema marino. Las áreas en las que varias especies de atún comparten factores oceanográficos similares también sugirieron la posibilidad de interacciones entre especies de atún mixtas y el arte de pesca específico, lo que provocaría la captura incidental de especies de atún durante las

actividades de pesca. Esta información será valiosa para la gestión de la pesca.

Los resultados indican que es esencial considerar el tipo de arte de pesca utilizado al recopilar datos sobre la presencia de atún para mejorar la precisión del modelo en este estudio. Además, el rendimiento del modelo MaxEnt puede ser sensible a la selección de parámetros del modelo, como el parámetro de regularización, los tipos de características o los criterios de convergencia de las variables ambientales utilizadas para identificar las condiciones ambientales asociadas con la presencia de especies. Los distintos artes de pesca tienen distintos niveles de selectividad para especies, tamaños o edades de peces específicos. Por ejemplo, los artes de pesca con palangre pueden apuntar a atunes más grandes y peces individuales, mientras que las redes de cerco pueden capturar una gama más amplia de tamaños y rodear grandes cardúmenes de atún. Por lo tanto, ciertos tipos de artes de pesca pueden capturar especies no objetivo (captura incidental) y atún que pueden afectar las tasas de captura de atún observadas y deben tenerse en cuenta para proporcionar una estimación más precisa de la presencia de atún. Al considerar el tipo de arte utilizado, el modelo puede dar cuenta de esta selectividad y evitar sesgos en los datos. La incorporación de datos de artes de pesca mixtas para una sola especie de atún plantearía complicaciones, pero podría ser un área para futuras investigaciones en el modelado de la distribución de especies. Sin embargo, podría requerirse un enfoque metodológico diferente para abordar esta cuestión.

Los modelos de distribución espacial para las cuatro especies de atún desarrollados en este estudio ofrecen información crucial para gestionar las poblaciones de atún de manera eficaz, cuyos procedimientos de evaluación

podrían aplicarse en otras regiones del Pacífico Oriental, por ejemplo. Los planes de gestión específicos para cada especie basados en adaptaciones ecológicas y patrones de distribución permiten una conservación específica. Particularmente, estos modelos proporcionan un enfoque novedoso para evaluar los efectos de la pesca y las actividades humanas en los hábitats comerciales del atún, incluidas las áreas marinas protegidas y los posibles caladeros. Estudios anteriores no emplearon estos enfoques. Además, los modelos pueden respaldar la colaboración transfronteriza para gestionar las especies migratorias de atún al involucrar a las partes interesadas, como los pescadores y las comunidades locales, en la toma de decisiones. Los modelos también pueden orientar los ajustes de los artes y prácticas de pesca para reducir la captura incidental y minimizar los impactos en las especies no objetivo. Se pueden establecer restricciones de pesca estacionales aplicando este modelo para proteger las poblaciones de atún vulnerables. Además, los modelos permiten el seguimiento a largo plazo de las poblaciones y los hábitats del atún, haciendo un seguimiento de los cambios espaciales en la distribución del atún. Aun así, es esencial continuar con la investigación para garantizar la sostenibilidad a largo plazo de las poblaciones de atún y su interacción con el medio ambiente y otras especies en los ecosistemas marinos.

4. Conclusiones

Este estudio desarrolló con éxito los modelos de distribución espacial para los cuatro atunes comerciales utilizando teledetección satelital multisensor y entropía máxima. Los puntajes EHV y AUC indican que el modelo tiene un buen desempeño. Es posible expandir las predicciones de la distribución del atún más allá de la muestra de entrenamiento cuando las muestras de

entrenamiento cuando las muestras de entrenamiento se distribuyen uniformemente en el área de estudio y reflejan con precisión la presencia del atún. Este hallazgo puede ser útil para futuras investigaciones en modelos de distribución espacial con datos in situ limitados. La persistencia espacial de las cuatro especies de atún se observa predominantemente alrededor del mar del sur de Java, siendo el listado (SKJ) la especie que se encuentra con mayor frecuencia en las áreas marinas de Indonesia. La existencia de las mismas regiones de alto potencial de idoneidad del hábitat para diferentes especies de atún durante todo el año sugiere el potencial de interacciones entre estas especies y sus artes de pesca, lo que revela que la posible competencia por los recursos de alimentación influye en sus comportamientos y distribuciones espaciales. Esta información sirve para orientar a una pesca dirigida, utilizando medidas de gestión espacial

como las áreas marinas protegidas y las zonas de veda para proteger los hábitats críticos y ayudar a la recuperación de las especies, y los ajustes a las artes de pesca para minimizar la captura incidental.

El conocimiento de las variaciones estacionales en la distribución del atún respalda la implementación de vedas estacionales de pesca para proteger a las poblaciones vulnerables durante períodos críticos. Compartir esta información con los pescadores y la colaboración transfronteriza fomenta prácticas pesqueras responsables para la sostenibilidad a largo plazo. Es recomendable realizar más investigaciones entre otras regiones marinas de importancia comercial para comprender la dinámica entre los factores ambientales y la distribución e interacciones de organismos marinos de múltiples especies, lo que respaldaría una gestión pesquera eficaz y responsable de nuestros mares.

Tabla 1

Lista de variables ambientales obtenidas a partir de plataformas de datos de libre acceso en el internet.

(Yati *et al.*, 2024).

N°	Variable Ambiental		Datos Obtenidos	ID del producto	Resolución	
	Siglas				temporal	espacial
1	Temperatura Superficial del Mar.	SST (°C)	MUR-JPL-L4-GLOB-v4.1	AQUA/MODIS, AQUA/AMSR-E, CORIOLIS/WINDSAT, TERRA/MODIS NOAA-19/AVHRR-3, GCOM-W1/AMSR2	diario	~1km
2	Clorofila-a	CHL (mg/l)	Copernicus-GlobColour L3	SEAWIFS, MERIS, AQUA/MODIS, TERRA/MODIS, SNPP & JPSS1/VIIRS, SENTINEL 3A & 3B/OLCI	diario	~4km
3	Anomalías del Nivel del Mar	SSH	Global Ocean Along Track L3	SENTINEL-6A, JASON-3, SENTINEL-3A, SENTINEL-3B, SARAL/ALTIKA, CRYOSAT-2, HY-2B	diario	~7km
4	Salinidad Superficial del Mar	SSS (PSU)				
5	Energía Cinética de giro	EKE (m ² /s ²)	GLOBAL_ANALYSI SFORECAST_PHY_01_024 (extensión temporal del servicio a nov 2024)	NOAA-18 & NOAA-19/AVHRR, METOP-A/AVHRR, ENVISAT/AATSR, AQUA/AMSR-E, TRMM/TMI, MSG/SEVIRI, GOES-11	diario	~9km

Tabla 2. Relación y comparación de conceptos clave en el contexto de modelos de distribución de especies en MaxEnt.

Concepto	Descripción	Propósito Principal	Depende de	Relación entre Conceptos
Background	Conjunto de puntos de referencia tomados del área de estudio para representar la disponibilidad ambiental.	Estimar la distribución de las condiciones ambientales disponibles para contrastar con las ocurrencias observadas.	Área de estudio, resolución espacial, fuentes de datos ambientales.	Se utiliza para calcular la diferencia entre las ocurrencias observadas y las condiciones ambientales disponibles. Impacta en la prevalencia, pseudosausencias, y ROC/AUC.
Pseudosausencias	Puntos generados artificialmente para representar la ausencia de una especie.	Proporcionar un contraste estadístico en ausencia de datos de no ocurrencia reales.	Método de generación, número de puntos, características ambientales de fondo.	Relacionadas con el background, ya que suelen seleccionarse de él. Su número y ubicación influyen en la sensibilidad y especificidad del modelo, y en métricas como ROC/AUC.
Iteraciones	Número de ciclos que realiza el algoritmo para ajustar los pesos y optimizar el modelo.	Asegurar la convergencia del modelo para minimizar el error y maximizar el ajuste.	Parámetros del modelo, datos de entrada, configuración de MaxEnt.	Afectan la precisión del modelo, incluida la estimación de umbrales y el cálculo de AUC. Más iteraciones suelen mejorar el ajuste, pero pueden incrementar el tiempo computacional.
Prevalencia	Proporción de ocurrencias de la especie en los datos de entrada.	Influye en las probabilidades predichas por el modelo, ajustando los resultados hacia ocurrencias o ausencias.	Datos de entrada, pseudosausencias, y configuración del modelo.	Impacta en la interpretación de los resultados, como los umbrales de predicción, las curvas ROC y los valores de AUC.

Umbral	Valor utilizado para convertir probabilidades continuas en predicciones binarias (presencia/ausencia).	Determinar la distribución final predicha para aplicaciones prácticas.	Tipo de umbral (e.g., mínimo de presencia, valor promedio, maximización de sensibilidad y especificidad).	Depende del balance entre sensibilidad y especificidad. Afecta la interpretación del ROC/AUC y las decisiones prácticas basadas en las predicciones del modelo.
ROC (Curva receptor-operador)	Representa la relación entre la sensibilidad (tasa de verdaderos positivos) y 1-especificidad (tasa de falsos positivos) para diferentes umbrales.	Evaluar la capacidad discriminativa del modelo para distinguir entre ocurrencias y ausencias.	Predicciones del modelo, prevalencia, umbrales seleccionados.	Su forma se ve influenciada por pseudosausencias, umbrales y background. Es la base para calcular el AUC, que resume su desempeño.
AUC (Área bajo la curva)	Métrica que resume el desempeño del modelo en términos de la curva ROC. Valores cercanos a 1 indican mejor capacidad discriminativa.	Evaluar globalmente el desempeño del modelo independientemente de un umbral específico.	ROC, datos de entrada, prevalencia.	Influida por pseudosausencias, iteraciones y prevalencia. Es una medida de calidad general, pero no siempre adecuada para datos con alta prevalencia o ausencia de variabilidad ambiental.

Tabla 3

Resultados de valores del área bajo la curva (AUC), diferenciaAUC (dAUC), índice estadística de habilidad verdadera (EHV), diferenciaEHV (dEHV), y número de individuos presentes registrados en el área para cada una de las especies de tünidos. (Yati *et al.*, 2024)

Especies de tünidos	AUC	dAUC	EHV	dEHV	N° individuos presentes (=puntos en el mapa)
ALB	0.76–0.89	0.29	0.51–0.66	0.15	223–602
BET	0.78–0.88	0.10	0.51–0.63	0.12	362–981
YFT	0.78–0.87	0.09	0.52–0.62	0.10	567–1189
SKJ	0.74–0.83	0.09	0.50–0.62	0.12	1299–4001

CERTIFICACIÓN MSC DE LA PESQUERÍA DE SARDINA CRINUDA DEL SUR DEL GOLFO DE CALIFORNIA: 2ª AUDITORIA

Elaborado por: Dra. Mercedes L. Jacob Cervantes Responsable del Programa Pelágicos Menores, CRIAP-MAZATLÁN.

La sardina crinuda forma parte de los recursos naturales con que cuenta México. En Sinaloa esta pesquería ocupa el 1er lugar por sus volúmenes de captura, sosteniendo una importante industria pesquera que genera miles de empleos en la región. Por esta razón, el Instituto Mexicano de Investigación en Pesca y Acuicultura Sustentables (IMIPAS) a través del Programa de Pelágicos Menores tiene como objetivos generar el conocimiento científico y tecnológico, para la evaluación y el manejo de la pesquería de pelágicos menores y garantizar la sustentabilidad del recurso y el ecosistema.

En este sentido y para contribuir a darle valor agregado a los productos de esta pesquería, la ecocertificación internacional es una oportunidad para contribuir a la sustentabilidad de las especies y su entorno. De esta manera la Certificación de la pesquería de sardina crinuda de esta región otorgada desde octubre del 2016 bajo los principios de la MSC como sustentable y bien manejada garantiza y valida los procesos de evaluación y manejo realizados por el IMIPAS.

Para darle continuidad a la ecocertificación, esta pesquería ha logrado ser recertificada a partir del 14 de abril de 2022, durante otros 5 años, lo cual garantiza la sustentabilidad de la pesquería., la diversificación de mercados con alto valor agregado, la consolidación de la

empresa sardinera, el mejoramiento de las prácticas de pesca de sardina y la sustentabilidad de la biodiversidad biológica y el ecosistema marino del sur del Golfo de California. Esta certificación lleva un seguimiento del cumplimiento de sus Principios a través de auditorías anuales de verificación, llevándose a cabo recientemente la 2ª auditoría durante los días 7 y 8 de octubre de 2024.

El avance en el conocimiento, la evaluación y manejo de esta pesquería, la colaboración y comunicación entre los diferentes actores, INDUSTRIA-GOBIERNO- ACADEMIA- OSC, así como la implementación de estrategias conjuntas para la mejora continua de las buenas prácticas de pesca, sientan las bases para una pesquería sustentable y responsable con el medio ambiente.

Para el seguimiento y control de la pesquería se cuenta con el apoyo muy importante de FIDEMAR, quien administra el Programa de observadores tanto a bordo de la flota pesquera como en planta, y cuenta con personal técnico científico especializado en el muestreo biológico y registro de las actividades realizadas tanto a bordo de la flota como durante las descargas comerciales. Esto permite tener información actual y precisa para llevar a cabo el manejo pesquero en tiempo y forma, así como garantizar las buenas prácticas de pesca.

Para el logro de la innovación científica y tecnológica es fundamental el apoyo de la industria sardinera, así como el apoyo y los recursos otorgados por el IMPAS, ya que éste último cuenta con personal calificado y la infraestructura básica como laboratorios, equipos y buques de investigación pesquera y oceanográfica, para realizar las investigaciones requeridas.”

El programa de observadores a bordo de la flota sardinera del sur del Golfo de California ha estado activo desde el año 2020, se han realizado 957 salidas con observador. En la figura 1 se observa cómo se comportan las salidas por trimestre

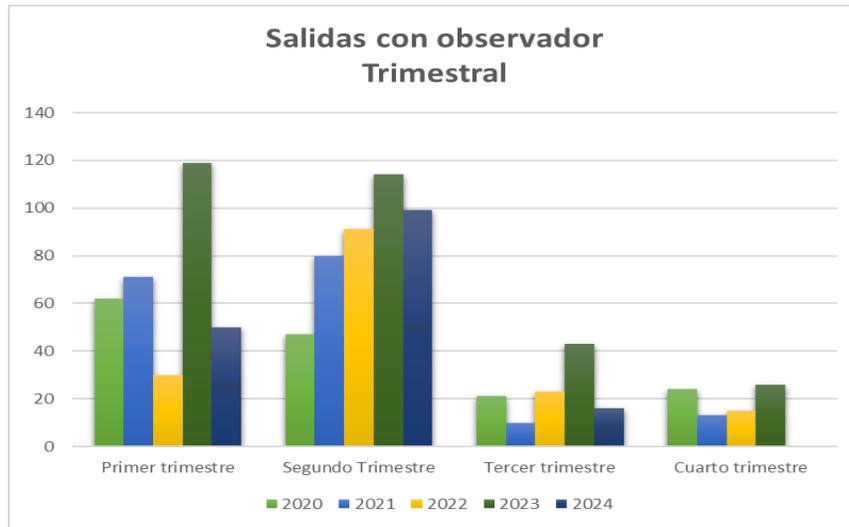


Fig. 1.- Cruceros con observador por trimestre.

Así mismo se han llevado 434 verificaciones de descargas en plantas desde el 2020. También se puede observar en la figura dos que las verificaciones de descarga fluctúan asociadas a la actividad y captura de la flota.

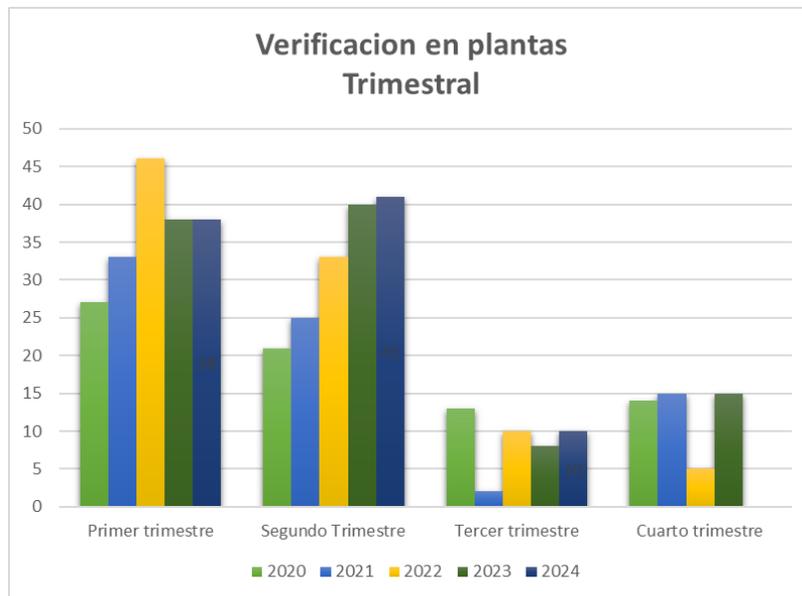


Fig. 2.- Verificaciones en plantas trimestral por año.



Dr. Alejandro Flores Nava

Comisionado Nacional de Acuicultura y Pesca

¡Enhorabuena, los miembros FIDEMAR le deseamos mucho éxito en su gestión!

El Doctor Alejandro Flores Nava cuenta con más de 40 años de experiencia en el sector pesquero y acuícola, a nivel nacional e internacional.

Tiene estudios en Ingeniería Pesquera con especialidad en Acuicultura por parte del Instituto Tecnológico del Mar de Veracruz, y maestría y doctorado en Ciencias de Acuicultura por la Universidad de Stirling de Escocia.

Como parte de su historial profesional, fue jefe del Departamento de Recursos del Mar y director del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV) del Instituto Politécnico Nacional en Mérida, Yucatán, México; director fundador de la Escuela de Recursos Naturales, y rector de la Universidad Marista de Mérida, México; fungió como consultor internacional del Programa de Apoyo al Desarrollo de la Pesca y la Acuicultura en el Istmo Centroamericano, de la Unión Europea.

En 2009 se incorporó a la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés), donde fue coordinador del Equipo Multidisciplinario para América del Sur, y representante de la FAO en Argentina y Chile; su último cargo en el organismo internacional fue como Oficial Principal de Pesca y Acuicultura para América Latina y el Caribe y secretario técnico de la Comisión de Pesca Artesanal, en Pequeña Escala y Acuicultura de América Latina y el Caribe (COPESAALC).

Fecha	Agendas
Reuniones de la CIAT y el APICD 2025	
18-20 Feb	Taller sobre la mejora de datos (Virtual)
24-26 Feb	1 ^{er} Taller sobre cambio climático (Virtual)
17-19 Mar	2 ^o Taller sobre anzuelos circulares (Virtual)
24-28 Mar	Revisión externa del enfoque de evaluación de la vulnerabilidad EASI-Fish (Virtual)
25-26 Mar	50 ^a Reunión de las Partes del APICD (Extraordinaria) (Híbrida)
22-25 Abr	Reunión intersesional del Comité de Admin. y Finanzas (Virtual)
Mayo (Pendiente)	7 ^o Taller sobre un Sistema de Monitoreo Electrónico (SME) (Virtual)
26-27 May	3 ^{er} GT sobre Ecosistemas y Captura Incidental (Presencial)
28-29 May	9 ^o GT Ad Hoc sobre Plantados (Presencial)
30-31 May	5 ^o Taller sobre Evaluación de Estrategias de Ordenación (Presencial)
2-6 Jun	16 ^o Comité Científico Asesor (Presencial)
25 Ago-5 Sep	Reuniones anuales del APICD, de la CIAT y de sus órganos subsidiarios (Presencial)
22-24 Oct	52 ^a Reunión de las Partes del APICD y de sus órganos subsidiarios (Híbrida)
Reunión ISC	
Abril	Grupo de trabajo del Atún Aleta Azul, La Jolla
17-20 Jun	Reunión Plenaria del ISC, Corea