

Un enfoque integral para la recopilación de datos específicos por especie y la evaluación de la supervivencia tras la liberación de las rayas mobulidae en las pesquerías de palangre de Hawái

Jennifer Stahl¹, Melanie Hutchinson², Joshua Tucker^{1,3}, Forest O'Neill⁴, Kim Parsons, Chelsey Young⁶ y Emily Crigler¹

¹ Centro de Ciencias Pesqueras de las Islas del Pacífico, Servicio Nacional de Pesquerías Marinas, ² Comisión Interamericana del Atún Tropical, ³ Comisión de Pesquerías Marinas de los Estados del Pacífico, ⁴ International Business Sales and Services Corporation, ⁵ Centro de Ciencias Pesqueras del Noroeste, Servicio Nacional de Pesquerías Marinas, ⁶ Oficina Regional de las Islas del Pacífico, Servicio Nacional de Pesquerías Marinas

Este documento ha sido traducido al español utilizando herramientas de IA y no ha sido revisado por el equipo de traducción de la CIAT. Este informe fue publicado y presentado anteriormente en la 21.^a Sesión Ordinaria del Comité Científico de la Comisión de Pesca del Pacífico Occidental y Central, celebrada del 13 al 21 de Agosto de 2025 en Nukualofa, Tonga. WCPFC-SC21-2025/EB-WP-09.

Resumen ejecutivo

La conservación de las rayas mobulidae (mantas y rayas diablo) se ve limitada por la escasa disponibilidad de datos específicos de cada especie sobre las interacciones con las pesquerías de palangre pelágico, incluidas las tasas de captura incidental y la supervivencia tras la liberación (PRS). Para abordar estas importantes lagunas de datos, se puso en marcha un programa de investigación colaborativo entre científicos, pescadores, responsables políticos y otro personal del sector en el marco de las pesquerías de palangre con base en Hawái (EE. UU.). Esta iniciativa multifacética integró el muestreo genético, la elaboración de una guía regional de identificación de especies, el marcado por satélite y el uso de la monitorización electrónica (EM) para documentar los incidentes de captura incidental.

El muestreo genético, en combinación con la mejora de las capacidades de identificación del programa de observadores, confirmó la presencia de cuatro especies de mobúlidos en la pesquería: *Mobula birostris*, *M. tarapacana*, *M. mobular* y *M. thurstoni*. El análisis de EM proporcionó documentación de alta resolución de las interacciones con los mobúlidos, incluyendo la identificación de especies, el estado en el buque, la ubicación del anzuelo y del enredo, la configuración del arte de pesca y las prácticas de manejo y liberación.

El marcado por satélite reveló que las rayas mobúlidas, cuando se liberan de los artes de pesca utilizando las mejores prácticas de manejo y liberación (MPML), presentan altas tasas de supervivencia tras la liberación. La combinación de los datos de EM con los resultados del

marcado permite establecer una relación entre las condiciones de la interacción y las tasas de supervivencia, lo que mejora las evaluaciones de la población.

La presencia de *M. birostris*, una especie incluida en la Ley de Especies en Peligro de Extinción (ESA) de EE. UU., pone de relieve la importancia de seguir invirtiendo en herramientas precisas de identificación y seguimiento. Estos datos respaldan directamente los objetivos de recuperación de la ESA al mejorar las estimaciones de la composición de las capturas y aportar datos para las métricas de supervivencia tras la liberación.

Entre las recomendaciones clave se incluyen:

- Mejorar las capacidades de recopilación de datos de los observadores y pescadores mediante la actualización y ampliación de los códigos de datos de especies en las hojas de datos y de notificación.
- Mejorar la formación en identificación de los observadores y revisores de EM mediante el uso de la guía de identificación.
- Muestreo genético continuo para la validación, en particular para especies o etapas de vida difíciles de distinguir.
- Ampliación de los estudios de marcado para generar estimaciones de la tasa de supervivencia post-liberación (SPL), el desarrollo del MPML y para fundamentar evaluaciones de riesgo específicas por especie y estrategias dinámicas de gestión de la conservación.

Este proyecto colaborativo destaca el papel crucial de las alianzas a la hora de abordar retos de conservación complejos. Al integrar tecnología, ciencia de campo y los conocimientos de las partes interesadas, este trabajo refuerza nuestra capacidad para supervisar, evaluar y mitigar los impactos de la pesca sobre especies de mobúlidos vulnerables.

Introducción

Las rayas mobúlidas (que incluyen a las mantas y a las rayas diablo) se encuentran en los océanos tropicales y templados de todo el mundo (Couturier et al., 2012). Las mobúlidas crecen lentamente y tienen tasas reproductivas muy bajas, ya que suelen dar a luz a una sola cría tras una larga gestación, cada tres a siete años (Dulvy et al., 2014; Pardo et al., 2016; Stewart et al., 2018). Algunas especies realizan migraciones de larga distancia, reuniéndose a menudo en agrupaciones en alta mar para alimentarse y reproducirse. Estas características, en conjunto, las hacen extremadamente vulnerables a la sobrepesca (Dulvy et al., 2014; Croll et al., 2016; Stewart et al., 2018). Los datos son limitados en muchas pesquerías y regiones, pero cuando están disponibles, las tendencias de abundancia relativa sugieren graves descensos (White et al., 2015;

Fernando y Stewart, 2021; Pacoureau et al., 2021; Carpenter et al., 2023). Todas las especies de rayas mobula han sido incluidas en la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) como En peligro (*M. birostris*, *M. tarapacana*, *M. mobular*, *M. thurstoni*, *M. kuhlii*, *M. eregoodoo*, *M. hypostoma*) o Vulnerables (*M. alfredi*, *M. munkiana*) de extinción, principalmente debido a la sobrepesca (UICN, 2018 y 2019).

En la última década se han promulgado varios mecanismos de protección para hacer frente a la sobrepesca de los mobúlidos. En 2013, ambas especies de mantas (*Mobula birostris* y *M. alfredi*) fueron incluidas en el Apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES). En 2016, la inclusión se amplió para abarcar todas las especies de mobúlidos (*Mobula* spp. y *Manta* spp.). Del mismo modo, todas las especies de mantas *Mobula* figuran en los Apéndices I y II de la Convención sobre la Conservación de las Especies Migratorias de Animales Silvestres. En 2018, Estados Unidos incluyó a la manta gigante (*Mobula birostris*) como especie amenazada en toda su área de distribución en virtud de la Ley de Especies en Peligro de Extinción de EE. UU. (ESA, 83 FR 2916), lo que dio lugar a la exigencia de un plan de recuperación para reducir la mortalidad (NMFS, 2024a). Se han promulgado nuevas medidas de protección internacionales en las cuatro Organizaciones Regionales de Ordenación Pesquera (ORGP): la Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT, 2015), la Comisión del Atún del Océano Índico (IOTC, 2019), la Comisión de Pesca del Pacífico Centro-Occidental (WCPFC, 2019) y la Comisión Internacional para la Conservación del Atún Atlántico (ICCAT, 2024). Estas OROP de túnidos han adoptado medidas de conservación para proteger a las rayas mobúlidas, principalmente mediante prohibiciones de retención, transbordo, desembarque y venta. Estas medidas se complementan con requisitos o recomendaciones para la liberación en vivo y en condiciones seguras de las rayas capturadas accidentalmente y, en la mayoría de los casos, promueven el uso de las mejores prácticas de manipulación y liberación. Varias OROP, entre ellas la IOTC y la WCPFC, también han fomentado la mejora del seguimiento, los informes de los observadores y la investigación sobre la supervivencia tras la liberación y el uso del hábitat para comprender mejor los impactos de la pesca en las poblaciones de mobúlidos. La recomendación más reciente de la ICCAT armoniza sus medidas de protección con las de las demás OROP, lo que subraya un creciente consenso internacional sobre la conservación de las rayas mobúlidas.

Las rayas mobúlidas se capturan tanto en pesquerías a pequeña como a gran escala con diversos tipos de artes, entre ellas redes de enmalle, redes de cerco, palangres y redes de arrastre. En algunas regiones, las mobúlidas son habitualmente objeto de pesca selectiva o se retienen por su carne, piel, cartílago y branquias (White et al., 2006; Croll et al., 2016; Fernando y Stewart, 2021; Rojas-Perea et al., 2025). En las pesquerías de atún del Indo-Pacífico, las mobulas se capturan como captura incidental y deben liberarse de manera que se minimice el daño. En la pesquería de cerco del Océano Pacífico occidental y central (WCPO), los mobúlidos constituyen aproximadamente el 5 % del total de capturas de elasmobranquios (Peatman et al., 2023). En el Océano Pacífico oriental (EPO), las capturas de mobulas en las pesquerías de cerco a gran escala

se concentran a nivel regional y estacional, y la mayoría de las interacciones se registran en lances sobre bancos libres, más que en los asociados a dispositivos de concentración de peces (DCP) (Lezama-Ochoa et al., 2019). En las pesquerías de palangre, a pesar de la amplia superposición entre la distribución de los mobúlidos y el esfuerzo pesquero, las tasas de captura observadas de mobula tanto en las pesquerías de palangre del EPO como del WCPO son mucho más bajas que en las pesquerías de cerco (Lezama-Ochoa et al., 2019; Tremblay-Boyer & Berkenbusch, 2020).

En todas las flotas de palangre, los datos de los observadores indican que la mayoría de los mobúlidos se suben al barco vivos, pero que con frecuencia sufren lesiones durante su manipulación y liberación de los artes de pesca (Mas et al., 2015; Tremblay-Boyer y Brouwer, 2016). Un análisis de los registros de los observadores de la WCPFC muestra que muchos mobúlidos clasificados inicialmente como «vivos» o «sanos» son finalmente liberados en estado debilitado o moribundo, y clasificados como «vivos pero heridos», «vivos pero agonizantes» o «muertos» en el momento del descarte (Tremblay-Boyer y Brouwer, 2016). Este deterioro de su estado subraya la importancia del comportamiento de los pescadores a la hora de reducir la mortalidad de los mobúlidos descartados. En las pesquerías de atún reguladas por las OROP, los mobúlidos están sujetos a políticas de no retención; por lo tanto, los ejemplares deben ser liberados vivos siempre que sea posible. Sin embargo, la eficacia de estas medidas para reducir la mortalidad depende del comportamiento de los pescadores y de un esfuerzo concertado para minimizar las lesiones y el estrés durante la extracción de los artes de pesca. En las pesquerías de atún con redes de cerco, investigaciones recientes muestran que las tasas de supervivencia tras la liberación (SPL) de los mobúlidos varían ampliamente según la especie y el método de manipulación (Stewart et al., 2024). Estos estudios han documentado tasas de SPL que oscilan entre el ~20 % y el 74 %, con una mayor supervivencia asociada a la liberación directa desde la red (es decir, sin ser subidos a bordo) y a tiempos de manipulación en cubierta inferiores a tres minutos (Francis y Jones 2017; Hutchinson et al. 2019; Stewart et al. 2024). En las pesquerías de palangre, aunque los mobúlidos suelen liberarse vivos, se sabe poco sobre su destino tras la liberación, ni existen datos sobre cómo los métodos de manipulación y liberación o el arrastre del arte de pesca pueden afectar a las tasas de supervivencia.

En los estudios de supervivencia de la captura incidental de elasmobranquios en las pesquerías de atún con redes de cerco y palangre, la especie ha surgido sistemáticamente como un predictor clave del destino tras la liberación (revisado en Hutchinson et al., 2023). Los datos precisos y específicos por especie sobre la interacción y la supervivencia son fundamentales para evaluar el impacto de la pesca en las poblaciones vulnerables. Sin embargo, los esfuerzos de seguimiento siguen siendo insuficientes en todas las flotas y regiones, y la resolución taxonómica de la captura incidental de mobulas suele ser baja. En muchos casos, los registros de los observadores y los cuadernos de bitácora agrupan las capturas de mobúlidos en categorías genéricas como “manta”, “manta diablo” o simplemente “raya”, lo que dificulta la evaluación de las tasas de interacción y la eficacia de las medidas de conservación de no retención (Tremblay-Boyer y

Berkenbusch, 2020). Para abordar estas limitaciones, el presente estudio tuvo como objetivo subsanar las lagunas de conocimiento críticas relacionadas con las interacciones con mobulidos en las pesquerías de palangre del Pacífico de EE. UU., mejorando la identificación a nivel de especie y estimando la supervivencia tras la liberación (SPL) en todos los taxones y condiciones de manejo.

El esfuerzo pesquero en las pesquerías de palangre del Pacífico de EE. UU. se solapa con las distribuciones conocidas de al menos cinco especies de mobula que se encuentran en el océano Pacífico, entre ellas *Mobula birostris*, *M. alfredi*, *M. tarapacana*, *M. mobular* y *M. thurstoni*. A pesar de ello, el Programa Regional de Observadores de las Islas del Pacífico (PIROP) ha carecido históricamente de códigos de notificación a nivel de especie para la mayoría de los mobúlidos, salvo *M. birostris*, a la que se le ha asignado un código único debido a su inclusión en la Ley de Especies en Peligro de Extinción de EE. UU. Los observadores se han visto limitados a informar sobre otros mobúlidos en categorías amplias (es decir, “otra raya”, “manta/mobula” o “raya diablo”), mientras que los cuadernos de pesca solo contienen un código para las interacciones con la «manta gigante», lo que reduce la resolución y la utilidad de estos datos y tal vez infle artificialmente los informes de interacciones con *M. birostris*. Para mejorar nuestra comprensión de la composición de especies capturadas por estas flotas, este estudio empleó un enfoque múltiple que incluyó muestreo genético, revisión de vídeos tanto de sistemas de monitoreo electrónico (EM) como de viajes observados, y un componente de telemetría para revelar el destino tras la liberación de los mobúlidos descartados. Estos esfuerzos tienen como objetivo generar datos sobre la composición de especies, las tasas de interacción y los resultados tras la liberación, lo que servirá de base para futuras estrategias de monitoreo y gestión de las mantas mobula en la región de las islas del Pacífico. Además, el estudio evalúa el potencial de la EM para la detección de especies y la evaluación de su destino, y ofrece recomendaciones sobre las mejores prácticas de manipulación y liberación de las capturas accidentales de mobulas en la pesca con palangre.

Métodos

Para abordar las lagunas de datos que impiden evaluar los impactos de la pesca sobre las rayas mobula capturadas accidentalmente en las pesquerías de palangre pelágico del Pacífico de EE. UU., recopilamos datos de captura específicos por especie mediante un seguimiento mejorado (observadores y EM) y esfuerzos de identificación (análisis genético de muestras de tejido de e es e identificación visual utilizando una nueva guía de identificación), y utilizamos marcas electrónicas para verificar el destino tras la liberación y desarrollar protocolos de condición y manejo en un esfuerzo colaborativo entre científicos, gestores y personal de la pesquería de palangre con sede en Hawái.

La investigación se llevó a cabo en la pesquería de palangre autorizada por Hawái (EE. UU.) que opera en las regiones occidental y central del océano Pacífico norte y en el océano Pacífico tropical oriental (Figura 1). Esta pesquería consta de dos sectores: una pesquería de palangre de

profundidad (DSL) dirigida al atún patudo (*Thunnus obesus*) y una pesquería de palangre de superficie (SSL) dirigida al pez espada (*Xiphias gladius*). De los dos sectores, la DSL cuenta con unos 146 titulares de permisos activos y representa entre el 96 % y el 99 % del total de salidas (NMFS, 2023a). Ambas pesquerías utilizan líneas principales de monofilamento con líneas secundarias cebadas con peces del tipo caballa y suspendidas en la columna de agua mediante flotadores. En la pesquería DSL, el arte se despliega durante el día y la recogida suele comenzar por la noche. Los anzuelos circulares (15/0-16/0) se colocan a profundidades objetivo que oscilan entre los 150 y los 270 m (Scott et al. 2022; Siders et al. 2020), con giratorios lastrados de 45 gramos situados a menos de 1 m del anzuelo (NMFS, 2024b). En la pesquería de SSL, la profundidad objetivo para los anzuelos circulares (18/0) es de 30 a 90 m, y el arte se despliega por la noche, comenzando la recogida durante el día (NMFS, 2024c).

Mejora de la resolución taxonómica de los datos de capturas

Se lograron mejoras en la identificación de las rayas mobula capturadas accidentalmente en las pesquerías de palangre de Hawái mediante el desarrollo y la publicación de una clave taxonómica y una guía de campo para identificar a los mobúlidos capturados o desembarcados en las pesquerías del océano Pacífico (Stevens et al., 2023). La guía de identificación incluye la distribución espacial de las especies en una clave dicotómica que utiliza características fáciles de observar y distinguir en entornos pesqueros. La guía de identificación se utilizó para identificar, en la medida de lo posible, las especies de rayas mobula capturadas accidentalmente que aparecían en los vídeos y las imágenes recopiladas por observadores, pescadores y sistemas de monitorización electrónica (EM). También se llevó a cabo un estudio genético para ayudar a determinar la composición de especies en las interacciones con las rayas mobula.

Recopilación de datos por parte de los observadores

Los observadores del Programa Regional de Observadores del Pacífico (PIROP) registran información sobre todos los eventos de captura, incluidas las interacciones con mobulas. Estos datos incluyen: estado (“vivo”, “vivo en buen estado”, “vivo letárgico”, “herido”, “desconocido” o “muerto”; véase Hutchinson et al. 2021 para las definiciones de los estados); sexo, cuando es posible (basado en la presencia de apéndices copuladores); y anchura del disco (cada tercer pez). A partir de abril de 2022, se incorporó un nuevo formulario de datos biológicos para elasmobranquios a las recopilaciones de datos habituales del PIROP. El formulario (https://www.fisheries.noaa.gov/s3/2023-01/obs_as_eb_jan_2023.pdf) permitió a los observadores registrar detalles adicionales durante las interacciones con tiburones y rayas para ayudar a ilustrar el nivel de lesión de los elasmobranquios protegidos y de otras unidades de gestión. El formulario incluía campos para: la ubicación del anzuelo, las prácticas de manejo y liberación, incluida la cantidad de aparejo que quedaba en el animal en el momento de la liberación (aparejo arrastrado).

A partir de 2023, el personal del PIROP —incluidos observadores, formadores y revisores— recibió una formación mejorada para mejorar la identificación de la raya mobula y la calidad de los datos sobre el terreno y durante las reuniones informativas posteriores a los viajes. Se formó a los observadores en la identificación de especies utilizando la clave taxonómica de la guía de identificación y se les animó a recopilar vídeos o fotos, así como a registrar características distintivas para la validación de la identificación durante el informe. Antes de esta formación, faltaban identificaciones específicas por especie y las únicas clasificaciones disponibles que los observadores podían registrar eran “Manta/Mobula”, “Mobula Nei (Raya Diablo)”, “Manta” o “Manta gigante”.

Evaluación genética de la composición de las especies

Los observadores pesqueros del PIROP recogieron muestras de tejido de forma oportunista para determinar qué especies de rayas mobula se capturan en las pesquerías de palangre de Hawái. Los observadores extrajeron un pequeño trozo de tejido muscular de la superficie dorsal de los mobúlidos capturados accidentalmente utilizando una pértiga con una punta de muestreo especializada, mientras el animal permanecía en el agua junto al buque. Las muestras se almacenaron en etanol en un tubo de recogida o en una bolsa de plástico, ya fuera congeladas o en hielo. Se extrajo ADN genómico de las muestras de tejido de mobulidae y se cuantificó utilizando el ensayo Qubit High Sensitivity (HS) para garantizar una entrada precisa para la PCR. Se amplificaron regiones de genes mitocondriales específicas de cada especie utilizando cebadores de oligonucleótidos diseñados a medida, seguido de secuenciación Sanger empleando PCR de terminación de cadena con didesoxinucleótidos marcados con fluorescencia. Los fragmentos resultantes se separaron mediante electroforesis capilar y las secuencias se compararon con bases de datos de referencia para la identificación a nivel de especie.

Recopilación de datos de monitorización electrónica (EM)

Se revisaron las grabaciones de vídeo de EM generadas durante un programa de investigación y desarrollo a través del Centro de Ciencias Pesqueras de las Islas del Pacífico (PIFSC) de la NOAA, utilizando sistemas de EM instalados en buques palangreros voluntarios en 2017 (n = 18 buques) y en 2021 (n = 20 buques, PIFSC 2023) se revisaron para evaluar la viabilidad de utilizar la EM para detectar rayas mobula, identificarlas a nivel de especie y recopilar datos sobre su estado y manejo para la previsibilidad del PRS. Véase Carnes et al. (2019) para obtener detalles sobre los sistemas de EM y Stahl et al. (2024) para una visión general completa del programa y las recopilaciones de datos (NMFS 2023b).

Se seleccionaron las series de EM para su revisión en vídeo si un observador a bordo de un buque de EM registraba una interacción con una mobula entre la puesta en marcha del programa de EM en 2017 y la actualidad (n = 19 interacciones) o si los pescadores informaban de la presencia de mobulas (n = 5, es decir, durante viajes de marcado u otras interacciones). No se llevó a cabo una revisión exhaustiva de todas las grabaciones de EM debido a la limitación de

recursos.

Marcado electrónico para determinar el destino

Para evaluar el destino de las mobulas tras su liberación, se colocaron marcas de archivo de supervivencia (sPAT; Wildlife Computers Inc., Redmond, WA) a las mobulas capturadas accidentalmente en la pesquería de la DSLL. Dado que las interacciones con mobulas son eventos muy poco frecuentes y la cobertura de observadores es inferior al 20 % en este sector, se formó a los pescadores para que llevaran a cabo el marcado. Para este estudio se seleccionaron los buques que habían tenido interacciones previas con mobulas, habían participado en el estudio de marcado de tiburones (Hutchinson et al. 2021) y estaban dispuestos a cumplir los protocolos del estudio y a realizar investigaciones en sus buques. Se identificaron trece buques diferentes y se formó a los capitanes y tripulaciones de estos buques en los protocolos de marcado y la recopilación de datos. Se proporcionó un formulario de datos impermeable de una página con cada kit de marcado (Apéndice 1). A los buques se les entregó una etiqueta, instrucciones, la hoja de datos y la guía de identificación de mobulas, y también se les pidió que registraran información que facilitara la posterior identificación de la especie. También se solicitó un vídeo de la interacción —que mostrara la ubicación del anzuelo o del enredo, el marcado, la colocación de la etiqueta y la liberación del arte de pesca— y se exigió como requisito para recibir una recompensa económica, pendiente de que el marcado se realizara con éxito.

Se indicó a los pescadores que dejaran a los animales en el agua y los marcaran desde la borda del barco antes de liberarlos, independientemente de cómo manejaran y liberaran normalmente a los mobúlidos. Las marcas se colocaron en la parte dorsal de la aleta pectoral interna utilizando una pértiga con un ancla especializada, evitando la cavidad corporal para prevenir lesiones y las puntas de las aletas para reducir la resistencia y la pérdida prematura de la marca. Una vez colocada la marca, se recogieron los formularios de datos y las imágenes cuando el barco regresó a puerto. Los investigadores revisaron las hojas de datos y las grabaciones con los pescadores. Posteriormente, también se revisaron los vídeos para verificar la identificación de la especie, estimar el tamaño y el sexo, la ubicación del anzuelo, el estado en el barco y en el momento de la liberación, la ubicación del marcado, los métodos de manipulación y liberación, el equipo de arrastre y cualquier otro detalle relevante que pudiera haber influido en el destino de cada individuo tras su liberación.

Las etiquetas se programaron para un periodo de funcionamiento de 60 días, registrando los cambios de profundidad, temperatura y nivel de luz para determinar el destino del animal. Los sPAT inician la liberación del animal y comunican los motivos de la liberación a través de un portal de datos para la posterior interpretación del destino del animal. Una etiqueta iniciará la liberación cuando: 1) alcance el final del periodo de despliegue programado (Intervalo), lo que indica que el animal sobrevivió a la interacción y seguía nadando cuando la etiqueta inició la liberación; 2) si la etiqueta detecta que está hundiéndose hasta su umbral de profundidad máxima

(>1500 m; Demasiado profundo), lo que indica que el animal o bien se sumergió a una profundidad excesiva para la etiqueta o bien se trataba de un animal muerto que se hundía a través de la columna de agua (para estas etiquetas, la velocidad de hundimiento debe revisarse en los datos de la serie temporal de profundidad para determinar su destino); y 3) si la etiqueta detecta que se encuentra a una profundidad constante durante más de un día (Flotante). Si la etiqueta era un «flotador» y estuvo «en seco» durante la mayor parte del periodo, esto indica un fallo de fijación y que la etiqueta está flotando en la superficie. En estos casos, se revisan los datos de profundidad para determinar si el animal estaba nadando o se encontraba a una profundidad constante cuando se desprendió la etiqueta. Si el animal se encontraba en «aguas poco profundas» (<1500 m), esto indicaría una muerte; si el animal seguía nadando cuando se desprendió la etiqueta, se determinó que era un «superviviente» y los datos se censuraron para reflejar el período de despliegue real.

Resultados

Identificación de especies

Datos de los observadores

Las tasas de cobertura de los observadores del PIROP en el sector SSLL son del 100 % y fueron de aproximadamente el 20 % hasta 2022, del 17 % en 2023 y del 13 % en 2024 en el sector DSLL. Este componente del estudio está en curso y se recogen continuamente datos de capturas a través del PIROP tanto en las pesquerías DSLL como SSLL. En la actualidad, las interacciones con las rayas mobula siguen registrándose con baja resolución taxonómica, tal y como dictan las hojas de datos del PIROP, y la identificación de especies y la validación de la identificación sobre el terreno se llevan a cabo durante el proceso de informe de la expedición. Se dispone de datos de capturas de baja resolución para ambos sectores de 2019 a 2023, que se proporcionan en el apéndice para su consulta (Tabla 1 del apéndice; WPRFMC, 2025). Un resultado deseable de este estudio será el desarrollo de códigos a nivel de especie de mobúlidos, de modo que los observadores y los pescadores puedan informar con mayor precisión sobre las interacciones con mobulas a nivel de especie. Con el desarrollo de la guía de identificación de mobulas y una formación mejorada en materia de identificación, las identificaciones a nivel de especie podrán realizarse con confianza sobre el terreno y validarse durante la revisión de las imágenes recopiladas por los observadores.

Nuestro siguiente paso es analizar las grabaciones archivadas del PIROP sobre capturas de mobúlidos para obtener datos de interacción específicos por especie y realizar extrapolaciones de las estimaciones de capturas accidentales para las pesquerías de palangre con base en Hawái.

Identificación genética

Se recogieron un total de 37 muestras de tejido tanto en la pesquería DSLL (n = 35) como en la SSLL (n = 2) durante interacciones accidentales con rayas mobulidae entre 2022 y la actualidad.

Una de las muestras no superó el análisis genético. De las 36 muestras restantes analizadas con éxito, se identificaron tres especies de mantas: *M. thurstoni* (n = 21), *M. mobular* (n = 7) y *M. tarapacana* (n = 7). Una de las muestras tomadas en la SSLL se identificó como una manta (*M. birostris* o *M. alfredi*), pero no se pudo determinar con mayor precisión a nivel de especie (Tabla 1). La otra muestra de la SSLL se identificó como *M. thurstoni*. Se han recogido otras cinco muestras y se han enviado al Centro de Ciencias Pesqueras del Noroeste de la NOAA (NWFSC) para su análisis, pero aún no se han procesado.

También se llevó a cabo una revisión ciega (es decir, sin conocimiento previo de los resultados genéticos) de los vídeos grabados por el PIROP para 34 de los 37 eventos de muestreo, con el fin de verificar la precisión tanto de los resultados genéticos como de nuestra competencia para identificar mobulas a partir de imágenes. En todos los casos en los que fue posible la identificación a nivel de especie, las identificaciones visuales coincidieron con los resultados genéticos. El vídeo de la única manta raya que no pudo identificarse mediante técnicas de identificación genética se identificó visualmente como *M. birostris*. De las 33 mantas con muestras de tejido y el vídeo correspondiente, 30 coincidieron visualmente con la misma especie determinada mediante el análisis genético. Las tres restantes no pudieron identificarse con certeza a nivel de especie a partir de las imágenes del PIROP debido a que las imágenes de 1 e eran limitadas o de mala calidad. Sin embargo, en el caso de uno de estos individuos, un vídeo adicional proporcionado por los pescadores permitió la identificación a nivel de especie, que coincidió con el resultado genético.

Tabla 1. Móbulas identificadas a nivel de especie mediante análisis genético de muestras de tejido recogidas por observadores del PIROP en las pesquerías DSLL y SSLL.

Nombre común	Nombre científico	Número de muestras	Proporción de muestras
Manta de arrecife/ Manta gigante* (voladora)	<i>Mobula alfredi/ Mobula birostris</i>	1	3 %
Manta mobula	<i>Mobula mobular</i>	7	19 %
Manta cornuda	<i>Mobula tarapacana</i>	7	19 %
Manta chupasangre (diablo)	<i>Mobula thurstoni</i>	21	58 %

*Este ejemplar fue identificado visualmente como *M. birostris* mediante análisis de vídeo

Identificación mediante EM

Las grabaciones de vídeo de EM de la pesquería de palangre de Hawái permitieron la identificación a nivel de especie de una manta gigante (*M. birostris*) y tres especies de mantas diablo (*M. thurstoni*, *M. mobular* y *M. tarapacana*) a partir de 24 interacciones revisadas. Un ejemplar, registrado por el observador como una mobula, no pudo identificarse debido a la cobertura limitada de la cámara; el animal se acercó desde la parte delantera del buque, fuera del campo de visión de la cámara fija (no montada en brazo). Entre las mobulas restantes, el 75 % fue identificable a nivel de especie, el 4 % al grupo más amplio de rayas diablo, y el 21 % solo pudo clasificarse a nivel de género como *Mobula* spp.

Destino tras la liberación

Marcado electrónico

Se proporcionaron un total de 15 sPAT a los pescadores de 13 embarcaciones diferentes de la pesquería de DSL. Solo cuatro de estos buques desplegaron las marcas, por lo que estas se intercambiaban a menudo entre los buques. Entre enero de 2023 y la actualidad, una de las marcas se extravió, otra se perdió en el mar durante un despliegue fallido, una marca no transmitió datos y las 12 sPAT restantes se desplegaron con éxito y transmitieron datos e información sobre el destino (Tabla 2). Solo una de las 12 marcas que transmitieron datos reveló una mortalidad tras la liberación (*M. mobular*; marca 813) tras un periodo de despliegue de 10 días. Otra marca inició la liberación a una profundidad de 1338 m el día 58 tras la liberación (*M. tarapacana*; marca 823). Normalmente, esto indicaría que un animal había muerto y se estaba hundiendo fuera de la columna de agua. Sin embargo, se ha demostrado que *M. tarapacana* se sumerge rápidamente a profundidades muy grandes, de más de 2000 m, a una velocidad de 0,6 m^s en otras regiones (Thorrold et al. 2014). La comparación del perfil de descenso con la única mortalidad documentada en este estudio (marca 813) muestra una velocidad de hundimiento de 0,144 m^s frente a una rápida velocidad de descenso de 0,56 m^s (marca 823), lo que sugiere que el animal se estaba sumergiendo activamente y, por lo tanto, nadando cuando la marca se desprendió antes de alcanzar su profundidad de aplastamiento de ~1400 m.

Once de las mobulas marcadas sobrevivieron hasta el momento del desprendimiento de la marca, nueve marcas completaron los 60 días de despliegue y dos marcas se desprendieron prematuramente, tras 58 (marca 823 descrita anteriormente) y 51 días (*M. mobular*; marca 811). Es alentador que la supervivencia fuera mayor de lo esperado en los individuos con lesiones visibles: de los cinco animales que fueron liberados «lesionados», solo uno de ellos pereció (marca 813). Los vídeos de esta interacción revelaron lesiones graves por enredamiento que indicaban que el animal probablemente se encontraba moribundo. Dos de los otros animales heridos sufrieron lesiones precisamente por el propio marcado y presentaban una hemorragia intensa en el lugar de la colocación (marcas 811 y 814), pero sobrevivieron al menos 51 días. Uno de los *M. thurstoni* (marca 820), que resultó herido al ser trasladado al buque y sangraba por

la boca y las branquias, también sobrevivió a la interacción. El quinto animal herido fue un *M. birostris* (marca 810), pero esta marca no se colocó correctamente y no se pudo determinar el destino del animal. La mayoría de las mobulas fueron liberadas en buen estado, y los pescadores cortaron el sedal mientras las mobulas permanecían en el agua. Todos los individuos fueron liberados con menos de 1,3 m de arte de pesca arrastrado (Tabla 2).

La mayoría de las rayas (n = 9) estaban enganchadas por error en la cabeza, mientras que dos animales estaban enganchados en la boca y otros dos simplemente enredados en el arte; una *M. birostris* estaba tanto enredada como enganchada en múltiples lugares. Los vídeos recopilados por los pescadores resultaron inestimables para la verificación, ya que las imágenes revelaron que muchas rayas registradas por los pescadores como enganchadas en la boca estaban en realidad enganchadas por error en la cabeza.

En tres de las operaciones de marcado, había observadores a bordo que proporcionaron documentación adicional, incluidas imágenes de cámaras de mano. En el caso del ejemplar marcado que murió posteriormente (marca 813), un observador recogió una muestra de tejido que verificó la identificación de *M. mobular* realizada a partir del vídeo del pescador.

Se grabaron en vídeo EM dos operaciones de marcado exitosas y un intento fallido. Las imágenes de EM proporcionaron una cobertura completa de todo el proceso, de principio a fin — incluida la preparación del equipo, la manipulación, el marcado y la liberación de la mobula del arte de pesca—, lo que aportó un contexto valioso cuando los vídeos de los pescadores resultaban incompletos. En el caso de una mobula marcada (marca 814) que sufrió una hemorragia grave, las imágenes de EM revelaron que la hemorragia comenzó inmediatamente después de colocar la marca y mostraron que esta se había incrustado cerca del pliegue branquial, lo que sugiere que la lesión se debió a la colocación de la marca. En otra ocasión, las imágenes de EM capturaron un intento fallido de marcado en un *M. birostris* (marca 810), mostrando cómo la marca se desprendía del animal y caía al agua tras dos intentos fallidos. Sin estas imágenes, los datos transmitidos por la etiqueta habrían seguido sin estar claros (es decir, si la etiqueta se desprendió prematuramente por un error del usuario o si se trató de un fallo del hardware), ya que los pescadores informaron de un despliegue satisfactorio y sus imágenes del marcado no incluían el suceso en su totalidad.

Tabla 2. Datos de interacción y resultados tras la liberación de las rayas mobula marcadas.

Especie	ID	Ubicación del anzuelo/ enredamiento	Condiciones de liberación	Arte de arrastre	Destino de la etiqueta y del animal	Periodo de despliegue (días)
---------	----	-------------------------------------	---------------------------	------------------	-------------------------------------	------------------------------

<i>M. birostris</i>	812	Enredado y enganchado en múltiples lugares	Bueno	NR	Despliegue completo (superviviente)	60
	810	Enredado en la línea principal alrededor de la aleta derecha	Lesionado: sangra alrededor de la aleta cefálica; el animal ha perdido la cola	0	Fijación defectuosa: la etiqueta se desprendió del animal (Desconocido)	N/A
<i>M. tarapacana</i>	814	Cabeza enganchada	Lesionado: hemorragia grave por el marcado	~ 1,2 m	Despliegue completo (superviviente)	60
	823	Cabeza enganchada	Bueno	~ 0,9 m	Demasiado profundo [‡] (superviviente)	58
<i>M. mobular</i>	813	Enredado alrededor del cuerpo	Lesionado: línea enredada cortó el tejido	0	Demasiado profundo (mortalidad)	10
	811	Anzuelo clavado en la cabeza	Lesionado-sangrando en el lugar de la marca	~ 0,6 m	Desprendido prematuramente (superviviente)	51
	815	Cabeza enganchada	Buen desgarró en la piel en la zona del anzuelo	~ 0,6 m	Despliegue completo (superviviente)	60
	819	Cabeza enganchada	Letárgico	~ 0,3 m	Sin datos (Desconocido)	Desconocido
<i>M. thurstoni</i>	821	Cabeza en forma de gancho, aleta cefálica en la base	Buena	~ 0,9 m	Despliegue completo (ejemplar superviviente)	60
	820	Boca enganchada	Herido: sangrando por las branquias y la boca	~ 0,9 m	Despliegue completo (superviviente)	60
	701	Anzuelo en la cabeza	Bueno	~ 0,6 m	Despliegue completo (superviviente)	60
	816	Cabeza enganchada	Bueno	~ 1,2 m	Despliegue completo (superviviente)	60
	818	Boca en forma de gancho	Vivo	~ 1,1 m	Despliegue completo (ejemplar vivo)	60
	817	Cabeza enganchada	Bueno	~ 0,2 m	Despliegue completo (superviviente)	60

*NR = no registrado, [‡] Este animal se encontraba buceando a gran profundidad y nadando activamente cuando la etiqueta inició la liberación.

EM

Además de ayudar en la identificación a nivel de especie de las rayas mobulidae capturadas accidentalmente, los sistemas EM también proporcionaron datos valiosos relevantes para la evaluación del PRS. En los viajes con y sin cobertura de observadores del PIROP, las imágenes de EM capturaron detalles clave de la interacción cuando los animales fueron llevados al barco y se encontraban dentro del campo de visión de los sistemas EM, y pudimos registrar las condiciones de captura y liberación, la ubicación del anzuelo y/o del enredo, el estado de las lesiones, los métodos de manipulación y liberación utilizados, y el tipo y la cantidad de aparejos de arrastre que quedaban en los animales en el momento de la liberación (Tabla 3). También es posible estimar el tamaño corporal a partir de las imágenes de EM, pero se requiere una validación adicional.

De las 24 interacciones totales que se señalaron para su revisión por EM, se pudieron determinar los índices de estado en el buque, donde se confirmó que el 83 % (n = 20) estaban vivos, el 54 % se clasificaron como vivos y en buen estado, y se determinó que el 8 % estaban heridos y sangraban. Se confirmó la muerte de una mobula en el buque basándose en las imágenes de EM, y tres presentaban condiciones indeterminadas. En un caso, un observador a bordo registró que el animal estaba herido con un anzuelo ingerido, detalles que no eran visibles en la revisión de EM debido a las limitaciones del ángulo de la cámara.

Las imágenes de EM también permitieron evaluar la ubicación del anzuelo y del enredo. En el 63 % de los casos (n = 15 interacciones), las mobulas estaban claramente enganchadas, principalmente con anzuelos enredados en la cabeza (n = 13), y en varios casos con múltiples puntos de enganche (Tabla 3). En tres interacciones, las mobulas estaban claramente enredadas. En dos de estos casos, fue difícil determinar si los animales también habían sido enganchados. Una interacción mostró múltiples líneas enredadas alrededor del ala, la boca y el hombro del animal, con un anzuelo visible dentro del enredo pero no clavado. En seis interacciones, no fue posible determinar si la mobula estaba enganchada o enredada; sin embargo, se pudo inferir cierta información sobre la ubicación del enganche o enredo basándose en observaciones del comportamiento de los pescadores y del arte de pesca traído a bordo tras la liberación (p. ej., cantidad de línea restante tras cortarla, anzuelo visible en una línea enrollada, Tabla 3).

Los datos de EM también proporcionaron información valiosa sobre las prácticas de manejo de los pescadores. En todas las interacciones en las que las mobulas estaban vivas al llegar al barco, los pescadores siguieron las mejores prácticas de manejo y liberación de especies protegidas de la NOAA, dejando a la mobula en el agua y cortando los hilos enredados antes de liberarla. También fue posible determinar cuándo se rompió un hilo y una mobula escapó (n = 3) o se desprendió el anzuelo (n = 1). Cuando se observó a los pescadores cortando o enrollando el hilo de pesca, a menudo pudimos estimar la cantidad de aparejo de arrastre que permaneció adherido a la mobula tras la liberación, incluyendo si el hilo se cortó por encima o por debajo del peso. La

cantidad de aparejo de pesca que permaneció en los animales varió significativamente, oscilando entre la ausencia total de aparejo y hasta 10,5 metros de aparejo de arrastre (Tabla 3).

Discusión

Este estudio en curso subraya el valor de las colaboraciones intersectoriales —entre pescadores, científicos y gestores— a la hora de abordar retos de conservación complejos. A través de esta colaboración, mejoramos significativamente nuestra comprensión de las interacciones de las rayas mobulidae en la pesquería de palangre de Hawái, sentando las bases para estrategias de conservación más eficaces y basadas en la ciencia para estas especies vulnerables. La integración de datos de observadores, muestreos genéticos, EM, marcado y colaboración con los pescadores permitió identificaciones de especies de alta fiabilidad y proporcionó información fundamental sobre la supervivencia de las mobulidae tras su liberación y los retos a los que se enfrentan los pescadores a la hora de retirar de forma segura ejemplares de gran tamaño de los artes de pesca. La EM demostró ser una tecnología eficaz para recopilar datos de interacción con mobulidae específicos de cada especie para la determinación del nivel de lesiones y mostró potencial para la predicción del destino tras la liberación.

Composición de especies y precisión en la identificación

El muestreo y los análisis genéticos, combinados con las observaciones de los vídeos de EM, los pescadores y los observadores, han determinado de forma concluyente que las pesquerías de palangre con base en Hawái interactúan con al menos cuatro especies de mobulidae: la manta gigante (*M. birostris*), incluida en la lista de la ESA, y tres mantas diablo (*M. mobular*, *M. tarapacana* y *M. thurstoni*).

El desarrollo y la publicación de la *Guía de campo de mantas y mantas diablo en las pesquerías del Océano Pacífico* (Stevens et al., 2023) para este proyecto fue fundamental para nuestra capacidad de identificar con precisión las especies de mantas mobula utilizando imágenes recopiladas por observadores, monitoreo electrónico y pescadores, al destacar las características externas diagnósticas visibles desde los buques, lo que minimizó la necesidad de muestras físicas o imágenes de primer plano. Si bien el componente genético de nuestro estudio validó la eficacia de aplicar esta guía de identificación a las identificaciones basadas en imágenes, la mayoría de los individuos de los que se tomaron muestras genéticas también contaban con imágenes correspondientes, lo que nos permitió utilizar los datos genéticos para contrastar nuestras evaluaciones visuales.

Aunque este trabajo sigue en marcha y la recopilación de datos es continua, los próximos pasos para los datos históricos de interacción que se han recopilado, archivado y acompañado de material de vídeo (de observadores, pescadores o EM) o de muestras genéticas, consisten en actualizar la base de datos de observadores con la identificación a nivel de especie o al nivel más detallado posible, con el fin de permitir la estimación de la captura incidental específica por

especie en todos los sectores de las pesquerías de palangre del Pacífico estadounidense. Sigue existiendo un factor que complica la situación, ya que, en la actualidad, los observadores solo disponen de códigos taxonómicos de baja resolución para documentar las interacciones con mobulidos (es decir, «otra raya», «manta gigante», «manta/mobula» o «raya diablo»), y los cuadernos de pesca de los pescadores solo contienen el código «manta gigante». Esta falta de capacidad para recopilar datos a nivel de especie no permite realizar un análisis fiable de los impactos en las poblaciones, lo que pone de relieve la necesidad de mejorar los códigos de especies y las capacidades de notificación de datos tanto para los observadores como para los pescadores. Por lo tanto, una de las principales recomendaciones derivadas de este proyecto es una actualización programática de las recopilaciones de datos y las bases de datos de la región.

La evaluación precisa de los impactos que cualquier pesquería tiene sobre las especies vulnerables es un requisito fundamental para la conservación. En el caso de la Mobula, donde todas las especies tienen tasas de crecimiento intrínsecas muy bajas y son particularmente susceptibles a la sobrepesca, los datos de captura a nivel de especie son cruciales para una gestión y conservación eficaces.

Supervivencia tras la liberación

El marcado y las observaciones a bordo de las rayas mobula capturadas en la pesquería de palangre de Hawái han proporcionado nuevos conocimientos sobre la supervivencia tras la liberación y los factores que influyen en ella. Este estudio demostró que los indicadores clave a bordo de la supervivencia tras la liberación, como la especie, el estado, la manipulación y la longitud del arte de arrastre, pueden documentarse eficazmente por observadores en el mar y a través de imágenes recopiladas por sistemas de monitorización electrónica (EM).

Las tasas de mortalidad a bordo de las rayas mobula capturadas en la pesca con palangre parecen ser bajas (1-5 %; Coelho et al., 2012; Mas et al., 2015; NMFS, 2023); sin embargo, antes de este estudio se disponía de poca investigación para determinar el destino de la raya mobula tras las interacciones con los palangres. Las investigaciones existentes sobre otros taxones en las pesquerías de palangre como los tiburones (p. ej., Hutchinson et al., 2021; Francis et al., 2023), las tortugas marinas (Swimmer et al., 2014; Ryder et al., 2023) y los cetáceos (Wells et al., 2008; NMFS, 2023) han demostrado que la supervivencia tras la liberación (SPL) se ve fuertemente influenciada por la fisiología subyacente de algunas especies, las condiciones de liberación, los métodos de manejo y la cantidad de arte de pesca arrastrado.

En el caso de las rayas mobulidae, la mayoría de los datos disponibles sobre la PRS proceden de las pesquerías de atún con redes de cerco, que difieren sustancialmente de las operaciones con palangre en cuanto a la configuración de los artes, las condiciones de captura y los procedimientos de manipulación y liberación (Francis y Jones, 2017; Stewart et al., 2024). Estos estudios sobre redes de cerco demostraron fuertes efectos específicos de cada especie en la

supervivencia, así como la importancia de la manipulación y de minimizar el tiempo necesario para devolver las mobulidae al mar. Sin embargo, los datos específicos de la pesca con palangre sobre el PRS de las mobulas siguen siendo escasos. A pesar de que las tasas de captura de mobulas con palangre son más bajas en comparación con las redes de cerco, el impacto acumulativo sobre algunas especies de *Mobula* puede seguir siendo significativo, especialmente si la supervivencia tras la liberación es baja (Griffiths y Lezama-Ochoa, 2021). Esto subraya el valor potencial para la conservación de mejorar los resultados del PRS mediante prácticas de manipulación y liberación basadas en la evidencia.

En las pesquerías de atún, organismos de gestión internacionales como la CIAT (Resolución C-15-04) y la WCPFC (CMM 2019-05) han prohibido la retención y han ordenado la liberación inmediata de las rayas mobulidae con el mínimo daño. Sin embargo, solo la WCPFC proporciona directrices detalladas sobre las mejores prácticas de manejo y liberación (MPML) específicas para la pesca con palangre. Estas recomiendan que las rayas pequeñas se suban a bordo para facilitar la retirada segura del arte, mientras que las rayas grandes (>30 kg) se dejen en el agua y se liberen de forma e utilizando desanzueladores o cortadores de mango largo, y que quede menos de 0,5 m de línea de arrastre en los animales descartados.

Este estudio demostró que cuando se aplicaban las mejores prácticas dejar a los animales grandes en el agua, desenredarlos con cuidado y minimizar el aparejo residual las tasas de PRS eran altas, incluso en el caso de las mobulas que resultaron heridas. Todos los individuos marcados fueron liberados con menos de 1,2 m de aparejo residual. Sin embargo, el análisis de imágenes electromagnéticas reveló una variabilidad sustancial en el aparejo que quedaba en las rayas liberadas, que oscilaba entre ninguno y más de 10 m de línea, plomos y anzuelos. Dadas las sólidas pruebas que relacionan el aparejo arrastrado con la mortalidad diferida (Hutchinson et al., 2021; Francis et al., 2023), se recomienda encarecidamente retirar el aparejo a la altura de los plomos o por debajo de ellos, siempre que sea seguro y factible.

Este estudio ofrece nuevos conocimientos sobre la supervivencia de las rayas mobula tras su liberación de la pesquería de palangre de Hawái, pero se ve limitado por el hecho de que solo se colocaron 12 marcas en cuatro especies. Se requiere un marcado adicional para dilucidar los efectos de la especie, el enganche y el enredo, el estado del buque, los métodos de manipulación y liberación, y el aparejo arrastrado sobre la supervivencia. Actualmente estamos buscando apoyo para continuar los esfuerzos de marcado iniciados con este estudio y para desarrollar parámetros de supervivencia tras la liberación específicos para cada especie, con el fin de mejorar las capacidades de evaluación de la población.

Capacidades de monitorización electrónica y por observadores

Los observadores humanos capacitados han sido durante mucho tiempo el método de referencia para el seguimiento de la captura incidental en las pesquerías de palangre, incluidas las

interacciones con especies vulnerables como las rayas mobulidae. Sin embargo, el alto coste y la cobertura limitada de los programas de observadores han impulsado el desarrollo de la monitorización electrónica (EM) como herramienta complementaria. Basándose en investigaciones previas y trabajos piloto del Centro de Ciencias Pesqueras de las Islas del Pacífico de la NOAA (por ejemplo, Carnes et al., 2019; Stahl y Carnes, 2020; Stahl et al., 2023, 2024), este estudio demuestra la utilidad de la EM para detectar y documentar las interacciones con las rayas mobúlidas. Las imágenes de la EM permitieron la identificación a nivel de especie en la mayoría de los casos (79 %), capturaron detalles críticos sobre la manipulación y la interacción con el arte de pesca, y permitieron estimar la longitud del arte de arrastre, aspectos todos ellos importantes para comprender el potencial de supervivencia tras la liberación.

Las cámaras EM también proporcionaron una cobertura visual exhaustiva de todo el proceso de captura y liberación, documentando los puntos de enredo y de enganche, las prácticas de manejo de los pescadores y los esfuerzos para retirar el arte de pesca. La colocación de las cámaras con vistas a la cubierta y la barandilla permitió realizar evaluaciones detalladas, especialmente cuando la manipulación se producía a la vista y las cámaras permanecían limpias y sin obstrucciones. La EM complementó y validó además otras fuentes de datos, como los vídeos grabados por los pescadores, que a menudo proporcionaban imágenes de mayor resolución útiles para verificar los eventos de marcado y evaluar el estado. En conjunto, los datos de la EM y de los observadores ofrecen una estrategia potente y rentable para mejorar el seguimiento específico de las especies, informar sobre los esfuerzos de mitigación, supervisar las prácticas de manipulación y liberación y estimar potencialmente los resultados tras la liberación.

Consideraciones ecológicas

Todas las rayas mobulidas son filtradoras planctívoras que utilizan sus aletas cefálicas para canalizar a las presas hacia la boca, filtrando el plancton y los peces pequeños a través de placas branquiales especializadas (Couturier et al., 2012; Stevens et al., 2018). La elevada incidencia de enganches accidentales y enredos observada en las imágenes de cámaras subacuáticas, los datos de los observadores y los registros de marcado de este estudio sugiere que estas especies interactúan con los palangres no porque busquen activamente el cebo, sino debido a la superposición espacial y temporal con la actividad pesquera.

Por lo tanto, la mejor manera de reducir las interacciones con los mobúlidos en la pesquería de palangre con base en Hawái podría ser minimizar el solapamiento espacio-temporal entre la actividad pesquera y las agregaciones de mobúlidos. En las pesquerías de atún con redes de cerco, donde también se capturan *M. birostris*, *M. mobular*, *M. tarapacana* y *M. thurstoni*, los modelos de hábitat en los océanos Atlántico y Pacífico han demostrado de forma consistente que la presencia de mobúlidos está fuertemente asociada a características oceanográficas impulsadas por la productividad (Lezama-Ochoa et al., 2019; Lezama-Ochoa et al., 2020; Siders et al., 2020).

Concretamente, *Mobula mobular* muestra una mayor vulnerabilidad a la captura en regiones influenciadas por afloramientos estacionales, remolinos de mesoescala y elevadas concentraciones de clorofila a, características que favorecen una alta productividad primaria y la disponibilidad de presas (Lezama-Ochoa et al., 2019). Estas condiciones ambientales crean «puntos calientes» ecológicos persistentes que aumentan la probabilidad de interacción entre las rayas mobulidas y los artes de pesca pelágicos (Lezama-Ochoa et al., 2020).

La mejora de los datos de captura específicos por especie y el marcado electrónico de las rayas mobulidas capturadas en la pesquería de palangre de EE. UU. mejorarán nuestra capacidad para desarrollar modelos de uso del hábitat e identificar indicadores espaciales. Estas herramientas pueden informar a los pescadores sobre las zonas y los momentos de alto riesgo que deben evitar, lo que ayudará a reducir las interacciones involuntarias con las agrupaciones de mobulidas.

Consideraciones especiales sobre *Mobula birostris*

Una motivación clave para esta investigación fue la preocupación por la precisión de las interacciones notificadas con *Mobula birostris*, una especie incluida en la Ley de Especies en Peligro de Extinción de EE. UU. (ESA). Aunque las interacciones con mobúlidos especialmente *M. birostris* son poco frecuentes en las pesquerías de palangre de EE. UU. (Siders et al., 2020), sigue habiendo incertidumbre sobre la frecuencia real de estos eventos. La identificación errónea puede dar lugar a un exceso de notificaciones, en las que todos los mobulidos de gran tamaño se clasifican incorrectamente como *M. birostris*, o a un déficit de notificaciones, en las que los individuos se etiquetan simplemente como “manta/mobula”, lo que oscurece los impactos específicos de la pesca sobre la especie.

Una de las principales prioridades de investigación identificadas en el borrador del Plan de Recuperación de la ESA para *M. birostris* (89 FR 82991) es mejorar la resolución de los impactos de la pesca sobre la especie. Este estudio confirma que *M. birostris* es una especie de captura incidental en la pesquería de palangre de Hawái y demuestra que la mejora de las capacidades de recopilación de datos, en particular mediante una mejor formación en identificación y mejoras en la codificación y recopilación de datos de la red de seguimiento de capturas puede mejorar la identificación a nivel de especie. Estos avances ayudarán a determinar la proporción real de mobulidos capturados accidentalmente que son *M. birostris*, un paso clave para cumplir los objetivos de recuperación de la ESA.

El plan de recuperación también destaca la importancia de estimar las tasas de supervivencia tras la liberación (SPL) y de desarrollar las mejores prácticas de manejo y liberación (MPML). Este estudio requiere datos de marcado adicionales para generar tasas de PRS para esta especie.

Conclusiones

Este estudio abordó prioridades de investigación clave para la conservación de las rayas mobulidas en las pesquerías de palangre pelágico, proporcionando nuevos conocimientos sobre las interacciones específicas de cada especie, las prácticas de manejo y los resultados tras la liberación. Aunque las interacciones siguen siendo poco frecuentes, nuestros hallazgos confirman que *Mobula birostris* y otras tres especies de rayas diablo (*M. mobular*, *M. tarapacana* y *M. thurstoni*) son capturadas como captura incidental en la pesquería de palangre de Hawái. La identificación precisa de las especies es fundamental para evaluar el riesgo de captura incidental, comprender los impactos a nivel de población y fundamentar los objetivos de recuperación de la Ley de Especies en Peligro de Extinción. El desarrollo y uso de una guía de campo para todo el Pacífico mejoró considerablemente la identificación a nivel de especie tanto por parte de los observadores como de los revisores del monitoreo electrónico (EM), con un alto grado de concordancia entre los métodos visuales y genéticos.

Sin embargo, persisten los retos de identificación; para mejorar la calidad de los datos y apoyar la gestión específica por especies, se recomiendan las siguientes medidas: (1) mejorar las capacidades de recopilación de datos de los observadores y pescadores añadiendo códigos de datos específicos por especie a las hojas de datos y de notificación, (2) incorporar formación específica en identificación visual para observadores y analistas de EM, (3) continuar la investigación de validación de la identificación genética.

Para respaldar el desarrollo de las tasas de supervivencia tras la liberación y la eficacia de la mitigación de la captura incidental, sigue siendo esencial el marcado por satélite continuado, especialmente en una amplia gama de especies, clases de tamaño, configuraciones de artes de pesca y prácticas de manipulación. Los esfuerzos futuros deberían combinar los datos de EM y de marcado para vincular las condiciones observadas en el momento de la liberación con los resultados reales de supervivencia, y para identificar las características ambientales y pesqueras que influyen en la vulnerabilidad. En última instancia, este trabajo proporciona una base sólida para mejorar el seguimiento de las capturas accidentales y respaldar estrategias de conservación eficaces para las rayas mobulidae en las pesquerías industriales de atún.

Agradecimientos

El éxito de este estudio dependió por completo del apoyo del sector pesquero, por lo que queremos expresar nuestro agradecimiento a los pescadores de palangre de Hawái que participaron en el proyecto de marcado y a quienes participaron en el programa de seguimiento electrónico voluntario. También queremos dar las gracias a Jamie Marchetti por coordinar la recogida de muestras de tejido, así como al personal y a los observadores del Programa de Observadores de la Región de las Islas del Pacífico, que facilitaron la recopilación de datos. Este proyecto fue financiado por la Oficina de Recursos Protegidos de la NOAA.

Bibliografía citada

- Carnes, M. J., Stahl, J. P., & Bigelow, K. A. (2019). *Evaluation of Electronic Monitoring Pre-implementation in the Hawaii-based Longline Fisheries* (NOAA Technical Memorandum NMFS-PIFSC-90). <https://doi.org/10.25923/82gg-jq77>
- Carpenter, M., Parker, D., Dicken, M. L., & Griffiths, C. L. (2023). Multi-decade catches of manta rays (*Mobula alfredi*, *M. birostris*) from South Africa reveal significant decline. *Frontiers in Marine Science*, 10.
- Coelho, R., Fernandez-Carvalho, J., Lino, P. G., & Santos, M. N. (2012). An overview of the hooking mortality of elasmobranchs caught in a swordfish pelagic longline fishery in the Atlantic Ocean. *Aquatic Living Resources*, 25, 311–319.
- Couturier, L. I. E., Marshall, A. D., Jaine, F. R. A., Kashiwagi, T., Pierce, S. J., Townsend, K. A., Weeks, S. J., Bennett, M. B., & Richardson, A. J. (2012). Biology, ecology and conservation of the Mobulidae. *Journal of Fish Biology*, 80, 1075–1119.
- Croll, D. A., Dewar, H., Dulvy, N. K., Fernando, D., Francis, M. P., Galván-Magaña, F., Hall, M., Heinrichs, S., Marshall, A., McCauley, D., Newton, K. M., Notarbartolo-Di-Sciara, G., O'Malley, M., O'Sullivan, J., Poortvliet, M., Román, M., Stevens, G., Tershy, B. R., & White, W. T. (2016). Vulnerabilities and fisheries impacts: The uncertain future of manta and devil rays. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 26(3), 562–575. <https://doi.org/10.1002/aqc.2591>
- Dulvy, N. K., Pardo, S. A., Simpfendorfer, C. A., & Carlson, J. K. (2014). Diagnosing the dangerous demography of manta rays using life history theory. *PeerJ*, 2, e400.
- Fernando, D., & Stewart, J. D. (2021). High bycatch rates of manta and devil rays in the "small-scale" artisanal fisheries of Sri Lanka. *PeerJ*, 1–35.
- Francis, M. P., & Jones, E. G. (2017). Movement, depth distribution and survival of spinetail devilrays (*Mobula japanica*) tagged and released from purse-seine catches in New Zealand. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 27(1).
- Griffiths, S. P., & Lezama-Ochoa, N. (2021). A 40-year chronology of the vulnerability of spinetail devil ray (*Mobula mobular*) to eastern Pacific tuna fisheries and options for future conservation and management. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 31(10), 2910–2925. <https://doi.org/10.1002/aqc.3667eScholarship+2Shark References+2Mobula Conservation+2>

Hall, M., & Roman, M. (2013). Bycatch and non-tuna catch in the tropical tuna purse seine fisheries of the world. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 568. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://doi.org/10.4060/i2743eOpen Knowledge FAO+4FAOHome+4Open Knowledge FAO+4>

Hutchinson, M., Justel-Rubio, A., Restrepo, V. (2019). At-sea test of releasing sharks from the net of a tuna purse seiner in the Atlantic Ocean. Pacific Islands Fisheries Science Center NOAA Working Paper; WP-19-001. <https://doi.org/10.25923/60ej-m613>

Hutchinson, M., Siders, Z., Stahl, J., & Bigelow, K. (2021). Quantitative estimates of post-release survival rates of sharks captured in Pacific tuna longline fisheries reveal handling and discard practices that improve survivorship (PIFSC Data Report DR-21-001). <https://doi.org/10.25923/0m3c-2577>

Hutchinson, M., Lopez, L., Wiley, B., Pulvenis, JF., Altamirano, E., Aries-Da-Silva, A. (2023). Knowledge and research gaps related to ecosystem and bycatch issues in the eastern Pacific Ocean. First Meeting of the Ecosystem and Bycatch Working Group, Inter-American Tropical Tuna Commission (IATTC). La Jolla, California, USA. EB-01-01. https://www.iattc.org/GetAttachment/724828be-b324-4f98-ad54-14d783143e62/EB-01-01_Knowledge-and-research-gaps.pdf

ICCAT. (2024). *Compendium management recommendations and resolutions adopted by ICCAT for the conservation of Atlantic tunas and tuna-like species.*

Jaiteh, V., Peatman, T., Lindfield, S., Gilman, E., Nicol, S., 2021. Bycatch Estimates From a Pacific Tuna Longline Fishery Provide a Baseline for Understanding the Long-Term Benefits of a Large, Blue Water Marine Sanctuary. *Frontiers in Marine Science* 8.. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.720603>

Lezama-Ochoa, N., Hall, M., Román, M., Lopez, J., Vogel, N., and Murua, H. (2019). Spatial and temporal distribution of mobulid ray species in the eastern Pacific Ocean ascertained from observer data from the tropical tuna purse-seine fishery. *Environmental Biology of Fishes*, 102(1), 1–17. <https://doi.org/10.1007/s10641-018-0904-x>

Lezama-Ochoa, N., López, J., Hall, M., Bach, P., Abascal, F., & Murua, H. (2020). Spatio-temporal distribution of the spinetail devil ray *Mobula mobular* in the eastern tropical Atlantic Ocean. *Endangered Species Research*, 43, 447–460. <https://doi.org/10.3354/esr01082Inter-Research+2>

NOAA National Marine Fisheries Service (NMFS). (2023a). The Hawaii and California-based Pelagic Longline Vessels Annual Report for 1 January–31 December 2022. PIFSC Data Report DR-23-29. NOAA Fisheries <https://doi.org/10.25923/a3sp-n045>

NOAA National Marine Fisheries Service (NMFS). (2023b). *Electronic monitoring in the Pacific Islands longline fisheries data*. <https://www.fisheries.noaa.gov/inport/item/62654>

NOAA National Marine Fisheries Service (NMFS). (2024a). Draft Recovery Plan for the Giant Manta Ray (*Mobula birostris*). October 2024, Version 1. NOAA Fisheries, Office of Protected Resources, Silver Spring, MD. 20901. 59 pages

NOAA National Marine Fisheries Service (NMFS). (2024b, February 26). *Hawaii deep-set longline fishery – MMPA list of fisheries*. <https://www.fisheries.noaa.gov/national/marine-mammal-protection/hawaii-deep-set-longline-fishery-mmpa-list-fisheries>

NOAA National Marine Fisheries Service (NMFS). (2024c, February 26). *Hawaii shallow-set longline fishery – MMPA list of fisheries*. <https://www.fisheries.noaa.gov/national/marine-mammal-protection/hawaii-shallow-set-longline-fishery-mmpa-list-fisheries>

Mas, F., Forselledo, R., & Domingo, A. (2015). Mobulid ray by-catch in longline fisheries in the South-Western Atlantic Ocean. *Marine and Freshwater Research*, 66, 767.

IUCN 2019. Marshall, A., Barreto, R., Bigman, J. S., Carlson, J., Fernando, D., Fordham, S., Francis, M. P., Herman, K., Jabado, R. W., Liu, K.M., Pardo, S. A., Rigby, C. L., Romanov, E., Smith, W. D. & Walls, R. H. L. 2019. *Mobula thurstoni*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2019: e.T60200A124451622. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-3.RLTS.T60200A124451622.en>. Accessed on 21 July 2025.

IUCN 2022. Marshall, A., Barreto, R., Carlson, J., Fernando, D., Fordham, S., Francis, M. P., Derrick, D., Herman, K., Jabado, R. W., Liu, K. M., Rigby, C. L. & Romanov, E. 2022. *Mobula birostris* (amended version of 2020 assessment). *The IUCN Red List of Threatened Species* 2022: e.T198921A214397182. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2022-1.RLTS.T198921A214397182.en>. Accessed on 21 July 2025.

Pardo, S. A., Kindsvater, H. K., Cuevas-Zimbrón, E., Sosa-Nishizaki, O., Pérez-Jiménez, J. C., & Dulvy, N. K. (2016). Growth, productivity, and extinction risk of a data-sparse devil ray. *Scientific Reports*, 1–10.

Pacoureau, N., Rigby, C. L., Kyne, P. M., Sherley, R. B., Winker, H., Carlson, J. K., Fordham, S. V., Barreto, R., Fernando, D., Francis, M. P., Jabado, R. W., Herman, K. B., Liu, K.-M., Marshall, A. D., Pollom, R. A., Romanov, E. V., Simpfendorfer, C. A., Yin, J. S., Kindsvater, H. K., & Dulvy, N. K. (2021). Half a century of global decline in oceanic sharks and rays. *Nature*, 589, 567–571.

Peatman, T., Allain, V., Bell, L., Muller, B., Panizza, A., Phillip, N. B., Pilling, G., & Nicol, S. (2023). Estimating trends and magnitudes of bycatch in the tuna fisheries of the Western and Central Pacific Ocean. *Fish and Fisheries*, 24, 812–828.

Rojas-Perea, S., D'Costa, N. G., Kanagusuku, K., Escobedo, R., Rodríguez, F., Mendoza, A., Maguiño, R., Flores, R., Laglbauer, B. J. L., Stevens, G. M. W., & Kelez, S. (2025). *Environ Biol Fish* 108, 725–748.

Ryder, C. E., Conant, T. A., & Schroeder, B. A. (2006). *Report of the Workshop on Marine Turtle Longline Post-Interaction Mortality* (NOAA Technical Memorandum NMFS-F/OPR-29:36).

Scott, M., Cardona, E., Scidmore-Rossing, K., Royer, M., Stahl, J., & Hutchinson, M. (2022). What's the catch? Examining optimal longline fishing gear configurations to minimize negative impacts on non-target species. *Marine Policy*, 143, Article 105186. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2022.105186>[ResearchGate+3Shark References+3NOAA Institutional Repository+3](#)

Scott, M., Cardona, E., Scidmore-Rossing, K., Royer, M., Stahl, J., & Hutchinson, M. (2023). Corrigendum to “What's the catch? Examining optimal longline fishing gear configurations to minimize negative impacts on non-target species” [Marine Policy, 143, Article 105186]. *Marine Policy*, 153, Article 105426. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2023.105426>

Siders, Z. A., Ducharme-Barth, N. D., Carvalho, F., Kobayashi, D., Martin, S., Raynor, J., Jones, T. T., & Ahrens, R. N. M. (2020). Ensemble random forests as a tool for modeling rare occurrences. *Endangered Species Research*, 43, 183–197. <https://doi.org/10.3354/esr01060>

Stahl, J., & Carnes, M. (2020). *Detection accuracy in the Hawai'i longline electronic monitoring program with comparisons between three video review speeds* (PIFSC Data Report DR-20-012). <https://doi.org/10.25923/n1gq-m468>

Stahl, J. P., Tucker, J. B., Hawn, L. A., & Bradford, A. L. (2023). *The role of electronic monitoring in assessing post-release mortality of protected species in pelagic longline fisheries* (NOAA Technical Memorandum NOAA-TM-NMFS-PIFSC-147). <https://doi.org/10.25923/zxfv-5b50>

Stahl, J. P., Tucker, J. B., Rassel, L., & Hawn, L. A. (2024). *Data collectable using electronic monitoring systems compared to at-sea observers in the Hawai'i longline fisheries*. <https://doi.org/10.25923/eewf-gz02>

Stevens, G., Dando, M., Hutchinson, M., Laglbauer, B., Cronin, M., Fernando, D., Notarbartolo di Sciara, G., Pallacios, M. D., Rojas, S., & Waldo, J. (2023). *Field guide to manta & devil rays in Pacific Ocean fisheries* (43 pages). IBSS. <https://www.sharktagger.org/mobulid-id-guide>

Stewart, J. D., Jaine, F. R. A., Armstrong, A. J., Armstrong, A. O., Bennett, M. B., Burgess, K. B., ... Stevens, G. M. W. (2018). Research priorities to support effective manta and devil ray conservation. *Front. Mar. Sci.*, 5. <https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00314>

Stewart, J. D., Cronin, M. R., Largacha, E., Lezama-Ochoa, N., Lopez, J., Hall, M., Hutchinson, M., Jones, E. G., Francis, M., Grande, M., Murua, J., Rojo, V., & Jorgensen, S. J. (2024). Get them off the deck: Straightforward interventions increase post-release survival rates of manta and devil rays in tuna purse seine fisheries. *Biological Conservation*, 299, 110794.

<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2024.110794>

Swimmer, Y., Empey Campora, C., McNaughton, L., Musyl, M., & Parga, M. (2014). Post-release mortality estimates of loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) caught in pelagic longline fisheries based on satellite data and hooking location. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 24(4), 498–510. <https://doi.org/10.1002/aqc.2396>

Thorrold, S., Afonso, P., Fontes, J. et al. Extreme diving behaviour in devil rays links surface waters and the deep ocean. *Nat Commun* 5, 4274 (2014). <https://doi.org/10.1038/ncomms5274>

Tremblay-Boyer, L. & Brouwer, S. (2016). Review of available information on non-key shark species including mobulids and fisheries interactions. Western and Central Pacific Fisheries Commission, Scientific Committee Meeting, Bali, Indonesia. WCPFC-SC12 (2016).

Tremblay-Boyer, L., Berkenbusch, K. (2020). Data review and potential assessment approaches for mobulids in the Western and Central Pacific Ocean, 55 pages. Report prepared for The Pacific Community.

Wells, R. S., Allen, J. B., Hofmann, S., Bassos-Hull, K., Fauquier, D. A., Barros, N. B., DeLynn, R. E., Sutton, G., Socha, V., & Scott, M. D. (2008). Consequences of injuries on survival and reproduction of common bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) along the west coast of Florida. *Marine Mammal Science*, 24(4), 774–779.

White, W. T., Giles, J., Dharmadi & Potter, I. C. (2006). Data on the bycatch fishery and reproductive biology of mobulid rays (Myliobatiformes) in Indonesia. *Fisheries Research*, 82(1), 65–73. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2006.08.008>
besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1016/j.fishres.2006.08.008

White, E. R., Myers, M. C., Flemming, J. M., & Baum, J. K. (2015). Shifting elasmobranch community assemblage at Cocos Island—an isolated marine protected area. *Conservation Biology*, 29(4), 1186–1197.

WPRFMC, 2025. Annual SAFE Report for the Pacific Pelagic Fisheries Fishery Ecosystem Plan 2024. T Remington, C Pardee, M Fitchett, A Ishizaki (Eds.). Honolulu: Western Pacific Regional Fishery Management Council

Tabla 3. Interacciones con mobulas en la pesquería de palangre de Hawái, analizadas a partir de vídeos de EM para obtener datos sobre especies y a bordo, con el fin de evaluar el destino probable tras la liberación del arte de pesca. En los casos en que el análisis de EM no proporcionó información completa para un campo de datos, la celda aparece sombreada en gris. Las especies y la categoría de especies se obtuvieron del análisis de EM. Para otros campos de datos, se realizan comparaciones con los datos recopilados por el PIROP (obs) o los informes de los pescadores (fisher) en las celdas cuando están disponibles. Se indicó a los observadores que registraran información adicional sobre la ubicación del anzuelo o del enredo, el método de manipulación y liberación, el arte de arrastre y datos más precisos sobre el estado a partir de abril de 2022 (el doble borde entre los eventos 14 y 15 delimita el periodo anterior y posterior a la adopción y aplicación del Formulario de Datos Biológicos de Elasmobranquios).

Número de evento	Categoría de especie	Especie	Material del líder	Ubicación del anzuelo/enredamiento	Estado	Método de manejo y liberación	Equipo de arrastre
1 ¹	Manta	<i>M. tarapacana</i>	mono	EM: Enganchado en la cabeza y el ala derecha con dos hilos de pesca trenzados.	EM: Vivo Obs: Vivo	EM: hilo cortado Obs: línea cortada	EM: ≤ 2,4 m Obs: 4 m
2	Manta	<i>M. thurstoni</i>	alambre	EM: Atrapado por la cabeza	EM: Vivo, en buen estado Obs: Vivo	EM: Cortado el líder de alambre	EM: ≤ 0,6 m
3	Mobula	Desconocido	alambre	EM: Enredado en el sedal de flotador y enganchado o enredado en el sedal secundario, ubicación desconocida	EM: Desconocido Obs: Vivo	EM: Los pescadores recuperan el flotador y el sedal; cortan el sedal enredado o enganchado.	EM: Línea secundaria de ≤ 4,6 m. Sin línea de flotador
4	Manta	<i>M. tarapacana</i>	alambre	Anzuelo clavado en la cabeza. Se ve el anzuelo	EM: Vivo, en buen estado Obs: Vivo	EM: Hilo cortado	EM: ≤ 3,7 m
5	Mobula	Desconocido	cable	EM: Desconocido	EM: Desconocido Obs: Vivo	EM: El gancho se sale	EM: Ninguna
6	Manta diablo	<i>M. tarapacana</i>	alambre	EM: Enredado en un ramal y en la línea principal. Atrapada en un anzuelo, ubicación desconocida.	EM: Muerto Obs: Muerto	EM: Línea enredada cortada para retirar el animal muerto	NA - Muerto

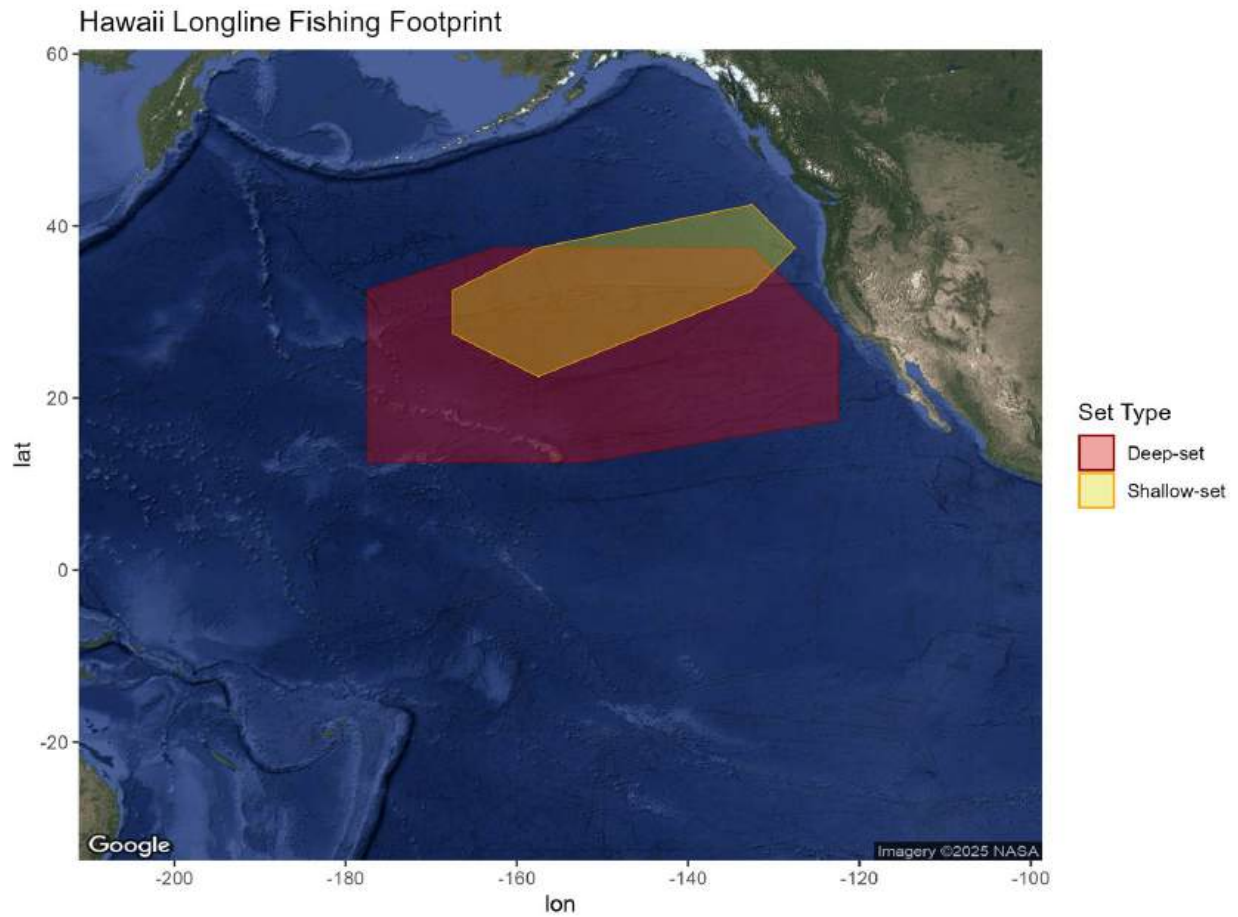
¹ Interacciones en la pesquería de palangre de superficie de Hawái (especie objetivo: pez espada). El resto de interacciones se produjeron en la pesquería de palangre de fondo de Hawái (especie objetivo: atún patudo).

7	Manta	<i>M. tarapacana</i>	alambre	EM: Desconocido	EM: Vivo, en buen estado Obs: Vivo	EM: Línea cortada	EM: ≤ 4,6 m
8	Manta	<i>M. birostris</i>	mono	EM: Desconocido; línea principal enredada con una línea secundaria	EM: Vivo, en buen estado Obs: Vivo	EM: Roturas en la línea	EM: ≤ 7,6 m; ramal y línea principal entrelazados
9	Rayo del diablo	Desconocido	mono	EM: Desconocido	EM: Vivo Obs: Vivo	EM: Probablemente la línea se ha cortado, pero no se ve; un pescador hace un gesto de cortar con la mano hacia otro pescador	EM: 3,0–10,7 m
10	Manta	<i>M. thurstoni</i>	mono	EM: Enganchado en la cabeza Obs: enganchada, cabeza	EM: Vivo, en buen estado Obs: Vivo, en buen estado	EM: Línea cortada por debajo del plomo Obs: línea cortada por debajo del peso	EM: ≤ 0,30 Obs: 1 m
11	Manta	<i>M. mobular</i>	mono	EM: Enganchado en la cabeza Obs: enganchada, cabeza	EM: Vivo, en buen estado Obs: Vivo, en buen estado	EM: Línea cortada Obs: corte por debajo del peso	EM: ≤ 0,30 Obs: 0 m
12	Manta	<i>M. thurstoni</i>	mono	EM: Enganchada, cabeza Obs: enganchada, cabeza	EM: Vivo, en buen estado Obs: Vivo, en buen estado	EM: Línea cortada por debajo del peso Obs: cortado por debajo del peso	EM: Solo anzuelo Obs: 0 m
13	Mobula	Desconocido	mono	EM: Enganchado, cabeza en dos ramales enredados; tras su liberación, queda enganchado en una tercera ubicación desconocida.	EM: Vivo, en buen estado Obs: Vivo	EM: Línea cortada	EM: Dos ramales enredados ≤ 0,9 m; tercer ramal ≤ 10,7 m
14	Rayas diablo	<i>M. thurstoni</i>	mono	EM: Anzuelo clavado en la cabeza Pescador: enganchada por la boca	EM: Vivo, en buen estado Pescador: Vivo, en buen estado	EM: Línea cortada Pescador: línea cortada	EM: ≤ 0,9 m Fisher: 0,9 m

15	Manta	<i>M. mobular</i>	mono	EM: Anzuelo clavado en la cabeza. Se ve el anzuelo Obs: enganchada, cabeza	EM: Vivo, en buen estado Obs: Vivo, en buen estado	EM: Línea cortada por debajo del peso Obs: cortado por debajo del peso	EM: ≤ 0,3 m Obs: 1 m
16	Desconocido	Desconocido	mono	EM: Desconocido Obs: enganchado, cabeza	EM: Desconocido Obs: Vivo, en buen estado	EM: La línea se rompe por debajo del peso Nota: el engarzado falla por debajo del peso	EM: ≤ 0,3 m Obs: 1 m
17	Rayas diablo	<i>M. tarapacana</i>	mono	EM: Enganchado en la cabeza Obs: enganchada, cabeza	EM: Vivo, en buen estado Obs: Vivo, en buen estado	EM: Se rompe el sedal Obs: línea cortada por encima del peso	EM: ≤ 0,3 m Obs: 2 m
18	Manta	<i>M. thurstoni</i>	mono	EM: Anzuelo clavado en la cabeza, la boca o las branquias Obs: enganchada, boca	EM: Vivo, en buen estado Obs: Vivo, en buen estado	EM: Línea cortada Obs: línea cortada por encima del peso	EM: ≤ 1,5 m Obs: 2 m
19	Manta	<i>M. tarapacana</i>	mono	EM: Anzuelo clavado en la cabeza Pescador: enganchada por la boca	EM: Viva, herida - sangrando Pescador: herido	EM: Hilo cortado Pescador: línea cortada	EM: ≤ 1,5 m Fisher: 0,3 m
20	Manta	<i>M. thurstoni</i>	mono	EM: Enganchado en la cabeza	EM: Viva	EM: Hilo cortado	EM: ≤ 0,9 m
21	Manta	<i>M. thurstoni</i>	mono	EM: Anzuelo clavado en la cabeza, las aletas cefálicas, la boca o las branquias Observación: enganchada, boca	EM: Vivo Obs: Vivo, en buen estado	EM: Línea cortada Obs: línea cortada por debajo del peso	EM: ≤ 0,9 m Obs: 1 m
22	Manta	<i>M. tarapacana</i>	mono	EM: Anzuelo clavado en la cabeza	EM: Vivo, en buen estado	EM: Corte de línea por debajo del peso	EM: ≤ 0,6 m
23	Manta	<i>M. birostris</i>	mono	EM: Enredado en el sedal principal con múltiples vueltas alrededor del ala, la boca y el hombro, pero aún puede mover las alas Pescador: boca, enredada en el sedal principal	EM: Viva, herida: aleta cefálica ensangrentada. Pescador: Bien	EM: Línea retirada Pescador: línea enredada cortada	EM: 0 Pescador: 0 pies
24	Mobula	Desconocido	mono	EM: Desconocido Obs: ingerido	EM: Vivo Obs: Vivo, herido	EM: Línea cortada Obs: línea cortada	EM: ≤ 1,5 m Obs: 1 m

Figura 1. Extensión espacial del esfuerzo pesquero de los palangres de profundidad (magenta) y de superficie (amarillo) de Hawái (2022-actualidad).

Figure 1. Hawaii longline deep-set longline (magenta) and shallow-set longline (yellow) spatial extent of fishing effort (2022-present).



Apéndice

Figura 1 del apéndice. Hoja de datos proporcionada a los pescadores para registrar la información clave de cada marcado de rayas mobula en la pesquería de palangre de Hawái.

Appendix Figure 1. Data sheet provided to fishers to record key information for each mobula ray tag deployment in the Hawaii longline fishery.

Data required for each tag deployed

The below data fields are requested for each interaction with a mobulid ray. (See identification instructions next page).
Successful tag events with good data and footage will be reimbursed at a rate of \$800 USD.

Please take a photo of the data on this sheet and email or text us as soon as you return to port 📷
Email: pacificsharktagger@gmail.com and/or Text Forest O'Neil: 808.321.9188

Tag serial #: _____, Tag PTT #: _____ Tag location: Left wing, Right wing
MM DD YY

Trip No. _____, Set No. _____, Date ____/____/____

Time _____, Latitude _____ N / S, Longitude _____ W / E

Sex: Claspers present (male), Claspers absent (female), Undetermined

Hook/entanglement location: Mouth, Cephalic fin, Wing, Body,
 Other _____

Capture condition: Good, Injured, Lethargic, Dead (Please don't tag dead animals)

Release condition: Good, Injured, Lethargic, Dead

Handling/release method: Line cut, Dehooker, Escaped, Other _____

Trailing gear? _____ ft, Comments: _____

Condition Definitions:
Good - Animal active and energetic, no visible signs of trauma or injury, no bleeding from the vent or gills, fights against the gear, swims away well.
Injured - Clear evidence of injury to any part of the body; bleeding may be seen from the hook, gills or vent.
Lethargic - Animal exhibits signs of life but does not appear very active; still makes efforts to swim.
Dead - Animal does not exhibit signs of life, sinks or sinks upside down.

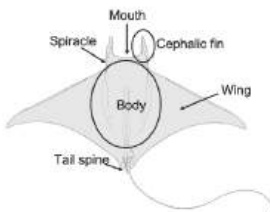
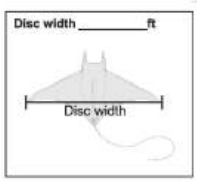



Tabla 1 del apéndice. Captura incidental total estimada en número de peces del Programa de Observadores de la Región de las Islas del Pacífico para las pesquerías de palangre de profundidad (DSLL) y de superficie (SSLL) de Hawái (tomado de la Tabla C-1 del apéndice; WPRFMC, 2025).

Especie/Grupo	Sector pesquero	2019	2020	2021	2022	2023
Mobula (raya)	DSLL	218	76	251	298	335

diablo)	SLL	0	0	2	2	1
Manta/Mobula	DSLL	82	43	66	146	106
	SLL	0	1	4	0	1
Manta gigante	DSLL	0	7	11	0	11
	SLL	0	0	0	3	0
Ray no identificado	DSLL	0	6	26	9	7
	SLL	0	0	0	1	0