

**INSTITUTO COSTARRICENSE DE PESCA Y ACUICULTURA
DEPARTAMENTO DE DESARROLLO E INVESTIGACIÓN**

**INSTITUTO NACIONAL DE APRENDIZAJE
NUCLEO NAUTICO PESQUERO**

FEDERACIÓN COSTARRICENSE DE PESCA



PESQUERÍA DE TÚNIDOS CON LA TÉCNICA DE PESCA GREENSTICK (PALO VERDE) EN LA ZONA ECONÓMICA EXCLUSIVA DEL PACÍFICO DE COSTA RICA

DOCUMENTO TÉCNICO N° 26

Autores:

Berny Marín Alpízar, Jesús Alfaro-Rodríguez y Marcos Gonzalez Rojas ¹

Eduardo Aparicio López, Josué Villalobos Ramírez y Johnny Aguilar Quirós ²

Shigeru Kobayashi ³

Departamento de Desarrollo e Investigación, Incopeca ¹

Núcleo Náutico Pesquero, INA ²

Federación Costarricense de Pesca ³

Octubre 2019

ÍNDICE

| | | |
|----|---|----|
| 1. | RESUMEN..... | 1 |
| 2. | INTRODUCCIÓN..... | 2 |
| 3. | PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN..... | 3 |
| 4. | JUSTIFICACIÓN..... | 3 |
| 5. | OBJETIVOS | 4 |
| | General..... | 4 |
| | Específicos | 4 |
| 6. | ANTECEDENTES..... | 5 |
| | 6.1. Pesca de palangre | 5 |
| | 6.2. Decreto de ordenamiento de la pesca atunera (38681-MAG-MINAE) | 7 |
| | 6.3. Discusiones nacionales sobre el tema de reconversión hacia artes selectivas | 8 |
| | 6.4. Historia acerca del sistema de pesca greenstick o palo verde | 8 |
| 7. | METODOLOGÍA | 10 |
| | 7.1. Área de estudio | 10 |
| | 7.2. Embarcación y equipo utilizado | 11 |
| | 7.3. Planificación de los viajes de pesca..... | 14 |
| | 7.4. Maniobra de pesca | 15 |
| | 7.5. Toma de datos..... | 16 |
| | 7.6. Análisis de datos..... | 18 |
| 8. | RESULTADOS | 20 |
| | 8.1. Características generales de pesca con greenstick | 20 |
| | 8.2. Relación longitud furcal-peso eviscerado sin cabeza..... | 23 |
| | 8.3. Análisis general de las capturas y descargas de atún..... | 23 |
| | 8.4. Captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de atún con greenstick | 29 |
| | 8.5. Calidad del atún desembarcado..... | 32 |
| | 8.6. Pesca costera y oceánica de atún con greenstick..... | 34 |
| | 8.7. Eficiencia de las recomendaciones de pesca y el radar de navegación banda S. 35 | |
| | 8.8. Áreas potenciales para la pesca de atún | 44 |
| | 8.9. Variables oceanográficas en la pesca de atún | 45 |
| 9. | DISCUSIÓN..... | 47 |
| 7. | CONCLUSIONES..... | 53 |
| 8. | RECOMENDACIONES | 54 |
| 9. | BIBLIOGRAFÍA..... | 56 |

1. RESUMEN

Ante la necesidad nacional de investigaciones que permitieran un mejor aprovechamiento de los recursos pesqueros, en especial del atún, nace la idea de realizar la investigación de pesca de túnidos con el arte de greenstick dentro de la zona económica exclusiva del Pacífico, dando énfasis en el ordenamiento espacial planteado en el decreto N° 38681-MAG-MINAE. Entre 2017 y 2018 se realizaron ocho viajes de pesca, teniendo en consideración las recomendaciones de sitios específicos sugeridos por la plataforma CATSAT. Las faenas de pesca fueron realizadas en asociación con manadas de delfines y aves, para lo cual se contó con equipo especial de búsqueda. Los atunes capturados fueron sometidos a un proceso de recolecta de datos biológico-pesqueros y de información sobre calidad comercial. Además, se contó con información oceanográfica sobre los sitios de captura de los atunes. El greenstick resultó ser muy efectivo en la pesca de atún aleta amarilla con un porcentaje general de 98,5% del total de especie capturadas. Por otro lado, la incidencia de otras especies fue menor del 0,6%. Los viajes de pesca con mayor captura se realizaron en zonas costeras, en asociación con el delfín tornillo o spinner (*Stenella longirostris*), no obstante el atún fue de tamaño pequeño y de bajo valor comercial. El atún costero, el cual representó un 90% de los individuos capturados, presentó una longitud promedio de $80,1 \pm 18$ cm, mientras que en el atún oceánico fue de $121,1 \pm 29,6$ cm. Se logró encontrar tres posibles áreas potenciales de pesca de atún, basado en el atún categorizado como primera, uno de ellos ubicado cerca de las Isla del Caño y otros dos dentro del polígono oceánico. No se encontró ninguna correlación entre la información de los sitios de captura y las variables oceanográficas asociadas a cada sitio, lo cual podría atribuirse a un mayor efecto combinado de los parámetros que a uno solo.

2. INTRODUCCIÓN

El proyecto de investigación de la pesquería de túnidos con la técnica de greenstick o “palo verde” en el Océano Pacífico de Costa Rica tiene su origen en varios acontecimientos:

El primero se da por el interés que tenía la Cámara Nacional de la Industria Palangrera al Instituto Nacional de Aprendizaje (INA), solicitando la investigación de técnicas o artes de pesca que conlleven a una mayor captura de atún, así como aumentar la eficiencia de la pesca al disminuir el tiempo y recursos financieros invertidos para buscar los cardúmenes de atún. **El segundo** se vincula con el establecimiento de discusiones nacionales sobre el tema de reconversión hacia artes selectivas. **El tercer** acontecimiento es la emisión del Decreto N° 38681-MAG-MINAE “Ordenamiento para el aprovechamiento de atún y especies afines en la zona económica exclusiva del Océano Pacífico costarricense”, en el cual se establece la necesidad de realizar investigación en la pesca de atún. **El cuarto** acontecimiento es la petición que realiza formalmente el INCOPECA al Instituto Nacional de Aprendizaje, mediante Acuerdo de Junta Directiva AJDIP/312-2016, solicitando la participación en la ejecución del proyecto investigación sobre la pesquería del atún aleta amarilla con la técnica palo verde, para apoyar el cumplimiento del Decreto 38681 MAG-MINAE y a su vez que apoye los procesos de capacitación para el sector pesquero palangrero de mediana y avanzada.

Los factores de escases del recurso, debido a la sobre explotación del mismo con artes no selectivas, y todo el encadenamiento productivo que se afecta en el proceso, propició la conformación de un comité técnico de dos instituciones públicas y una organización no gubernamental (ONG), para investigar el arte de pesca selectiva conocida como greenstick y a la vez para valorar su funcionalidad dentro del sector pesquero del país. Es así que en conjunto INA-INCOPECA-FECOP, proceden a realizar las alianzas estratégicas mediante la figura de Convenio de Cooperación que se firmó en noviembre del 2016 bajo el nombre CONVENIO 71/2016 en el edificio del INA, San José, Costa Rica.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Al establecerse el Decreto Ejecutivo de ordenamiento del atún No. 38681 MAG-MINAE, en el 2014, se concedió 24 meses para la implementación de investigaciones de la pesquería del atún que permitieran dictar las medidas regulatorias para el aprovechamiento de este recurso, conforme a la disponibilidad y conservación del mismo y a la necesidad de desarrollo del sector pesquero. La vigencia del decreto es de 8 años. Durante este tiempo es importante que el país realice las investigaciones y recopile información sobre el desempeño de esta pesquería, para apoyar el desarrollo de una pesquería sustentable en la zona económica exclusiva (ZEE) del Océano Pacífico Oriental costarricense, buscando maximizar el valor del recurso y los beneficios socio-económicos y reduciendo al máximo los impactos ambientales.

La necesidad para implementar este decreto, requiere que el país resuelva los siguientes problemas: 1. Encontrar una tecnología que permita a la flota comercial nacional pescar de manera más selectiva el atún y que a su vez se reduzca la captura incidental y se mantenga la calidad del producto fresco; 2. Construir un programa de transferencia tecnológica y capacitación que permita al estado costarricense darle apoyo a los pescadores nacionales para que adopten la tecnología mencionada en el punto anterior; 3. Generar un conocimiento técnico científico que le permita al Estado regular y normar estas técnicas de pesca.

4. JUSTIFICACIÓN

Con la publicación del Decreto Ejecutivo 38681 MAG-MINAE se tiene como objetivo de crear zonas exclusivas para la pesca del atún por parte de la flota comercial costarricense, quienes estaban en desventaja competitiva con la flota internacional de red de cerco previo a esta normativa. Por lo tanto, este decreto abre las puertas para la modernización y tecnificación de la pesca de atún en Costa Rica.

Al tecnificar la flota pesquera nacional se busca: aumentar su eficiencia a través del uso de artes selectivas para la captura del atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*), aumentar el valor del producto, y disminuir la captura incidental. Sin

embargo, toda nueva arte de pesca debe ser regulada por la autoridad de pesca, y debe ser promovida eficazmente entre los pescadores; por tanto, es necesario aportar evidencia de la eficiencia de las artes y su rentabilidad a través de pruebas de campo.

Al promover estas artes entre los pescadores comerciales, se busca entrar a los mercados de atún fresco y aumentar el aporte económico del sector a la nación, a la vez de estabilizar al sector social que representa. Por otro lado, los exportadores nacionales de producto pesquero, y la pesca turística y deportiva, también serán beneficiados con la iniciativa: el primero por el aumento en el volumen y el precio de compra de los productos exportados; el segundo por la reducción de la captura incidental de sus especies objetivo.

5. OBJETIVOS

General

- Investigar la pesquería de túnidos con la técnica de pesca greenstick (palo verde) dentro de la zona económica exclusiva del Océano Pacífico de Costa Rica, siguiendo la zonificación establecida en el decreto de ordenamiento de la pesca atunera N° 38681-MAG-MINAE.

Específicos

- Caracterizar la estructura de tallas y pesos de los túnidos capturados con la técnica de pesca greenstick.
- Determinar la eficiencia de pesca de túnidos con la técnica de greenstick mediante el análisis de captura por unidad de esfuerzo.
- Analizar la eficiencia de las recomendaciones pesqueras del sistema CATSAT en la pesca de túnidos con greenstick.
- Identificar posibles áreas potenciales de pesca de atún aleta amarilla con el fin de optimizar el esfuerzo pesquero.
- Conocer la importancia del radar banda S en la ubicación de manchas de atún asociadas a bandadas de pájaros y como medio para reducir el esfuerzo pesquero.

- Derivar de los datos de la investigación documentos específicos para la divulgación, transferencia tecnológica y creación de normativa pesquera, según las competencias específicas de cada institución.

6. ANTECEDENTES

6.1. Pesca de palangre

A pesar de que en la antigua Ley de Pesca y Caza Marina (Ley 190, 1948) se establecía una división de la pesca de acuerdo con la lejanía de la costa, no es hasta los principios de 1980 cuando se cuentan con los primeros registros de desembarque de dorado (*Coryphaena hippurus*), especie por la cual nace la pesca de palangre en Costa Rica según lo indicado por Ricardo Gutiérrez (comunicación personal, 2014). La definición legal de las clases de pesca comercial de mediana y avanzada escala, utilizando con principal arte de pesca el palangre, aparece hasta el 2005, en la Ley de Pesca y Acuicultura (Ley 8436).

Actualmente la flota comercial de mediana y avanzada escala está compuesta por 338 embarcaciones, de las cuales 326 operan en el Pacífico y 12 en el Caribe (Incopesca, 2019). La flota que opera en el Pacífico se distribuye principalmente en cuatro regiones: Cuajiniquil, en el Norte; Puntarenas y Quepos, en el Pacífico Central; y Golfito, en el Pacífico Sur de Costa Rica. Según datos del INCOPESCA la pesca de mediana y avanzada escala del Pacífico genera 4 054 empleos directos; mientras que a su vez esta actividad económica entre plantas de procesamiento y pescaderías generan 56 176 empleos (FAO, 2014)

El crecimiento en los desembarques de esta flota subió rápidamente en la década de 1990, hasta constituir el 50% del total de desembarques reportados del país (Trujillo, Cisneros-Montemayor, Harper y Zeller, 2012). Sin embargo, actualmente, las capturas de los principales puertos de descarga han disminuido hasta en un 50%, provocando que el margen de utilidad de la flota disminuyera considerablemente y en muchos casos, los viajes de pesca tienen un balance negativo (Palacios, 2012). La disminución de las capturas de la flota palangrera puede deberse a dos razones principales: la disminución del recurso del dorado y la gran competencia con la flota extranjera por recursos como el atún.

Debido a la disminución del recurso dorado, la flota palangrera empezó a buscar otras especies como el atún, los picudos y los tiburones (abreviada como APT, o TBS, del inglés Tuna, Billfish, Shark) (Andraka *et al.*, 2013). Sin embargo, esta pesquería tiene como problemática asociada que interactúa con especies objetivo o incidentales con tasas de crecimiento y reproducción lentas, las cuales no pueden soportar altas presiones de pesca. Además, se le atribuye la captura incidental de tortugas marinas y rayas (Dapp, Arauz, Spotila y O'Connor, 2013; Whoriskey, Arauz y Baum, 2011).

En el Pacífico, existen algunos esfuerzos por introducir nuevas tecnologías de pesca que puedan cambiar la razón sobre la captura objetivo y la captura incidental (Swimmer *et al.*, 2010; Andraka *et al.*, 2013). Sin embargo, dichos intentos por modificar el palangre han tenido un éxito mediano. Es decir, ciertas modificaciones pueden reducir la captura incidental de algunas especies, pero aumentar la captura en otras especies (Andraka *et al.*, 2013).

En diferentes regiones del Pacífico, no obstante, se han implementado distintos métodos muy eficientes en la reducción de la captura incidental total. En Estados Unidos, por ejemplo, se han adaptado algunos métodos utilizados en la pesca deportiva para capturar únicamente atún. Entre estas técnicas están: el curricán, el greenstick y la captura con arpón (NOAA, 2014). Con estos métodos se captura mayormente atún y la captura incidental puede ser liberada viva. Otros métodos basados en la captura selectiva de un individuo a la vez han reemplazado artes de capturas masivas y poco selectivas como la red de cerco.

Por ejemplo, en Fiji y alrededores, los pescadores utilizan pesca a la caña con carnada viva para obtener casi un 100% de atún para enlatado. Este producto encuentra un mejor precio de mercado en países como Holanda e Inglaterra, donde se aumenta su valor por utilizar métodos de captura responsables (Barclay y Parris, 2013). En Japón, el gobierno eliminó la pesca con red de cerco de sus aguas jurisdiccionales para reemplazarla con pesca de línea vertical alrededor de Dispositivos Agregadores de Peces, conocidos como Payaos o FADs (Izumi, 1993; Preston, Chapman y Watt, 1998).

La línea vertical, el greenstick, el curricán y algunas modificaciones del palangre han sido muy exitosas debido al creciente mercado de carne fresca para sushi y sashimi (Hamilton, Lewis, McCoy, Havice y Campling, 2011). Este mercado permite la venta de calidad, en lugar de cantidad. Por lo tanto, la pesca de pieza por pieza es más apropiada para dar un tratamiento post-captura adecuado y mantener toda la calidad de la carne (Blanc, Desurmont y Beverly, 2005).

6.2. Decreto de ordenamiento de la pesca atunera (38681-MAG-MINAE)

Al buscar una solución al problema de la captura incidental de peces de interés turístico, los sectores de pesca deportiva y turística unieron esfuerzos con el sector palangrero, para evaluar una propuesta de zonificación espacial de la pesca en Costa Rica. Después de un largo proceso, el resultado de dicha coalición fue el Decreto de Ordenamiento de la Pesca Atunera (38681-MAG-MINAE). Con éste, la ZZE del Pacífico Costarricense cuenta con áreas específicas de aprovechamiento para las flotas nacionales, donde se pueden implementar estas nuevas técnicas de pesca, sin la interrupción de la flota internacional de red de cerco.

Con este decreto se espera que los pescadores comerciales de escala mediana y avanzada, puedan capturar atún aleta amarilla de manera más eficiente, al mismo tiempo que reduzcan la captura incidental de especies como tiburones, tortugas y rayas. También se espera una reducción en la captura de especies de interés turístico y deportivo como los son los picudos, lo cual daría un nuevo impulso a dicho sector, cuyo aporte económico es muy importante en las comunidades costeras.

En atención a ese decreto, INCOPESCA solicitó formalmente, mediante Acuerdo de Junta Directiva AJDIP/312-2016 al Instituto Nacional de Aprendizaje lo siguiente:

- 1- Solicitar al INA su participación en la ejecución del proyecto Investigación sobre la pesquería del atún aleta amarilla con la técnica palo verde (greenstick), para apoyar el cumplimiento del Decreto 38681 MAG-MINAE.

- 2- Solicitar al INA que con sustento en los resultados del proyecto citado en el punto #1, que apoye los procesos de capacitación para el sector pesquero palangrero de

mediana y escala y avanzada, sobre técnicas de pesca conocida como palo verde o greenstick.

A raíz de la necesidad de cumplir con este decreto, el INCOPECA-INA-FECOP realizan los primeros acercamientos para la formulación de un convenio de cooperación. Lo que se persiguió fue hacer una alianza estratégica que permitiera activar un músculo inter-institucional y se tradujera en una investigación de técnicas alternativas dirigidas al atún aleta amarilla en donde estas instituciones puedan ensamblar los aspectos legales, pedagógicos y científicos para lograr un objetivo macro que sería cumplir con lo que establece el decreto supra citado.

6.3. Discusiones nacionales sobre el tema de reconversión hacia artes selectivas

El 6 de marzo del 2015 se originó la Directriz Presidencial “Para la Generación de una Política Nacional de Aprovechamiento Sostenible de Camarón, Generación de Empleo y Combate a la Pobreza” y se instruyó a establecer “Mesas de Dialogo”.

Durante el resto del 2015 se realizaron reuniones de “Mesa de Diálogo del Camarón”. Una de las comisiones establecidas se denominó “Comisión de Innovación y Reconversión Tecnológica”. El objetivo de tal comisión fue presentar propuestas de innovación tecnológica para la flota palangrera y la camaronera. En una de las reuniones realizadas se indicó que el INA poseía el Buque-Escuela “Solidaridad” y que esa embarcación podría ser utilizada para realizar proyectos tecnológicos que ayudaran al sector palangrero y camaronero. En ese momento FECOP indicó que podía co-financiar un proyecto de investigación que promoviera un tipo de pesca de mayor valor agregado, mientras que el INCOPECA y el MICITT indicaron que podrían colaborar y participar con el proyecto.

6.4. Historia acerca del sistema de pesca greenstick o palo verde

El greenstick tiene sus orígenes en Japón, se menciona que fue originaria de los pescadores de la isla Shikoku, buscando la forma de suspender en el aire señuelos para engañar mejor a los peces (POP FISINGH & MARINE, 2015), posteriormente fue llevada a Hawái y luego a otras partes de Estados Unidos y el mundo donde se

ha convertido en la práctica más habitual por su demostrada efectividad (GreenStickSpain, s.f.). En el mundo está siendo utilizada tanto por la flota deportiva como por la comercial (esto se debe a que combina efectividad con diversión), no obstante, no había sido asociada ni documentada para la pesca de atún asociada a manadas de delfines de diferentes especies en el Océano Pacífico Oriental (OPO), pues zonas en septentrionales solamente se ha utilizado para la pesca sobre brisas y saltaderas de atún y en otros casos sobre plantados.

Esta técnica es muy similar a la que se utilizaba antiguamente con la cometa en la lejana Indonesia, ya que la base del sistema es prácticamente la misma: elevar la línea para que esta no toque el agua evitando dejar estela y colgar un señuelo en el aire, a cierta distancia del barco, para darle la apariencia de una presa real que huye dando saltos. Su diferencia radica en que en lugar de una cometa se utiliza un gran palo lo suficientemente alto como para elevar la línea y los señuelos, y flexible y resistente como para amortiguar los fuertes choques de las picadas que producen los grandes atunes (GreenStickSpain, s.f.).

El nombre de greenstick o “palo verde” proviene de la materia prima original que fueron grandes y gruesas cañas el bambú. Actualmente, con la llegada de nuevos materiales, fue sustituido por la fibra de vidrio y el carbono, para construir cañas capaces de superar la cubierta del barco o elevarse sobre la superficie del mar con alturas de más 15 metros para poder pescar a distancias de 200 – 300 metros de la popa (GreenStickSpain, s.f.).

La pesca con palo verde es quizás la más selectiva de todas las técnicas de pesca que se conocen, ya que, se limita a las capturas de atunes que se alimentan en la superficie. Además, convierte la pesca del atún tradicional y profesional en una pesca realmente deportiva, eliminando definitivamente la utilización del cebo natural, ya fuese vivo o muerto, y la molestia que supone proveerse de él y mantenerlo en condiciones óptimas, puesto que su uso mayoritario es con señuelos artificiales (GreenStickSpain, s.f.).

Desde hace mucho tiempo un reducido número de embarcaciones han utilizado este arte en el país, sin embargo, la entidad rectora de la pesca (Incopesca) no

contaba con documentación científica para respaldar y fomentar su uso. El único sustento se basaba en experiencias del ámbito privado y comercial las cuales carecían de validez científica.

7. METODOLOGÍA

7.1. Área de estudio

La investigación se realizó en la zona económica exclusiva del Océano Pacífico de Costa Rica, priorizando dentro del ordenamiento espacial establecido en el decreto 38681-MAG-MINAE (Figura 1). A continuación, se detallan los cuatro polígonos mencionados en el decreto:

1. Polígono costero: corresponde a la zona costera a partir de las 12 millas náuticas (MN) de mar territorial hasta las 40 MN de mar patrimonial a lo largo de toda la línea de la costa del Océano Pacífico costarricense.
2. Polígono de amortiguamiento: es una línea imaginaria de 5 MN, establecida después de las 40 millas náuticas del polígono costero. Esta zona conforma un espacio de transición entre el polígono costero y el resto del entorno marino, que actúa como zona de contención ante el impacto directo de la pesca con mayor capacidad tecnológica sobre los recursos pesqueros que están siendo regulados.
3. Polígono oceánico: comprende el área situada dentro del paralelo 7° norte con el límite este de la ZEE de Costa Rica y desde ahí con rumbo oeste sobre el paralelo 7 ° norte hasta su intersección con el meridiano 88° oeste y desde ahí siguiendo sobre el meridiano 88° oeste, con rumbo sur, hasta su intersección con el paralelo 5° norte y desde ahí con rumbo este, siguiendo el paralelo 5° norte hasta intersectar el límite este de la ZEE de Costa Rica.
4. Polígono especial: es el área que comprende desde el paralelo 4° norte hasta el límite sur de la ZEE, en donde se establecen regulaciones para el aprovechamiento sostenible de los recursos pesqueros de dicha área, por considerarse una zona de reclutamiento de atunes y especies afines.

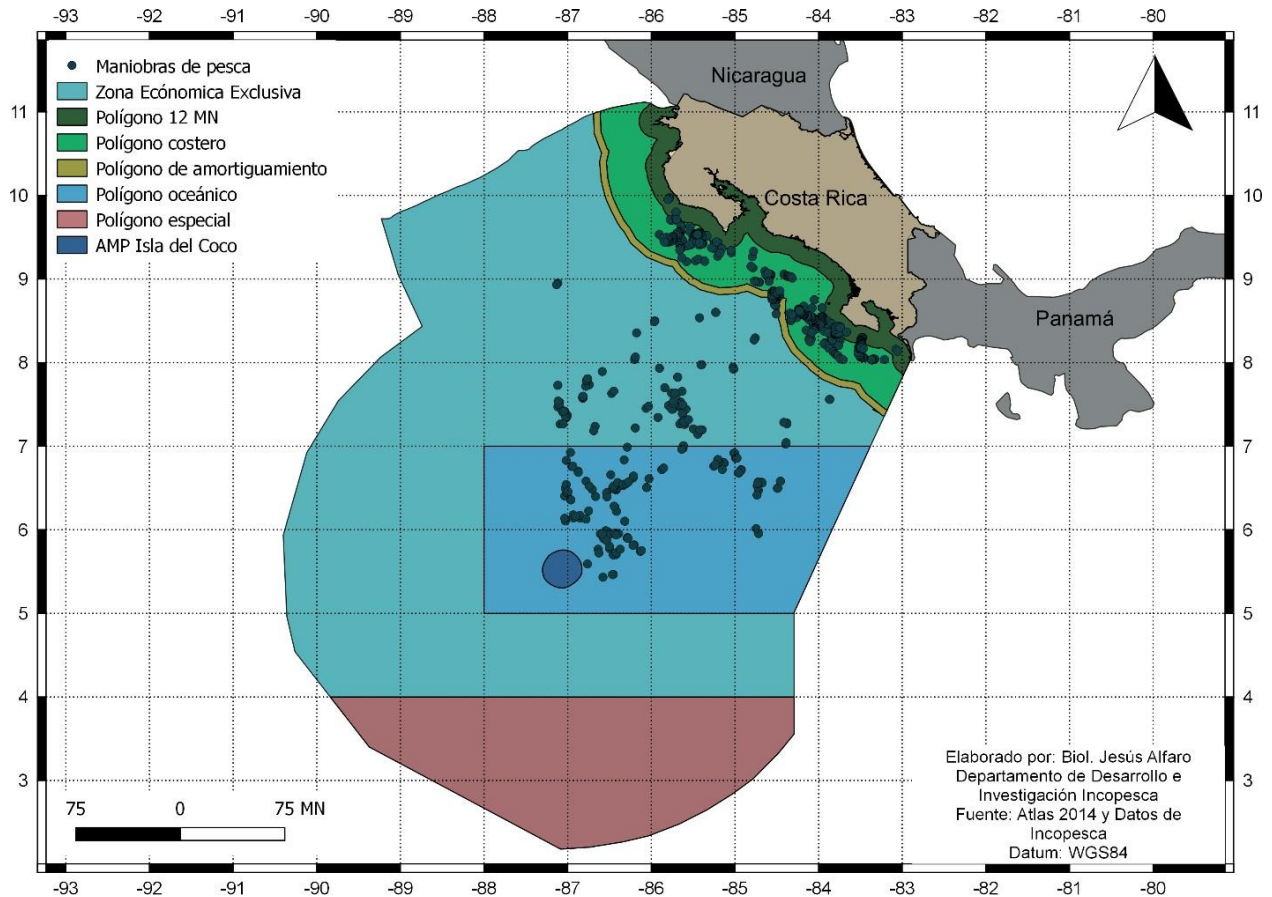


Figura 1. Sitios de pesca con greenstick visitados durante los ocho viajes en el océano Pacífico de Costa Rica.

7.2. Embarcación y equipo utilizado

La embarcación utilizada en los viajes de pesca fue el Buque Escuela Solidaridad del Instituto Nacional de Aprendizaje (INA), la cual cuenta con las características mencionadas en el Cuadro 1. Además del equipamiento básico de tecnologías para la pesca, el buque contó un radar marca Furuno para la detección de pájaros, equipo de banda ancha Felcom 250 Furuno con teléfono de señal satelital para conexión a internet a bordo, computadora portátil con el programa CATSAT para recepción de los parámetros oceanográficos de las zonas de pesca (Cuadro 2).

Cuadro 1. Características generales del Buque Escuela Solidaridad utilizado en la investigación de pesca de atún con greenstick en el pacífico de Costa Rica.

| | | | |
|-----------------------------|------------------------------------|---|--|
| Matrícula: | Puntal: | Capacidad tanque de Agua: | Motor del Generador: |
| P-2918 | 2.95 m | 8000 galones | CUMMINS Modelo 4B 3.9 |
| Año de construcción: | Arqueo Bruto: | Permiso de pesca de Investigación: | Generador: |
| 1993 | 55.22 T | En regla | ONAN Modelo RGF4000-C |
| Eslora: | Arqueo Neto: | Motor principal: | Velocidad crucero: |
| 19.5 m | 24.85 T | CUMMINS, Modelo NT 855 | 8 kn |
| Manga: | Capacidad tanque de diésel: | Reversible: | Consumo de maquina principal y generador(hora): |
| 4.8 m | 3000 galones | TWIN DISC Modelo MG 514 | 11.5 galones/h |

Cuadro 2. Equipo principal utilizado en el Buque Escuela Solidaridad durante la investigación de pesca de atún con greenstick en el pacífico de Costa Rica.

| Equipo de navegación y pesca | Equipo hidráulico y de baldeo | Equipo de comunicación |
|--|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ✓ GPS (3 unidades) ✓ Radar de navegación ✓ Radar para detección de pájaros Furuno FAR 2137 S BB. Con compás satelital SC-110 ✓ Epirb (Radio boya indicadora de posición en caso de emergencias) ✓ Sonda Garmin 7608 xsv 12" ✓ Sart (Respondedor de radar) | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Moto bombas (2 unidades) ✓ Bombas de achique (3 unidades) ✓ Sistema hidráulico para Winch del Palo verde. ✓ Winch del Palo Verde ✓ Sistema hidráulico para Winch del halador de pedestal. ✓ Winch del halador de pedestal. | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Radio VHF (2 Unidades) ✓ Radio de banda lateral única (BLU) ✓ Radio de comunicación de frecuencia privada ✓ Teléfono satelital FURUNO Felcom 250 |

El arte de pesca utilizado fue el “greenstick” o “palo verde” (marca Hamaguchi Hybrid Greenstick) que estuvo constituido, principalmente, por una **caña** de 32 pies de altura, dividida en cuatro secciones ensamblables de 8 pies cada una, fabricadas en fibra de carbono, soporte con abrazaderas y con base en acero inoxidable. Un “**tagline**” o línea de remolque que conecta la parte superior del palo verde a la línea principal.

Además, el sistema contó con un **carrete hidráulico** colocado en la cubierta de popa para recoger la **línea principal**. Esta última, disponía inicialmente de cinco **reinales** en los cuales se colocaron señuelos de goma tipo calamar de varios colores, equipados con anzuelos OPI # 50, # 55 y # 58 (equivalentes a tamaños de 10/0).

En la parte más alejada se colocó el **pájaro** hecho de madera y plomos para mantener su correcto equilibrio. Las funciones fueron mantener la línea principal ajustada cuando se remolca a través del agua, generar en conjunto con la caña movimientos que hacen saltar los señuelos sobre la superficie del agua, simulando potenciales presas que atraen a los atunes a cazarlos. En la parte trasera del pájaro se conecta una boya, la cual indica de forma visual a otras embarcaciones que se está pescando con greenstick y ayuda a recuperar los componentes en caso que se rompa la línea madre (Figura 2).

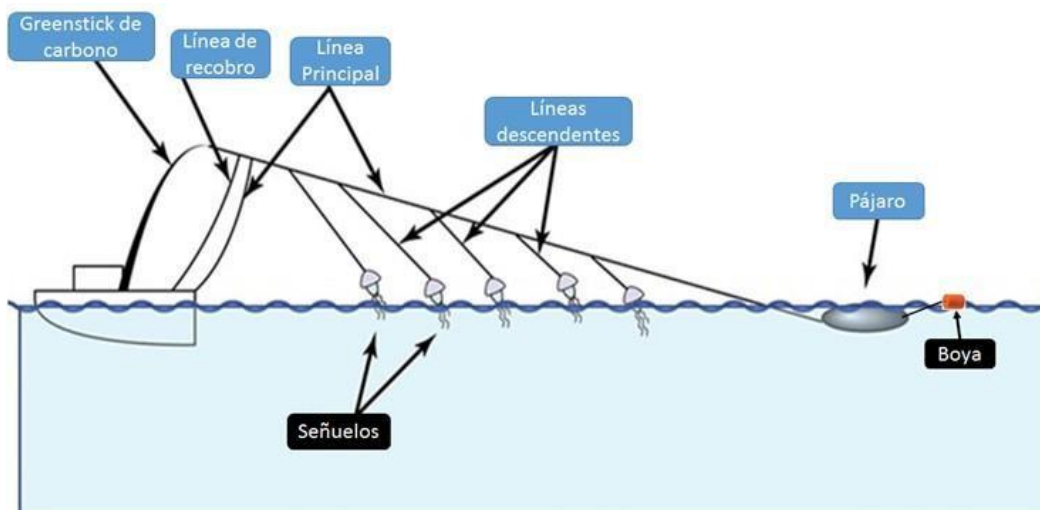


Figura 2. Esquema general de greenstick utilizado durante la investigación de pesca de atún (*T. albacares*) en el pacífico de Costa Rica.

7.3. Planificación de los viajes de pesca

Inicialmente se tenía planificado efectuar un viaje de pesca por mes durante un año, no obstante, no se pudieron realizar las doce giras por problemas logísticos-administrativos (propios de la administración pública) tales como: periodos establecidos para ajustes presupuestarios, rutas críticas en reparaciones de averías, agendas de mantenimiento del Buque, entre otros. El periodo final de investigación estuvo compuesto por ocho viajes entre los meses de octubre del 2017 y noviembre 2018 (Cuadro 3).

Cuadro 3. Cronograma de los viajes de pesca experimental realizados con greenstick en el océano Pacífico de Costa Rica.

| Número de viaje | Periodo del viaje | |
|-----------------|-------------------|------------|
| | Zarpe | Arribo |
| I | 16/10/2017 | 31/10/2017 |
| II | 09/12/2017 | 21/12/2017 |
| III | 17/01/2018 | 31/01/2018 |
| IV | 20/04/2018 | 04/05/2018 |
| V | 28/06/2018 | 13/07/2018 |
| VI | 17/08/2018 | 29/08/2018 |
| VII | 12/09/2018 | 27/09/2018 |
| VIII | 24/10/2018 | 06/11/2018 |

Previo a la salida de cada viaje, se realizó una planificación que incluyó el análisis de recomendaciones de pesca, suministradas por la compañía CATSAT, basadas en imágenes satelitales de variables oceanográficas. Las variables analizadas en relación con las recomendaciones fueron: la temperatura superficial; la profundidad de termoclina; la altimetría; la sub temperatura hasta los 50 m de profundidad, indicadora de surgencias; y el factor FSLE (Finite Size Lyapunov Exponents) relacionado con la dispersión relativa del transporte de partículas, las corrientes geostróficas y los remolinos derivados de ellas. Por otra parte, se analizaron aspectos meteorológicos que pudieran determinar la viabilidad de la gira

en términos de seguridad tales como alarmas de tormentas o huracanes, sistemas de baja presión en la zona, olas y viento.

A confirmarse la salida, se procedió con el avituallamiento de la embarcación y luego se trazó la ruta en el GPS con rumbo hacia las recomendaciones CATSAT, mismas que a lo largo del proyecto podían ubicarse dentro los polígonos del decreto 38681 MAG-MINAE o en la zona mixta de dichas zonas. A pesar de tener la ruta establecida, se revisó diariamente las condiciones meteorológicas en la toma de decisiones para seguir o cambiar la ruta.

Durante la travesía de navegación hacia el sitio de pesca, se mantuvo una vigilancia continua en el radar de navegación banda s, para poder localizar parvadas (agrupaciones de aves) que pudieran estar asociadas a grupos de delfines y a cardúmenes de atún. A unas 2 MN de la zona donde se ubicaron las aves, se mantuvo constante observación con binoculares para así localizar los delfines y la actividad del atún (saltaderas y brizas).

7.4. Maniobra de pesca

Una vez localizado el cardumen se realizó el acercamiento, al mismo tiempo que se caló el arte de pesca estando aproximadamente a unos 200-300 m y siguiendo los siguientes pasos:

1. Colocar la línea principal en la pasteca.
2. Unir el pájaro con la boya a la línea principal y lanzarlos al mar (estando atentos que no se enrede la línea principal con el pájaro).
3. Se cala la línea principal con el buque en marcha al mínimo hacia adelante.
4. Aproximadamente a los 40 m después del pájaro, se encuentran los anillos donde sucesivamente se colocan los reinales (el número uno correspondió al más cercano al pájaro y el número 8 al más cercano a la embarcación. En el primer viaje de pesca el sistema se calibró con 5 reinales en la línea principal, seguidamente en los viajes 2,3, 4 y 5 se colocaron 7 reinales, y en el viaje 6, 7 y 8 se utilizaron ocho reinales.

5. A unos 50 m, después de conectar el último reinal, viene el último anillo que es donde se conecta la línea de arrastre “Tag Line” mediante el cabo falso o “breakaway”.
6. Se conecta la línea de acción “action line” a la línea de remolque con una gacilla ligera (estando atentos a que no se suelte la punta de la línea de acción).
7. Colocar la bandera de advertencia a la línea de remolque, aproximadamente una brazada más arriba de la punta.
8. Una vez que los señuelos estaban en el agua se verificó visualmente que cada uno estuviera a la altura adecuada con respecto a la superficie del mar.

La maniobra de pesca consistió en remolcar el arte, a velocidades de entre 4,5 y 8 nudos, muy cerca de la mancha de delfines. La entrada se realizó de varias formas, entre ellas: por delante y por detrás de la manada de delfines, y en forma de círculo. Cabe destacar que, durante la maniobra de entrada, se debió “halar” constantemente la línea de acción o “acción line” con el fin de aumentar el movimiento de los señuelos. En algunos casos, el uso de la sonda oceanográfica facilitó conocer la posición de cardumen y dimensionar el tamaño del mismo.

Al momento de realizarse una o varias capturas, la línea principal queda libre de la línea de remolque y así se inicia su recogida usando el carrete hidráulico para arrastrar la captura hacia la embarcación. Para subir los peces a bordo se utilizó un gancho o bichero llamado “Gaff” con una longitud de 2,8 m (la altura va relacionada a la altura entre la cubierta y el mar).

7.5. Toma de datos

Una vez que los atunes fueron llevados a cubierta se colocaban en un colchón de espuma de aproximadamente 12.5 cm de grosor y se procesaron de la siguiente forma:

1. Sacrificio: Para esto se utilizó la metodología recomendada por Salazar (2016), la cual consistió en el aturdimiento del atún proporcionando un golpe con un bate de metal en la parte posterior de los ojos. De inmediato se realizó

la destrucción del cerebro con un corte en la misma zona. Posteriormente, se destruyó el sistema nervioso central pasando un filamento o varilla de acero a través del canal espinal para inactivar el control de la temperatura interna del atún y así disminuía el tiempo de enfriamiento muscular.

2. Para ayudar a reducir la temperatura corporal y evitar que la sangre caliente entre en contacto con la grasa de la carne se realizaron cortes de desangrado de 2 cm de profundidad debajo de las aletas pectorales, arterias de las branquias en los arcos branquiales, entre el IV y V pedúnculo de la aleta caudal y se rociaba constantemente con agua el cuerpo del atún para prevenir la coagulación de la sangre, de acuerdo a lo recomendado por Salazar (2016).
3. Se determinó la temperatura corporal con un termómetro para alimentos.
4. Se midió la longitud furcal utilizando una cinta métrica y se colocó un marchamo con un número de consecutivo (tag) a los atunes con el fin de dar seguimiento durante todo el proceso hasta la descarga.
5. Una vez eviscerado, se determinó el sexo con base en las características macroscópicas de las gónadas.
6. Se enfría el atún dentro de un contenedor con agua cremolada (mezcla de agua salada y hielo) de aproximadamente 0 °C, hasta que el atún tenga en su parte interna una temperatura entre 4 y 6 °C. Luego se procede a almacenarlo en las neveras con hielo, anotando la temperatura interna del cuerpo de cada atún al ser embodegado.

Los atunes menores a 60-70 cm fueron liberados manualmente del anzuelo y devueltos inmediatamente al mar. La longitud total de estos individuos fue estimada visualmente previo a su liberación.

Finalizado cada viaje de pesca, se realizó la descarga y subasta de los atunes en el muelle de la Terminal Pesquera del Incopesca. Para cada atún se registró la temperatura corporal al momento del desembarque, peso eviscerado sin cabeza, clasificación comercial y precio de venta. Además, se extrajeron los datos oceanográficos de altimetría, densidad plancton, temperatura superficial,

temperatura a 10, 20, 30, 40 y 50 m, profundidad termoclina, cizalladura y salinidad de la plataforma CATSAT para cada sitio donde se registraron capturas de atún.

La información generada en los diversos procesos fue incluida dentro de formularios de control de viajes, registro de la operación del sistema de pesca palo verde, registro del proceso post-captura y datos biométricos, y registro de calidad según el Tag a la hora del desembarco y ventas de las capturas. Posteriormente, todos estos datos fueron digitalizados en hojas de Excel para sus respectivos análisis.

7.6. Análisis de datos

La información recopilada en todos los viajes de pesca fue utilizada para hacer una caracterización general de las faenas realizadas con greenstick. Los lances de pesca en la investigación se establecieron con base en el tiempo desde que el equipo se colocó completamente en el agua, dando así al inicio de la faena de pesca, hasta que se realizó la captura de uno o varios atunes y su abordaje en la embarcación. Asimismo, se calculó la eficiencia de captura asociada a las diferentes especies de delfines y posición de los señuelos.

Se estimó la relación longitud furcal-peso eviscerado sin cabeza mediante una relación potencial, contemplando los datos de los atunes desembarcados a los cuales se les dio seguimiento mediante la colocación de números consecutivos en etiquetas (tag). Utilizando la ecuación resultante de la relación anterior, se realizaron estimaciones del peso eviscerado sin cabeza de los atunes capturados durante toda la investigación. Lo anterior para establecer de manera aproximada el peso de la captura, y para los cálculos tallas y peso por viaje de pesca.

Se realizaron histogramas de frecuencia de tallas (longitud furcal) y pesos (peso eviscerado sin cabeza) de los atunes capturados y descargados durante toda la investigación. Los cálculos se efectuaron por separado, ya que no todos los atunes capturados fueron descargados, esto debido a que los atunes pequeños (menores a 70 cm, aproximadamente) no resultaron interés comercial. El análisis de frecuencia de tallas y pesos de los atunes desembarcados, no incluye los datos del

viaje 8 debido a que, a los atunes capturados en este viaje no se les colocó tags, por lo tanto, no se le pudo dar seguimiento durante la descarga.

La eficiencia del greenstick, en términos de captura, se determinó mediante la estimación de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) por viaje de pesca, tomando en consideración el número de atunes y los kilogramos de atún capturado tanto por día efectivo de pesca como por hora efectiva de pesca. Estos cálculos se realizaron de igual forma con los datos de descarga. Los días efectivos de pesca se establecieron como el número de días que involucraron faenas de pesca y tiempo de búsqueda. Por su parte, las horas efectivas de pesca correspondieron a la sumatoria del tiempo de cada uno de los lances realizados en cada viaje de pesca.

Para el análisis de la calidad del atún, se calculó el total de descarga y precios para cada una de las clases comerciales. Por su parte, para la caracterización de las tallas (longitud furcal) y pesos de las clases comerciales se agruparon cada una de ellas en tres categorías comerciales generales: primera, lomo y nacional. En este último cálculo no se incluye un grupo de atunes clasificados como nacional del viaje 8, ya que no se contaban con datos de longitud furcal ni de peso, solamente el peso total de varios atunes.

Mediante el uso de Quantum Gis versión 2.18 “Las Palmas”, se realizó un análisis espacial de las capturas de atún con greenstick, esto con el objetivo de verificar la cantidad de atún capturado dentro de zonas cercanas a la costa y en zonas oceánicas, lo anterior basado en los polígonos establecidos en el decreto N° 38681-MAG-MINAE. Para un mejor análisis se agruparon las capturas en: pesca costera, la cual incluye los atunes capturados en el polígono costero (desde la costa hasta las 40 MN) y los atrapados en el polígono de amortiguamiento (5 MN después de las líneas de las 40 MN); mientras que pesca oceánica se consideró como los atunes pescados dentro de la ZEE, incluyendo el polígono oceánico y el polígono especial. Tomando de referencia dicho agrupamiento, se caracterizaron las tallas y pesos de las capturas. Además, se determinó la especie de delfín asociada a las mayores capturas en términos de peso.

Para verificar la efectividad de las recomendaciones de pesca emitidas por la plataforma CATSAT en la pesca de atún, se analizó la coincidencia de la ubicación de dichas zonas con las zonas de las capturas, esto delimitado dentro de los mismos periodos de tiempo, es decir, la verificación de las fechas de las capturas con las fechas de emisión de las recomendaciones. Se tomaron como efectivas aquellas en que las capturas se encontraron en sitios cercanos a la recomendación y dentro de los mismos periodos de tiempo. Dicho análisis se efectuó con Quantum Gis versión 2.18 “Las Palmas”.

La identificación de áreas potenciales de captura de atún tanto en la zona costera como en la oceánica, se realizó con un análisis de agrupamiento de las capturas por medio del complemento mapa de calor, utilizando un radio de búsqueda de 20000 m. El radio especifica la distancia alrededor de un punto a la que se notará la influencia del mismo. Los mapas de calor son una representación visual de la densidad de puntos en una ubicación, permitiendo así la delimitación de puntos calientes, es decir, áreas con de mayor captura de atún. El mapa de calor fue realizado con Quantum Gis versión 2.18 “Las Palmas”.

Con los datos de las variables oceanográficas suministradas por la plataforma CATSAT para cada sitio de captura de atún, se calculó el valor promedio, desviación estándar, mínimo y máximo, tanto para la zona costera como para la oceánica. Además, debido a la ausencia de distribución normal en lo datos, se realizaron correlaciones no paramétricas con el coeficiente r-Spearman, para conocer si existe alguna relación entre el número de atunes capturados y las variables oceanográficas obtenidas de la plataforma CATSAT. Todo lo anterior fue realizado con el programa estadístico de acceso libre PAST versión 2.17 (Hammer, Harper y Ryan, 2001).

8. RESULTADOS

8.1. Características generales de pesca con greenstick

Como se muestra en el cuadro 4 se realizaron entre 17 y 165 lances por viaje para un total de 636 lances. De éstos, 526 lances fueron efectivos y 110 fueron

lances no efectivos. En total se pescó durante 80 días efectivos; mientras que el tiempo efectivo en horas fue de 261,8 horas, con la menor cantidad de horas efectivas durante el viaje 1 (16,3 h) y la mayor cantidad de horas en el viaje 2 (48,2 h) (Cuadro 4).

Cuadro 4. Características generales de las faenas de pesca de atún aleta amarilla (*T. albacares*) con greenstick dentro de la zona económica exclusiva del Océano Pacífico de Costa Rica.

| Ítem | Viaje 1 | Viaje 2 | Viaje 3 | Viaje 4 | Viaje 5 | Viaje 6 | Viaje 7 | Viaje 8 | Total |
|------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|
| Lances por viaje | 29 | 38 | 32 | 17 | 165 | 111 | 118 | 126 | 636 |
| Lances efectivos | 11 | 18 | 18 | 9 | 162 | 92 | 99 | 117 | 526 |
| Lances no efectivos | 18 | 20 | 14 | 8 | 3 | 19 | 19 | 9 | 110 |
| Tiempo efectivo de pesca (d) | 10 | 11 | 9 | 9 | 8 | 11 | 13 | 9 | 80 |
| Tiempo efectivo de pesca (h) | 16,3 | 44,2 | 35,5 | 37,6 | 48,2 | 32,6 | 29,0 | 18,6 | 261,8 |
| Cantidad de señuelos | 5 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 8 | 8 | - |

En las faenas de pesca con greenstick se encontraron tres especies de delfines asociado a los cardúmenes de atún. El mayor número de lances (399) para la captura de atún se realizó asociado al delfín *Stenella longirostris* conocido comúnmente como spinner o delfín girador, de estos un 94% fueron efectivos y solo un 6% no efectivos. El segundo delfín con el que se registró más lances (217) fue *S. attenuata* conocido como manchado, en el cual un 64% fueron lances efectivos y un 35% lances no efectivos. En el caso del delfín *Delphinus delphis* conocido como común o panza blanca la cantidad de lances (21) realizados fue la menor. Durante la investigación solo se realizó un lance no asociado a delfines y resultó no efectivo (Figura 3).

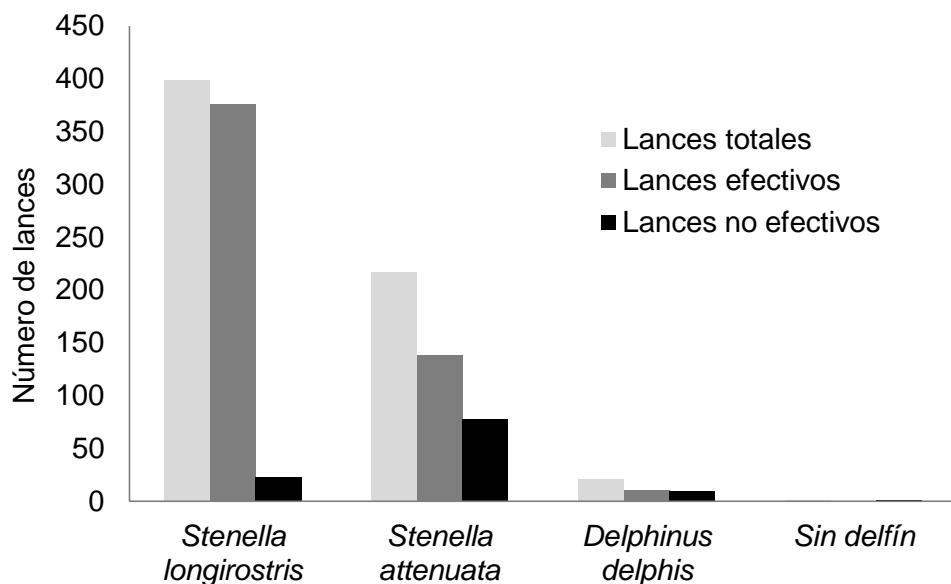


Figura 3. Efectividad de los lances realizados en los ocho viajes de pesca de atún aleta amarilla con greenstick dependiendo de la especie de delfín asociada.

Al analizar las capturas según la posición del señuelo en el greenstick, se encontró la mayor cantidad capturas en la posición 1, seguida de la posición 6 y 7. Por su parte, en la posición 1 se registró el menor número de capturas (Figura 4).

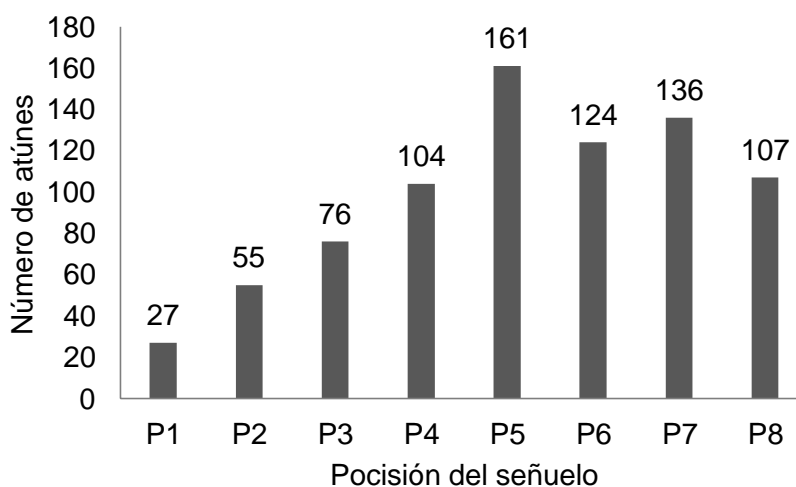


Figura 4. Total de atunes aleta amarilla capturados, según la posición del señuelo, durante la investigación realizada con greenstick en el Pacífico de Costa Rica.

8.2. Relación longitud furcal-peso eviscerado sin cabeza

La relación longitud furcal-peso eviscerado sin cabeza para el atún aleta amarilla en el área de estudio quedó descrita por la función $P = 0,00001 \cdot LF^{3,0652}$ (Figura 5).

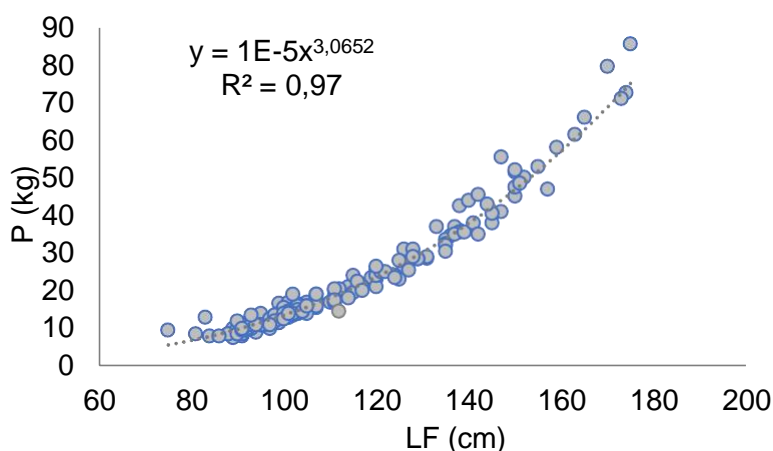


Figura 5. Relación entre la longitud furcal (LF) y el peso eviscerado sin cabeza (P) para los atunes aleta amarilla capturados con greenstick en el pacífico de Costa Rica.

8.3. Análisis general de las capturas y descargas de atún

Durante la investigación se capturaron un total de 819 individuos con greenstick; un 98.7% correspondieron al atún aleta amarilla, mientras que el dorado, marlín blanco, tortuga lora y piquero pardo resultaron en porcentajes por debajo del 0,6% (Cuadro 5).

Cuadro 5. Porcentaje de la captura total (número de individuos) de las especies capturadas con greenstick en el Pacífico de Costa Rica.

| Nombre común | Especie | Porcentaje de captura total |
|--------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| Atún aleta amarilla | <i>Thunnus albacares</i> | 98,7 |
| Dorado | <i>Coryphaena hippurus</i> | 0,6 |
| Marlín blanco o aguja azul | <i>Makaira nigricans</i> | 0,24 |
| Tortuga lora | <i>Lepidochelys olivacea</i> | 0,24 |
| Piquero pardo o alcatraz pardo | <i>Sula leucogaster</i> | 0,24 |

En total se capturaron 808 atunes aleta amarilla con un peso total estimado de 7912,5 kg. La menor cantidad de atunes se atraparon durante el viaje 4 (11) y la mayor en el viaje 5 (271 atunes). Por su parte, el total de los atunes desembarcados fueron 317, representando un peso de 5351 kg. La mayor descarga de atún, en términos de peso, se presentó en el viaje 7 (1397,5 kg) y la menor en el viaje 3 (79 kg) (Cuadro 6).

Cuadro 6. Total de individuos y peso total de atún aleta amarilla capturado y descargado durante los ocho viajes de pesca con greenstick en el océano Pacífico de Costa Rica.

| Ítem | Viaje 1 | Viaje 2 | Viaje 3 | Viaje 4 | Viaje 5 | Viaje 6 | Viaje 7 | Viaje 8 | Total |
|---------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
| Número de atunes capturados | 12 | 17 | 21 | 11 | 271 | 149 | 150 | 177 | 808 |
| Número de atunes desembarcados | 10 | 12 | 6 | 7 | 37 | 74 | 65 | 105 | 316 |
| Peso estimado del atún capturado (kg) | 378,8 | 433,8 | 156,4 | 354,0 | 2115,9 | 1392,1 | 1819,8 | 1261,6 | 7912,5 |
| Peso total del atún desembarcado (kg) | 366,5 | 416 | 79 | 302 | 723 | 1066,5 | 1397,5 | 1001 | 5351 |

Los atunes capturados presentaron longitudes furcales entre los 50 y 175 cm, con un promedio de $84,1 \pm 22,8$ cm; mientras que los atunes descargados midieron entre 75 y 175, con valor medio de $110,7 \pm 20,8$ cm. El intervalo de tallas donde se encontró la mayor frecuencia de los atunes capturados estuvo dado por dos rangos, uno por encima de los 55 cm hasta los 105 cm y el otro por encima de los 90 cm hasta los 100 cm; mientras que la frecuencia más alta para los atunes descargados se encontró por encima de los 90 y los 105 cm, y otro pequeño grupo por encima de los 110 cm y los 120 (Figura 6).

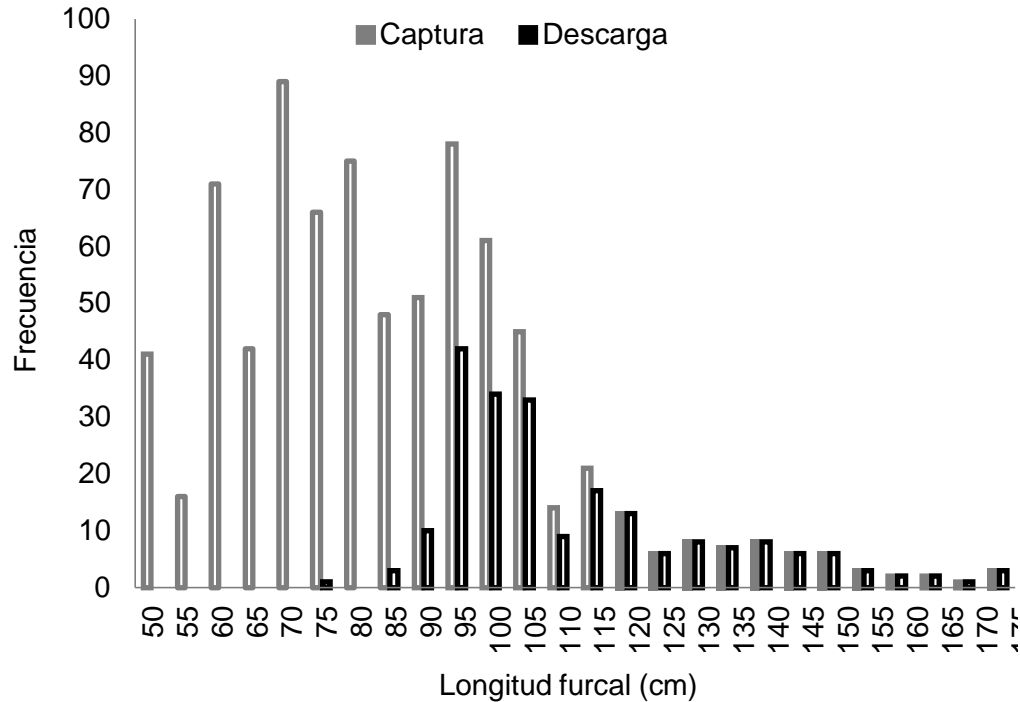


Figura 6. Distribución de frecuencia de tallas para el total de atunes aleta amarilla capturados y el total de atunes descargados con greenstick en el océano Pacífico de Costa Rica.

En los viajes 1, 2 y 4 se capturaron los atunes con mayor longitud furcal media, con valores entre los 125 y 135 cm; mientras que en los viajes 3, 5, 6, 7 y 8 los valores fueron más bajos, en un rango entre los 79 y 88 cm (Figura 7). Un 91% de los atunes capturados estuvieron por encima de la talla legal de primera captura (TLPC) (60 cm) y el 9% restante se encontró por debajo de la TLPC.

La longitud furcal media más elevada de los atunes descargados fue registrada durante los viajes 1, 2 y 4, llegando a valores de 136,1, 131,8 y 144, 6 cm, respectivamente; mientras que los valores más bajos se encontraron en los viajes 3, 5, 6 y 7, con valores entre 98,5 y 112 cm (Figura 8). Del total de atunes descargados, el 100% presentaron tallas por encima de la TLPC.

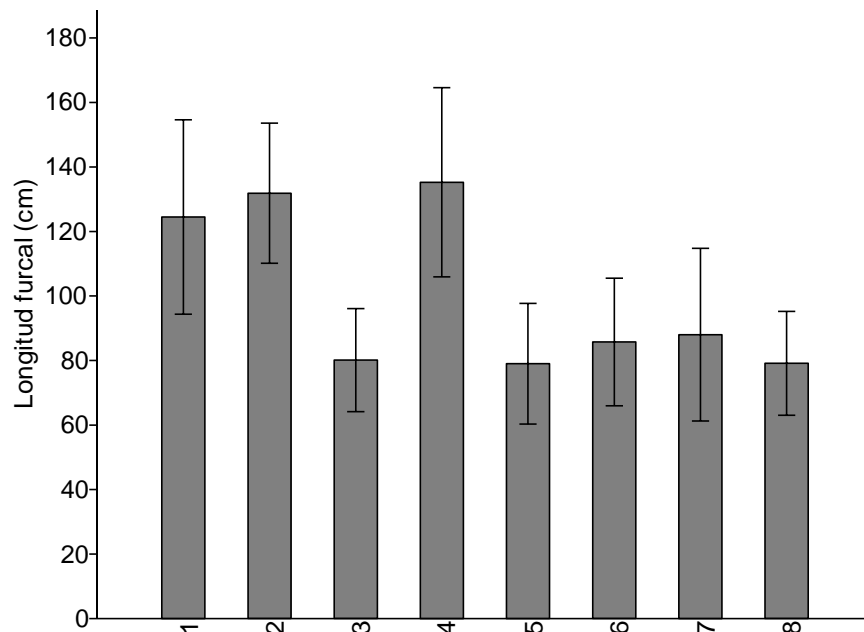


Figura 7. Longitud furcal media (cm) y desviación estándar del atún aleta amarilla capturado en los viajes de pesca con greenstick en el océano Pacífico de Costa Rica.

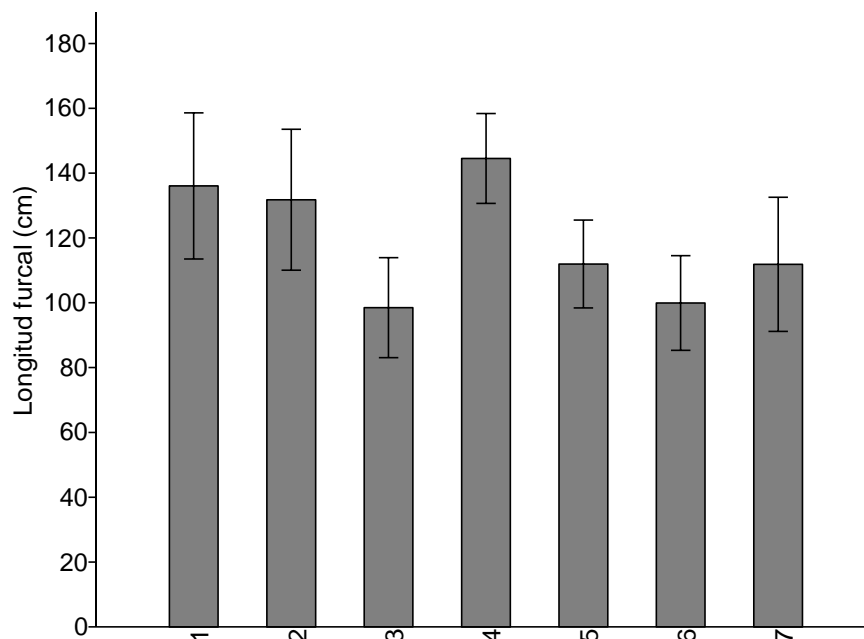


Figura 8. Longitud furcal media (cm) y desviación estándar del atún aleta amarilla descargado en los viajes de pesca con greenstick en el océano Pacífico de Costa Rica.

Los pesos eviscerados sin cabeza del total de atunes capturado variaron entre los 1,6 y 85,5 kg, con un promedio de $10 \pm 10,2$ kg; mientras que los atunes

descargados mostraron pesos por encima de los 7 hasta los 87 kg, con un promedio de $20,6 \pm 14,1$ kg. La mayoría de los atunes capturados se agruparon por encima de los 2 kg hasta los 17 kg; mientras que los atunes descargados por encima de los 7 hasta los 17 kg (Figura 9).

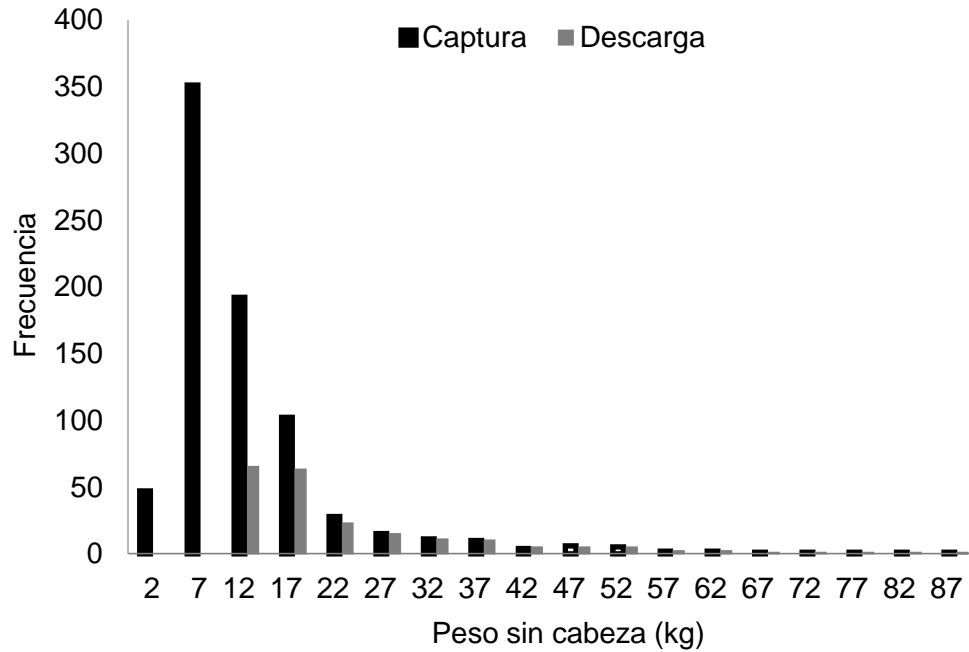


Figura 9. Distribución de frecuencia de los pesos eviscerados sin cabeza para el total de atunes aleta amarilla capturados y el total de atunes descargados con greenstick en el océano Pacífico de Costa Rica.

Los pesos promedio más altos, de las capturas de atunes eviscerados sin cabeza, fueron registrados en los viajes 1, 2 y 4, con valores por encima de los 31 kg; mientras que los más bajos se encontraron en los viajes 3, 5 y 8, encontrándose por debajo de los 8 kg (Figura 10). Por su parte, los atunes descargados presentaron pesos promedio sin cabeza más altos en los viajes 1, 2 y 4, con valores superiores a los 34,6 kg; mientras que los menores se registraron en los viajes 3 y 6, con valores inferiores a los 14,4 kg (Figura 11).

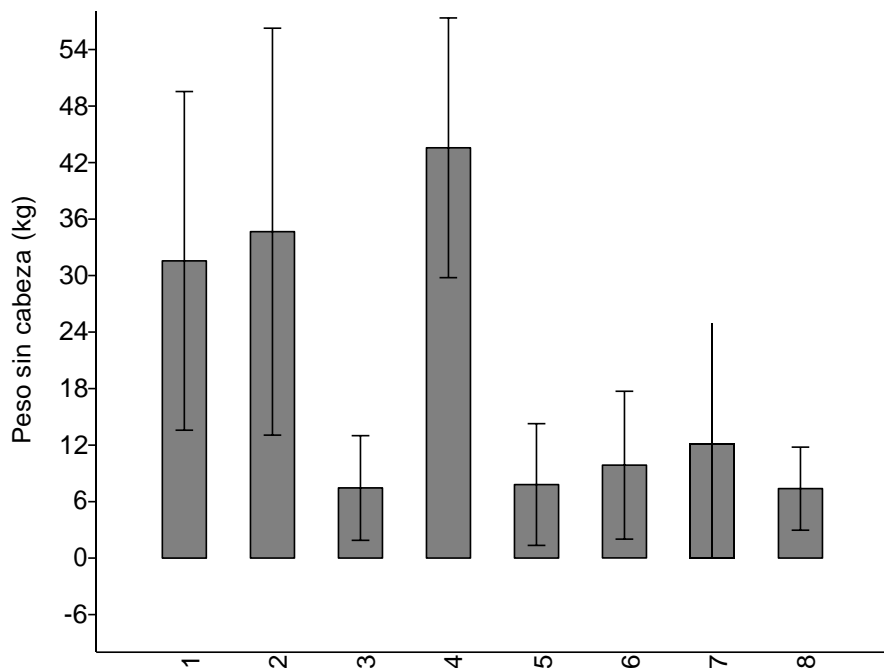


Figura 10. Peso eviscerado sin cabeza promedio (kg) y desviación estándar del atún aleta amarilla capturado en los viajes de pesca con greenstick en el océano Pacífico de Costa Rica.

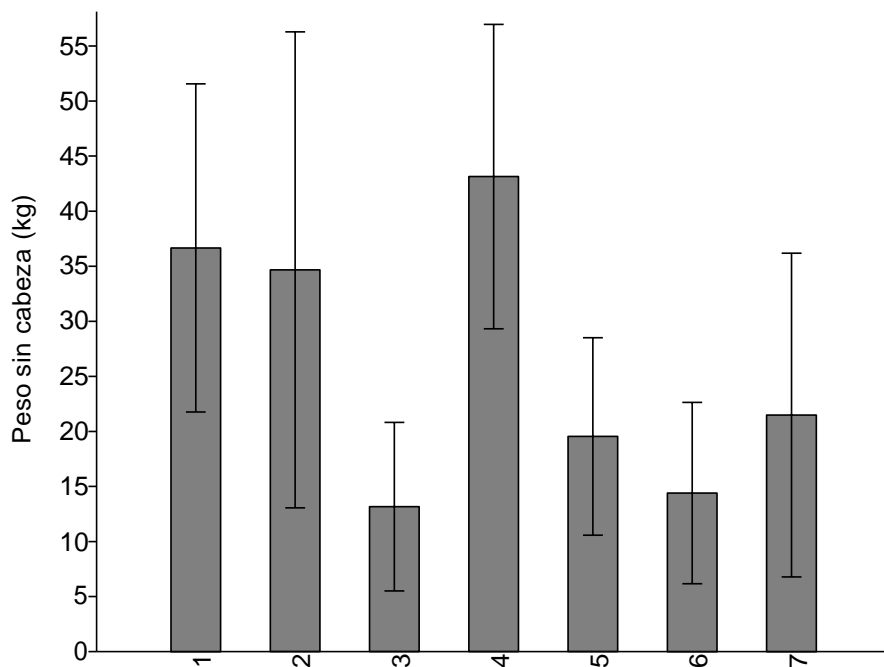


Figura 11. Peso eviscerado sin cabeza promedio (kg) y desviación estándar del atún aleta amarilla descargado en los viajes de pesca con greenstick en el océano Pacífico de Costa Rica.

8.4. Captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de atún con greenstick

La eficiencia de la pesca de atunes aleta amarilla, dada en términos de CPUE (número de atunes capturados por día efectivo de pesca), varió entre 34 atunes/d en el viaje 5, hasta 1 atún/d en el viaje 1 y 4. Por su parte, la CPUE (kilogramos de atún por día efectivo) fluctuó entre 264,5 kg/d en el viaje 5 y 17,4 kg/d en el viaje 3 (Figura 12).

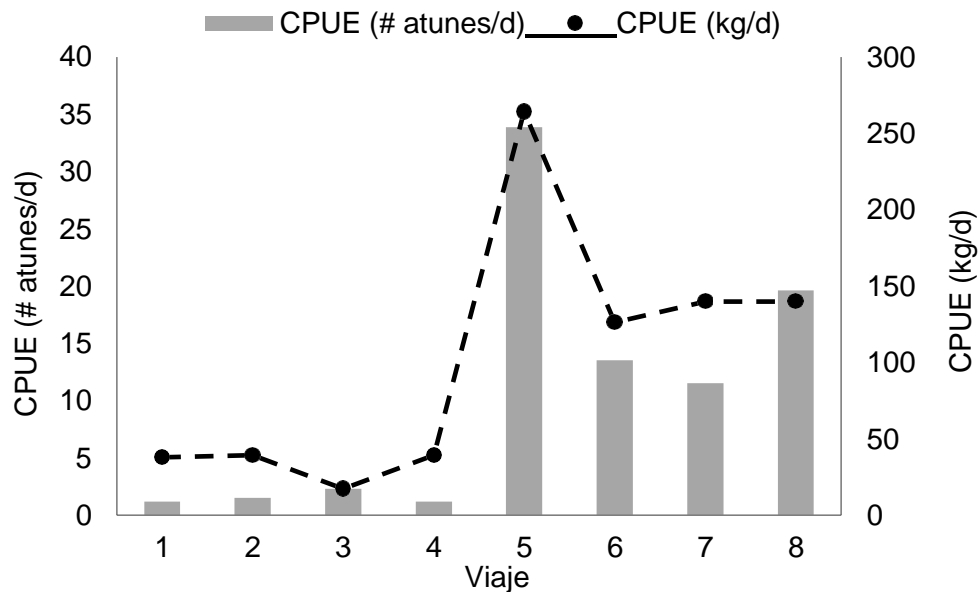


Figura 12. Captura por unidad de esfuerzo (CPUE), expresada como el número de individuos capturados por día efectivo de pesca (barras) y kilogramos capturados de atún por día efectivo de pesca (línea discontinua), para el atún aleta amarilla durante los ocho viajes de pesca en el océano Pacífico de Costa Rica.

La CPUE (número de atunes capturados por hora efectiva) fue menor en los viajes 1, 2, 3 y 4, presentado valores menores de 1 atún/h; mientras que del viaje 5 al 8 el valor se encontró por encima de 4. Por otro lado, la CPUE (kilogramos de atún por hora efectiva) varió entre 68 kg/h en el viaje 8 y 4,4 kg/h en el viaje 3 (Figura 13).

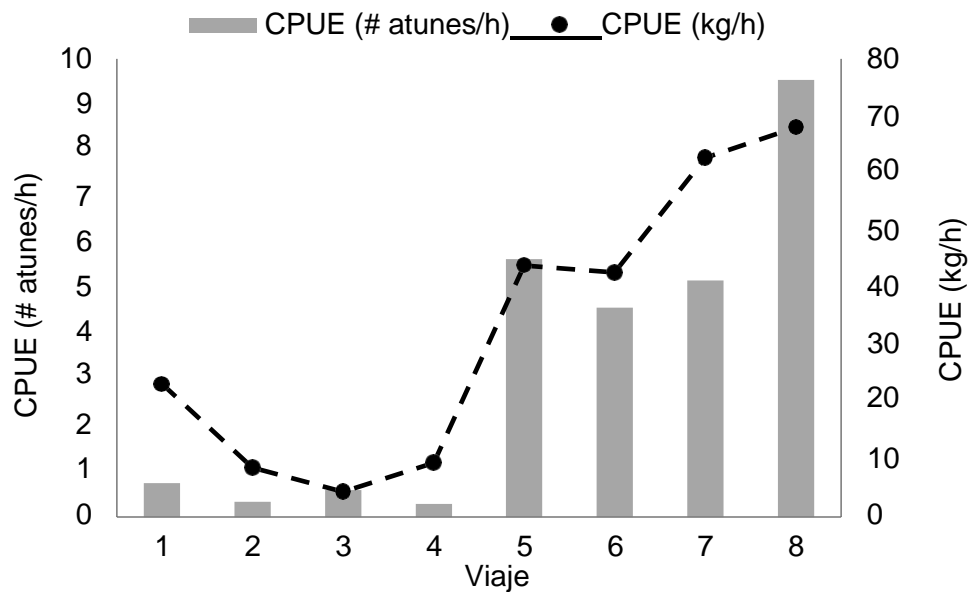


Figura 13. Captura por unidad de esfuerzo (CPUE), expresada como el número de individuos capturados por hora efectiva de pesca (barras) y kilogramos capturados de atún por hora efectiva de pesca (línea discontinua), para el atún aleta amarilla durante los ocho viajes de pesca en el océano Pacífico de Costa Rica.

La CPUE (cantidad de atunes descargados por día efectivo) de pesca varió entre 0,7 atún/d en el viaje 3 y 11,8 atunes/d en el viaje 8. Por otro lado, la CPUE (kilogramos de atún descargado por día efectivo) fluctuó entre 8,8 kg/d en el viaje 3 y 111,2 kg/d en el viaje 8 (Figura 14). En cuanto a la CPUE (número de atunes descargados por hora efectiva) se encontró el valor más bajo en el viaje 3 con 0,2 atunes/h y el más alto en el viaje 8 con 5,7 atunes/h; mientras que los kilogramos variaron entre 2,2 kg/h en el viaje 3 y 54 kg/h durante el viaje 8 (Figura 15).

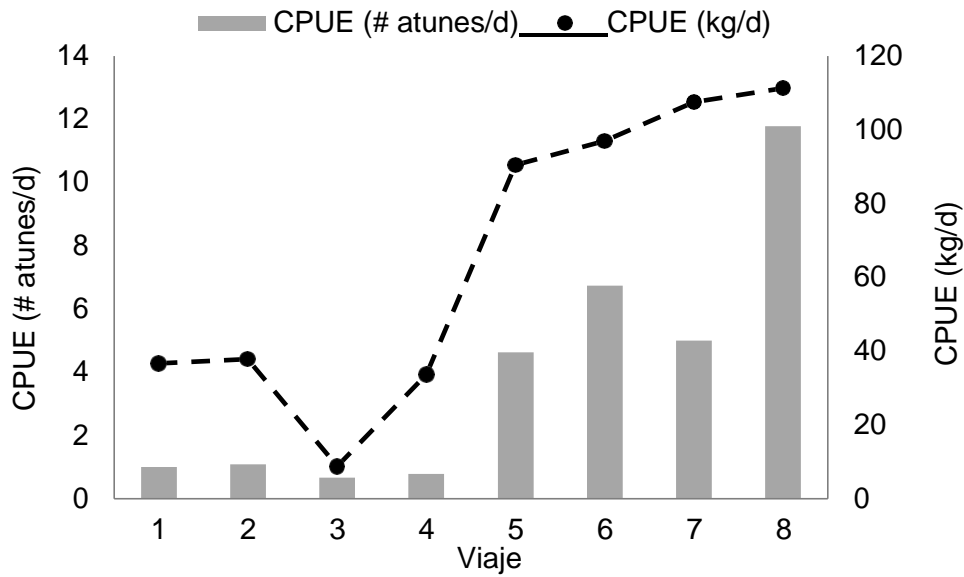


Figura 14. Captura por unidad de esfuerzo (CPUE), expresada como el número de individuos descargados por día efectivo de pesca (barras) y kilogramos descargados de atún por día efectivo de pesca (línea discontinua), para el atún aleta amarilla durante los ochos viajes de pesca en el océano Pacífico de Costa Rica.

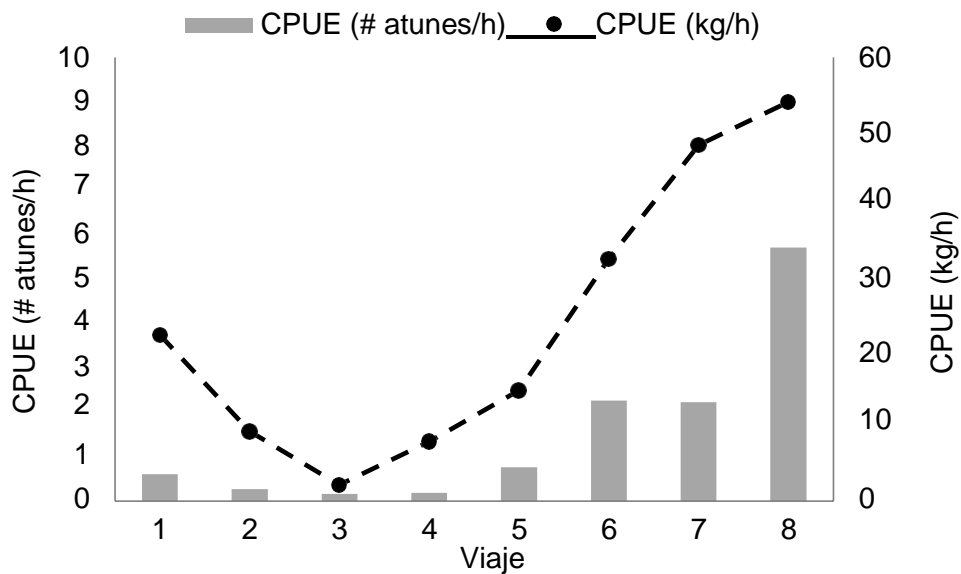


Figura 15. Captura por unidad de esfuerzo (CPUE), expresada como el número de individuos descargados por hora efectiva de pesca (barras) y kilogramos descargados de atún por hora efectiva de pesca (línea discontinua), para el atún aleta amarilla durante los ochos viajes de pesca en el océano Pacífico de Costa Rica.

8.5. Calidad del atún desembarcado

La clasificación comercial del atún presentó 13 categorías a lo largo de toda la investigación. En general, las descargas de atunes clasificadas, por su calidad, como “primera” dominaron en los viajes 2, 5, 6 y 7, destacando el viaje 7 con 851 kg de peso total. El rango de precios de este atún varió entre 1400 y 4000 colones durante toda la investigación. En el caso del atún comercializado como “lomo”, fue mayor en los viajes de pesca 1 y 4, con pesos totales de 234 kg y 156 kg; mientras que sus precios se encontraron entre los 1400 y 2000 colones. Finalmente, la categoría “nacional” fue más alta en el viaje 8 donde se descargaron 550 kg y los precios oscilaron entre 800 y 1600 (Cuadro 7).

Cuadro 7. Descarga total y precio de compra del atún desembarcado con greenstick, según clasificación comercial, por viaje de pesca en el Pacífico de Costa Rica.

| Clasificación comercial | Viaje | | | | | | | |
|-------------------------|---------------|---------------------|---------------|---------------------|---------------|---------------------|---------------|---------------------|
| | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | |
| | Descarga (kg) | Precio/kg (colones) | Descarga (kg) | Precio/kg (colones) | Descarga (kg) | Precio/kg (colones) | Descarga (kg) | Precio/kg (colones) |
| Primera 10-20 kg | | | | | | | | |
| Primera 14-20 kg | 16,7 | 2000 | 34,0 | 2200 | 23,5 | 2200 | | |
| Primera 20-30 kg | 28,6 | 2500 | 177,0 | 2900 | | | | |
| Primera ≥ 30 kg | 87,4 | 3700 | 205,0 | 4000 | | | 35,5 | 2900 |
| Lomo 10-20 kg | 10,4 | 1800 | | | | | | |
| Lomo 20-30 kg | | | | | 28,5 | 2000 | | |
| Lomo ≥ 30 kg | 223,5 | 1800 | | | | | 156,0 | 1600 |
| Nacional 5-10 kg | | | | | | | | |
| Nacional < 10kg | | | | | | | | |
| Nacional < 14kg | | | | | 27,0 | 1500 | | |
| Nacional 10-20 kg | | | | | | | | |
| Nacional 20-30 kg | | | | | | | | |
| Nacional ≥ 30 kg | | | | | | | 110,5 | 1600 |

Cuadro 7. Continuación

| Clasificación comercial | 5 | | 6 | | 7 | | 8 | |
|-------------------------|---------------|---------------------|---------------|---------------------|---------------|---------------------|---------------|---------------------|
| | Descarga (kg) | Precio/kg (colones) | Descarga (kg) | Precio/kg (colones) | Descarga (kg) | Precio/kg (colones) | Descarga (kg) | Precio/kg (colones) |
| Primera 10-20 kg | 293,5 | 1500 | 391,5 | 1500 | 434,5 | 1400 | 193,0 | 2000 |
| Primera 14-20 kg | | | | | | | | |
| Primera 20-30 kg | 28,5 | 1800 | 70,0 | 1800 | 168,5 | 1800 | 49,0 | 2200 |
| Primera ≥ 30 kg | 97,0 | 2000 | 189,5 | 2000 | 247,5 | 2000 | | |
| Lomo 10-20 kg | 52,0 | 1500 | 19,5 | 1500 | | | 209,0 | 1400 |
| Lomo 20-30 kg | 130,5 | 1500 | | | 47,5 | 1500 | | |
| Lomo ≥ 30 kg | | | 70,5 | 1500 | 275,5 | 1500 | | |
| Nacional 5-10 kg | | | 24,5 | 800 | | | 514,5 | 1000 |
| Nacional < 10kg | | | 78,5 | 1000 | 9,5 | 1100 | | |
| Nacional < 14kg | | | | | | | | |
| Nacional 10-20 kg | 31,5 | 1000 | 222,5 | 1000 | 140,0 | 1100 | 35,5 | 1000 |
| Nacional 20-30 kg | 90,2 | 1000 | | | 23,0 | 1100 | | |
| Nacional ≥ 30 kg | | | | | 51,5 | 1100 | | |

Los atunes agrupados dentro de la categoría comercial “primera” presentaron longitudes entre los 89-175 cm, con un peso promedio 19,9 kg. Dentro de la categoría de “lomo” se descargaron atunes con tallas entre los 92-174 cm, presentando un peso medio de 26,6 kg. Finalmente, el atún nacional midió entre 75 y 150 cm, con un peso promedio de 13,4 kg (Cuadro 8).

Cuadro 8. Caracterización de la longitud furcal y peso eviscerado sin cabeza de los atunes descargados según su categoría comercial. De izquierda a derecha se presentan valores promedio, desviación estándar, mínimo y máximo. n: número de atunes analizados.

| Clasificación comercial | n | Longitud furcal (cm) | Peso eviscerado sin cabeza (kg) |
|-------------------------|-----|-----------------------|---------------------------------|
| Primera | 139 | 110,2 ± 18,5 (89-175) | 19,9 ± 13,1 (10-85,5) |
| Lomo | 46 | 120,6 ± 22,8 (92-174) | 26,6 ± 16,1 (10-72,5) |
| Nacional | 67 | 97,6 ± 14,3 (75-150) | 13,4 ± 8,0 (7-51,5) |

8.6. Pesca costera y oceánica de atún con greenstick

De los 808 atunes capturados con greenstick durante toda la investigación, un 90% fueron atrapados en zonas costeras. Esta área incluye el polígono costero que va hasta las 40 MN desde la costa y la zona de amortiguamiento de 5 MN. El restante 10% de atunes se pescó fuera de las 45 MN (Figura 16).

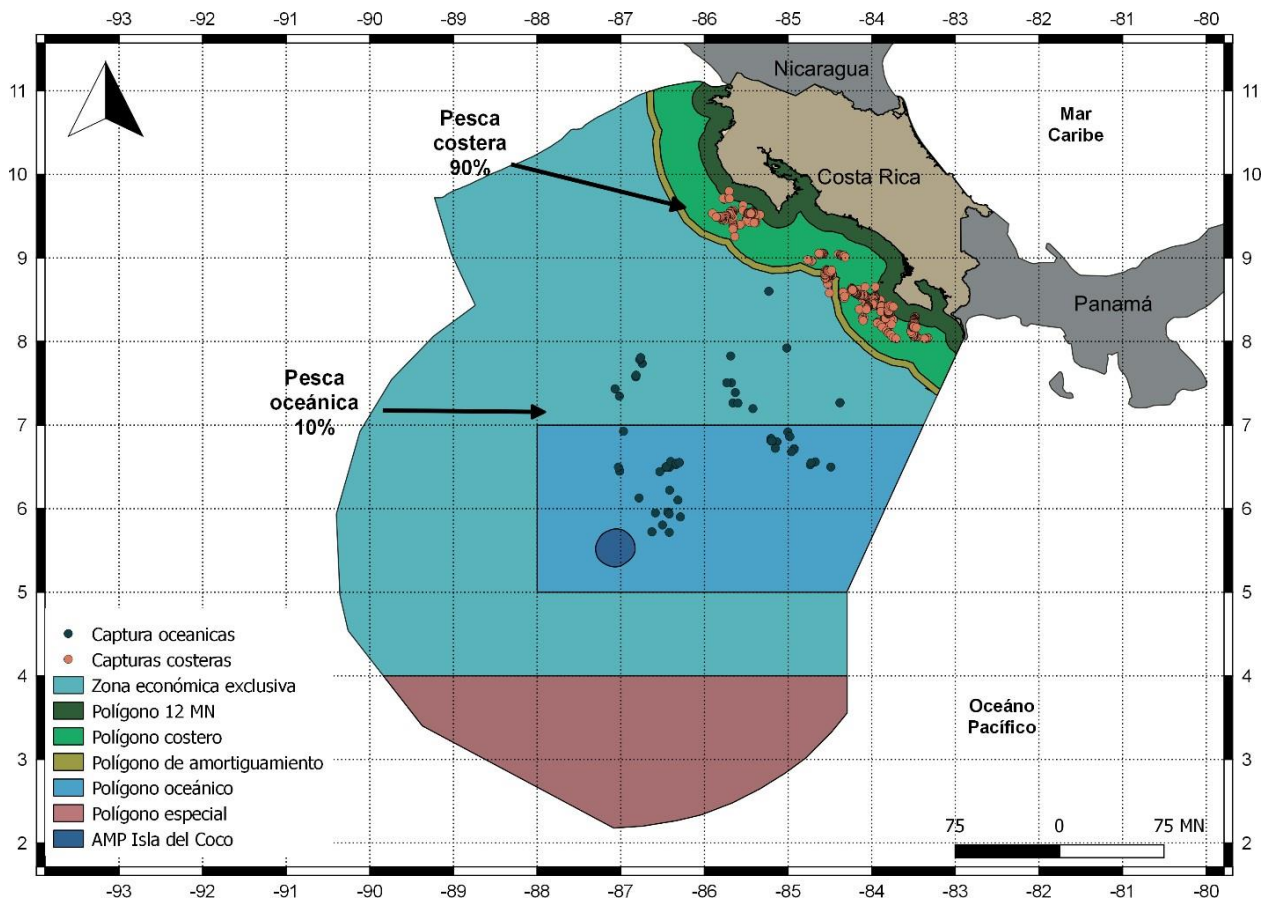


Figura 16. Ubicación espacial de las capturas de atún aleta amarilla realizadas durante los ocho viajes en el océano Pacífico de Costa Rica.

El atún costero presentó longitud furcales entre los 50 y 165 cm, con un promedio de $80,1 \pm 18$ cm; mientras que los pesos variaron entre 1,6 y 66 kg, promediando los $8 \pm 5,8$ kg. Del total de atunes costeros analizados (720) un 58% se encontraron por encima de los 75 cm, correspondiente a la longitud furcal mínima de

comercialización del presente estudio. Además, solo un 34,3% presentaron tallas por encima de los 89 cm, la cual corresponde a la talla mínima de los atunes clasificados con mejor calidad (primera).

Por su parte, en el atún oceánico las tallas variaron entre los 50 y 175 cm, promediando los $121,1 \pm 29,6$ cm; mientras los pesos se encontraron en un rango entre 1,6 y 85,5 kg, con un valor medio de $29,7 \pm 19,4$ kg. De los 74 atunes incluidos en el análisis, se documentó que más del 89% presentaron longitudes por encima de la longitud comercial mínima y longitud mínima del atún con mayor calidad, 75 y 89 cm respectivamente.

Asociado al delfín *S. longirostris* (spinner o girador) se capturó la mayor cantidad de atún costero, aproximadamente 4733 kg. Por otro lado, asociado a la especie *S. attenuata* (delfín manchado) se atraparon 2047,6 kg, representando la mayor parte del atún oceánico (Figura 17). Finalmente, con *Delphinus delphis* se hicieron las menores capturas, únicamente en zonas oceánicas.

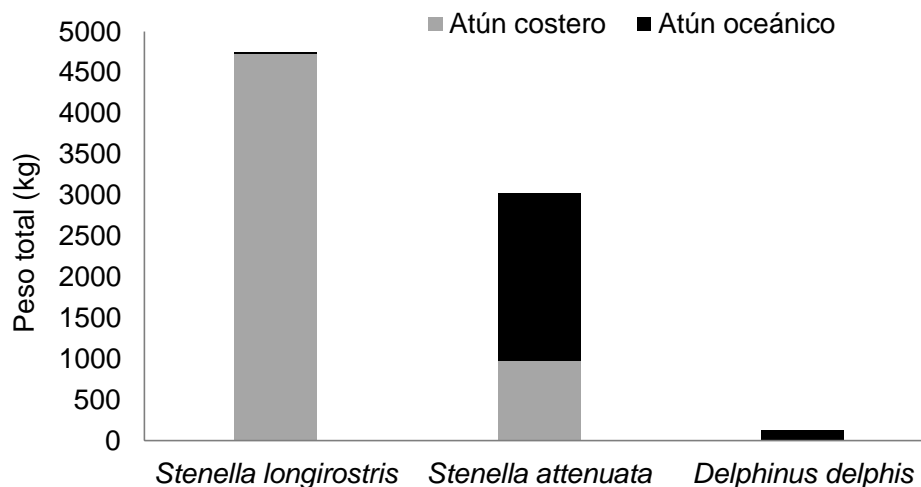


Figura 17. Captura total (kg) estimada de atún aleta amarilla costero y oceánico dependiendo de la especie de delfín asociada.

8.7. Eficiencia de las recomendaciones de pesca y radar de navegación banda S.

El radar de navegación banda s, utilizado para localizar parvadas (agrupaciones de aves) que pudieran estar asociadas a grupos de delfines y a cardúmenes de

atún, fue fundamental en esta investigación, ya que permitió localizar las parvadas y consiguiente captura de la mayoría de atunes.

Durante el primer viaje se contó con 10 zonas recomendadas para pescar dentro de la ZEE del Pacífico costarricense. El primer bloque (I) se localizó en zonas oceánicas y fueron coincidentes con capturas de atunes muy cerca de los 6° y 8° N y entre los 87° O. Asimismo, cerca de la costa entre los 9° y 10° N y entre los 85° y 86° O se capturaron atunes asociados al segundo bloque de recomendaciones (II). La distancia desde el punto medio de las recomendaciones efectivas a los sitios de captura varió, aproximadamente, entre 10 a 40 MN (Figura 18).

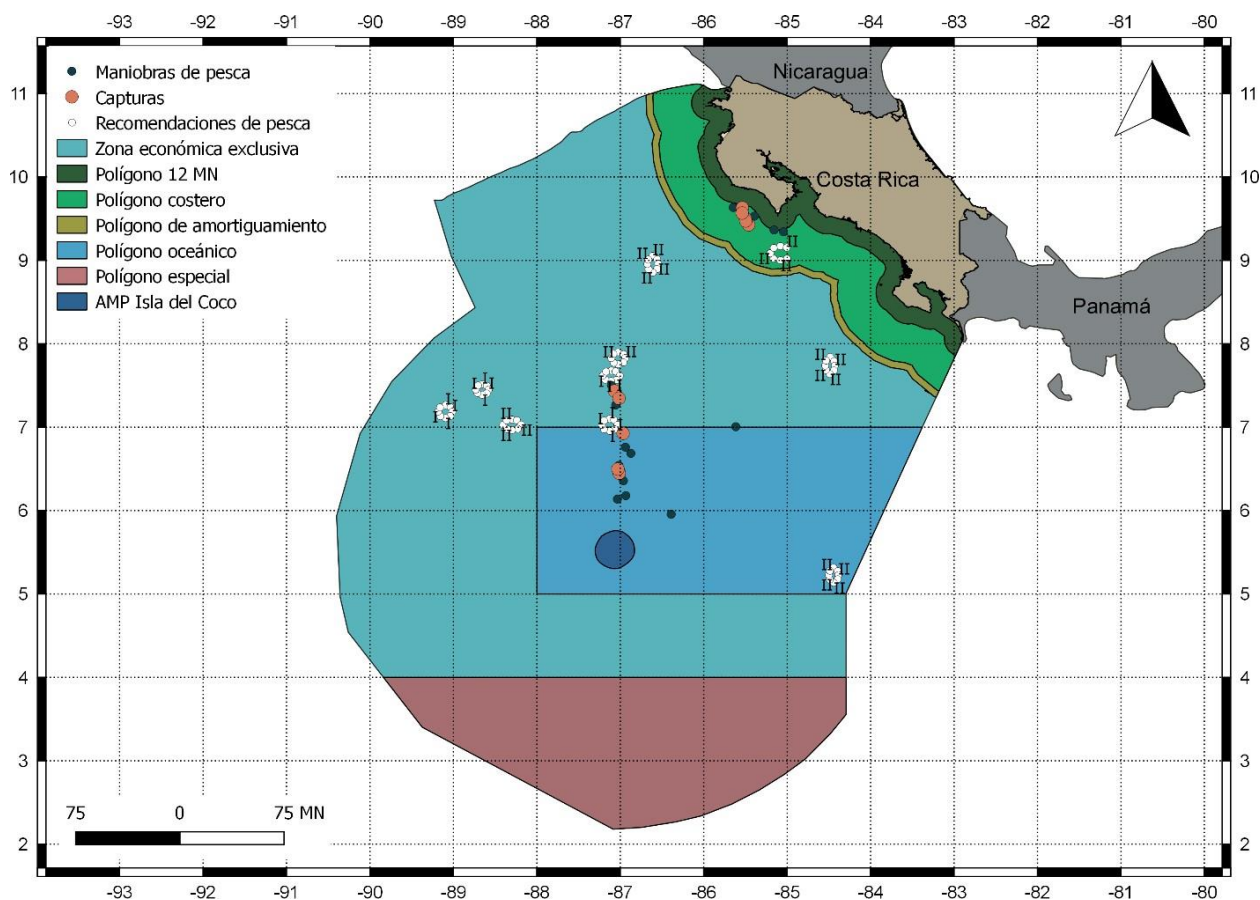


Figura 18. Eficiencia de las recomendaciones de pesca en la captura de atún aleta amarilla durante el primer viaje de pesca.

En el segundo viaje se emitieron 9 recomendaciones, todas reportadas en zonas oceánicas. Las zonas donde se realizaron las maniobras de pesca y capturas

correspondientes a la ubicación de las primeras recomendaciones (I) no mostraron coincidencia, ya que se realizaron dentro del polígono costero, a unas 80 a 260 MN de distancia. Por otro lado, si se encontró una asociación entre las zonas y fechas de las maniobras de pesca y capturas del segundo (II) y tercer (III) bloque de recomendaciones, encontrándose áreas efectivas entre los 6° y 8° N y entre los 85° y 87° O. En estos casos, la distancia desde el punto medio de las recomendaciones efectivas a los sitios de captura varió, aproximadamente, entre 10 a 45 MN (Figura19).

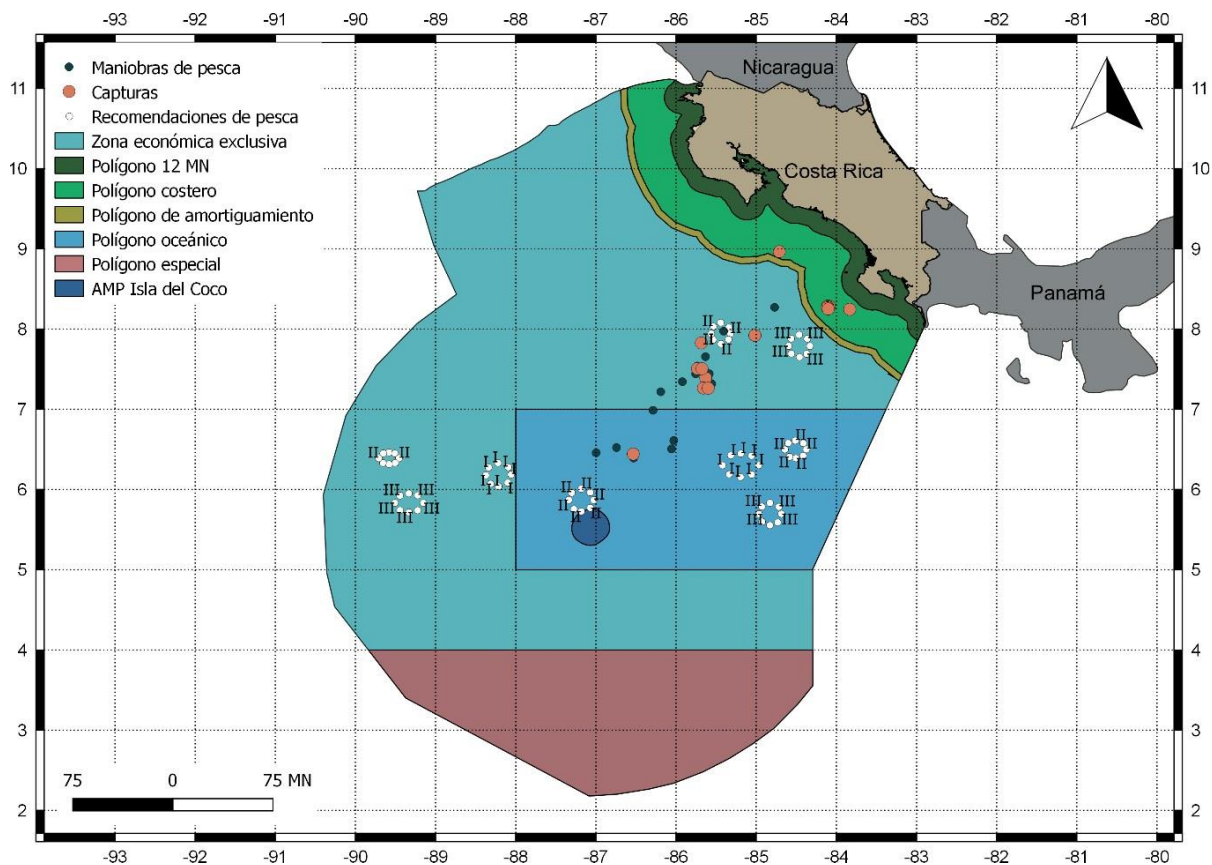


Figura 19. Eficiencia de las recomendaciones de pesca en la captura de atún aleta amarilla durante el segundo viaje de pesca.

Para el tercer viaje de pesca se presentó un problema en la plataforma de CATSAT, con lo cual no se pudieron obtener recomendaciones de pesca sino hasta el último día, momento en el que ya no era factible trabajar con ellas, estas se presentan con el símbolo de I. Durante este viaje, se realizaron faenas en zonas

oceánicas sin ningún resultado positivo, pero si se lograron capturar algunos atunes dentro del polígono costero (Figura 20).

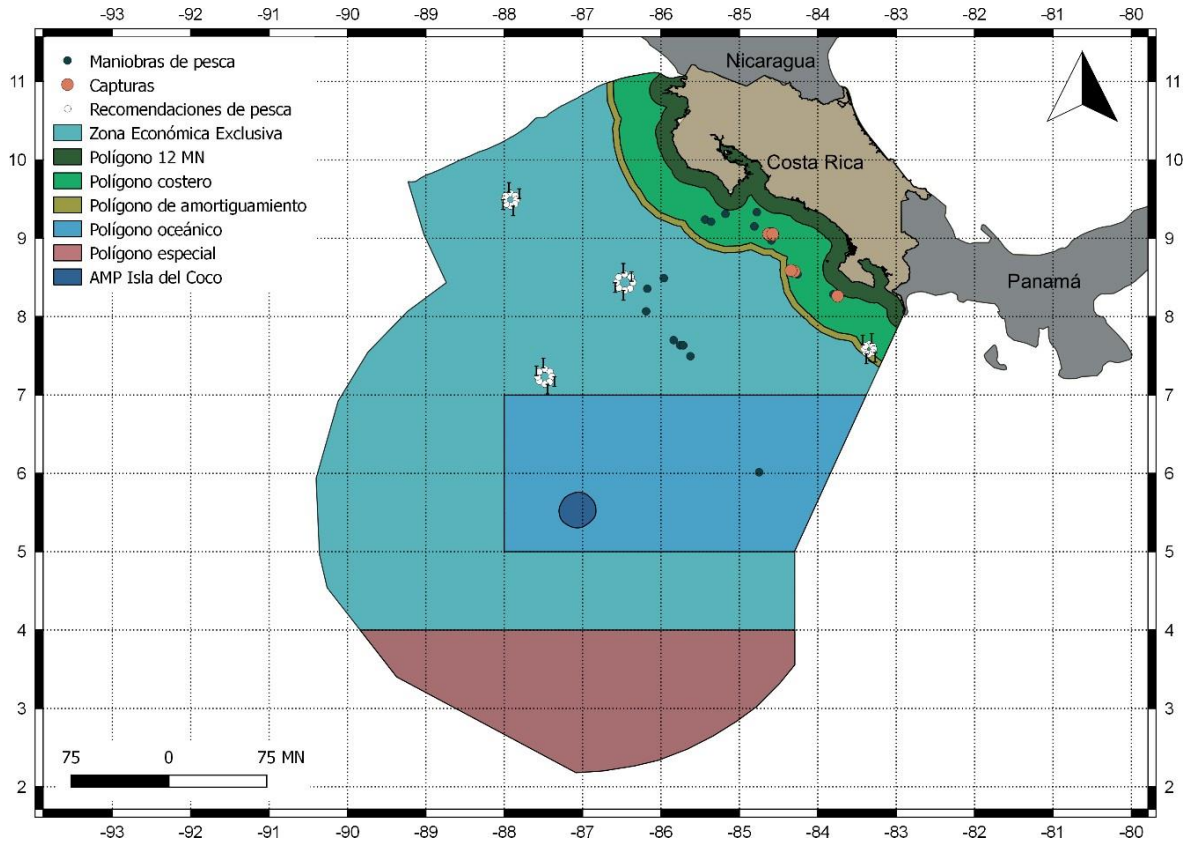


Figura 20. Eficiencia de las recomendaciones de pesca en la captura de atún aleta amarilla durante el tercer viaje de pesca.

En el cuarto viaje de pesca se emitieron cuatro zonas con recomendaciones, todas ubicadas fuera del polígono costero y de amortiguamiento. Las zonas de pesca correspondiente a la primera recomendación (I) no coincidió con ninguna captura en tiempo y espacio. En el caso del segundo bloque de recomendaciones (II), las capturas se dieron en los 5° y 7° N y entre los 86° y 87° O (dentro del polígono oceánico), a distancias alejadas desde el punto medio de estas recomendaciones (70 y 130 MN). Finalmente, en la fecha en que se obtuvo la tercera recomendación (III) se aproximaba el cierre del viaje, razón por la cual no se pudo aprovechar dicho sitio y se invirtió el tiempo restante dentro del polígono costero donde se realizaron algunas capturas. No obstante, resulta muy interesante la captura de

atunes previamente, en zonas muy próximas, a la aparición de esta recomendación (Figura 21).

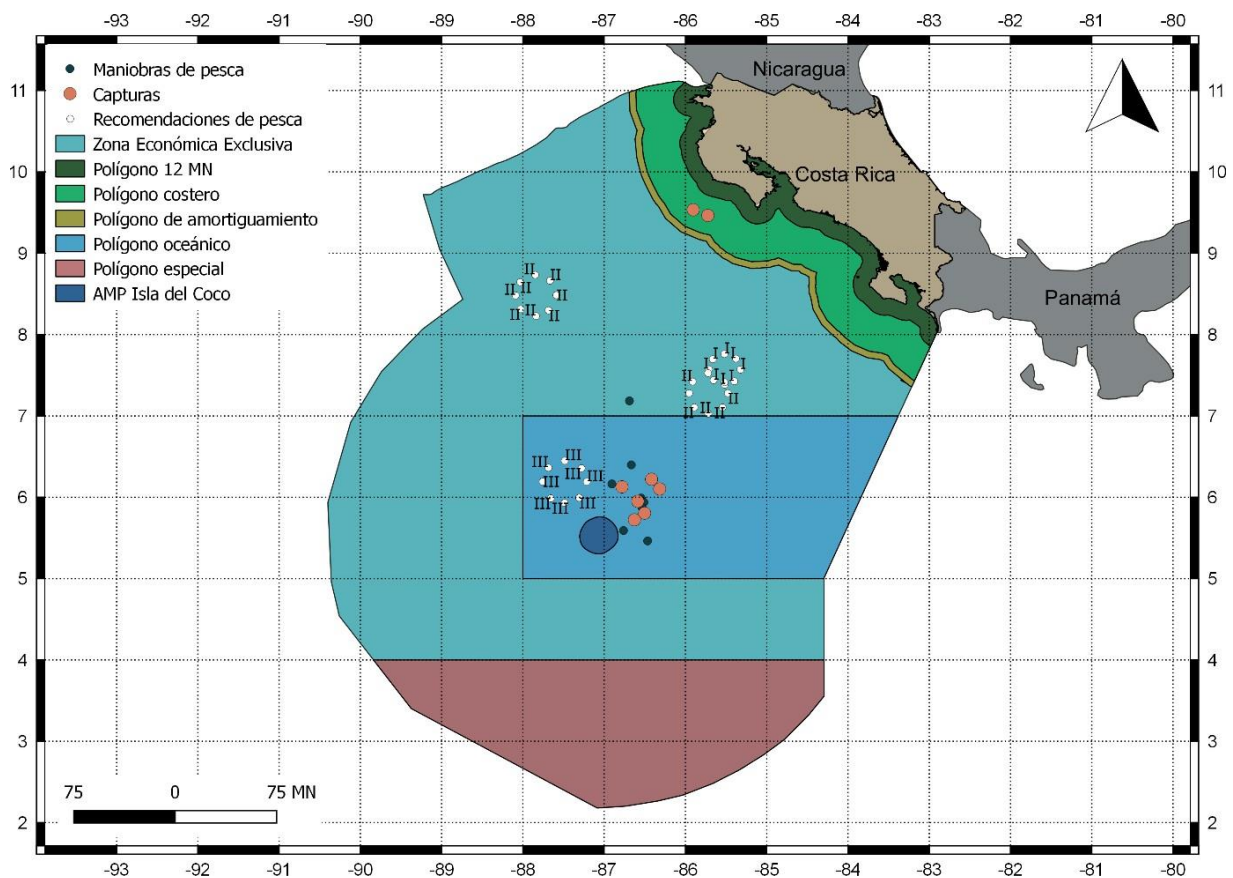


Figura 21. Eficiencia de las recomendaciones de pesca en la captura de atún aleta amarilla (*T. albacares*) durante el cuarto viaje de pesca.

Para el quinto viaje no se dispuso de información sobre zonas con recomendaciones para la pesca. La totalidad de capturas se efectuaron dentro del polígono costero, principalmente entre el cuadrante formado por los 9° y 10° N y los 85° y 86° O, y entre los 8° y 9° N y los 83° y 85° O (Figura 22).

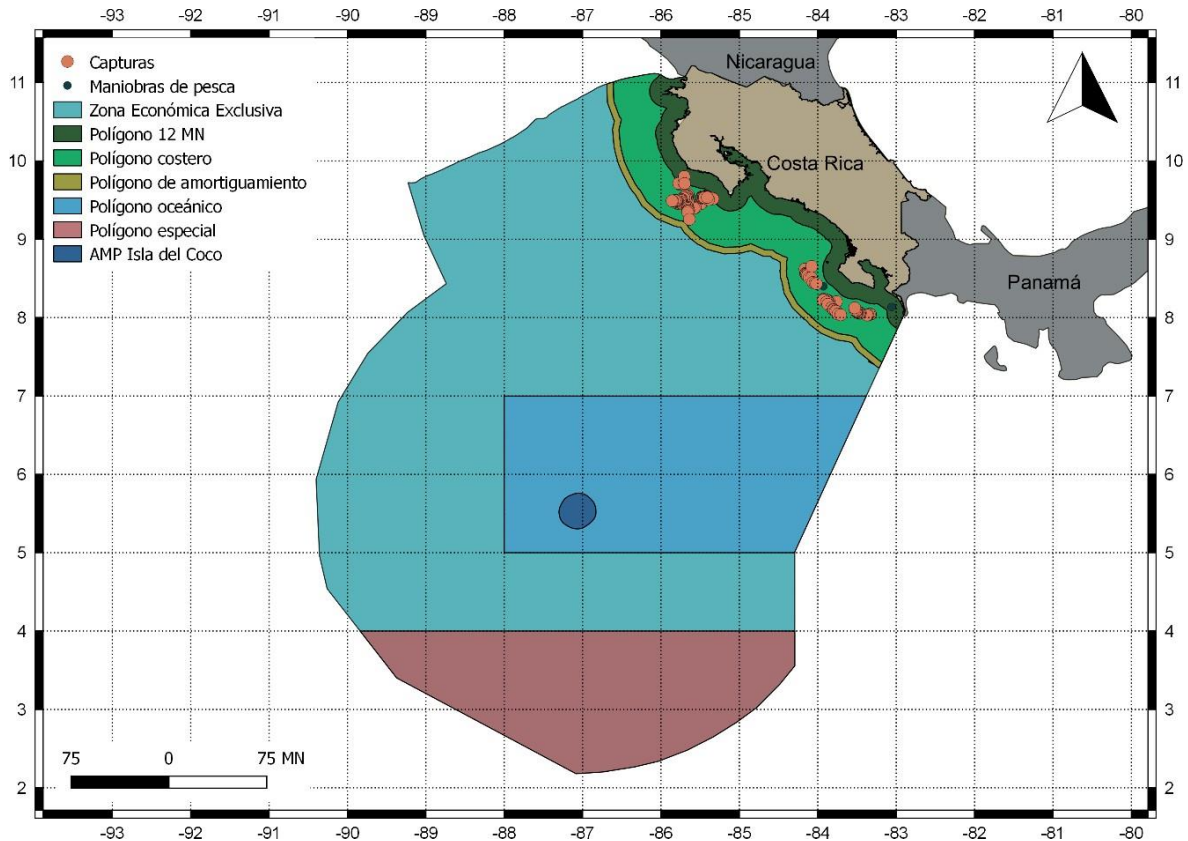


Figura 22. Eficiencia de las recomendaciones de pesca en la captura de atún aleta amarilla (*T. albacares*) durante el quinto viaje de pesca.

Durante el sexto viaje se emitieron nueve zonas con recomendaciones, todas ubicadas en zonas oceánicas. Del primero bloque de recomendaciones (I), solo se realizaron maniobras de pesca y capturas en la zona ubicada entre 9° y 10° N y los 85° y 86° O, aproximadamente a unas 86 MN de distancia. En el caso del segundo bloque de recomendaciones (II), las capturas se encontraron a 25 MN de dichas zonas, entre los 7° y 9° N y los 86° y 87° O, y entre los 6° y 8° N y los 84° y 85° O. Finalmente, para la fecha en que se obtuvo el tercer bloque (III) de recomendaciones se aproximaba el cierre del viaje, razón por la cual no se pudo aprovechar dichos sitios y se invirtió el tiempo restante dentro del polígono costero donde se realizaron gran cantidad de capturas (Figura 23).

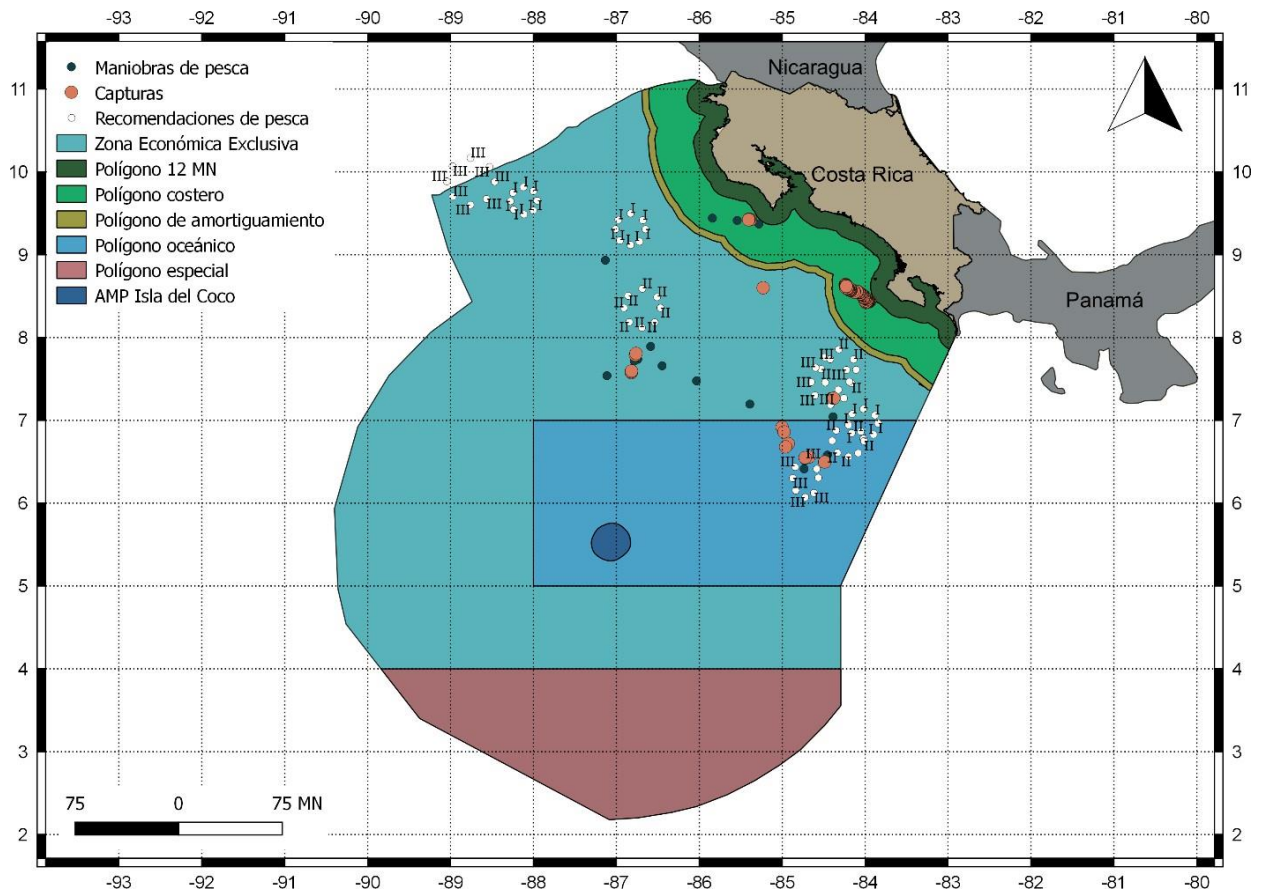


Figura 23. Eficiencia de las recomendaciones de pesca en la captura de atún aleta amarilla (*T. albacares*) durante el sexto viaje de pesca.

Para el séptimo viaje se emitieron cinco recomendaciones de pesca en zonas oceánicas. La zona remitida de la primera recomendación (I), ubicada fuera de aguas costarricenses, no coincidió con las zonas donde se realizaron las capturas para ese periodo de pesca, las cuales se realizaron en algunos sitios dentro del polígono costero y en el polígono oceánico entre los 6° y 7° N y los 85° y 86° O. Por su parte, las zonas remitidas para el segundo bloque de recomendaciones (II) y los sitios de las capturas correspondientes a este periodo de pesca se encontraron entre los 5° y 8° N y los 85° y 88° O, con distancias desde el punto medio de las recomendaciones a los sitios de captura variando, aproximadamente, entre 25 y 100 MN. Para las fechas de emisión de las recomendaciones del tercer bloque (III), el viaje se encontraba en fase de cierre por lo cual no fue factible pescar en dicha

zona, sino que el esfuerzo se centró dentro del polígono costero, logrando capturas cercanas a los 8° y 9° N y entre los 84° O (Figura 24).

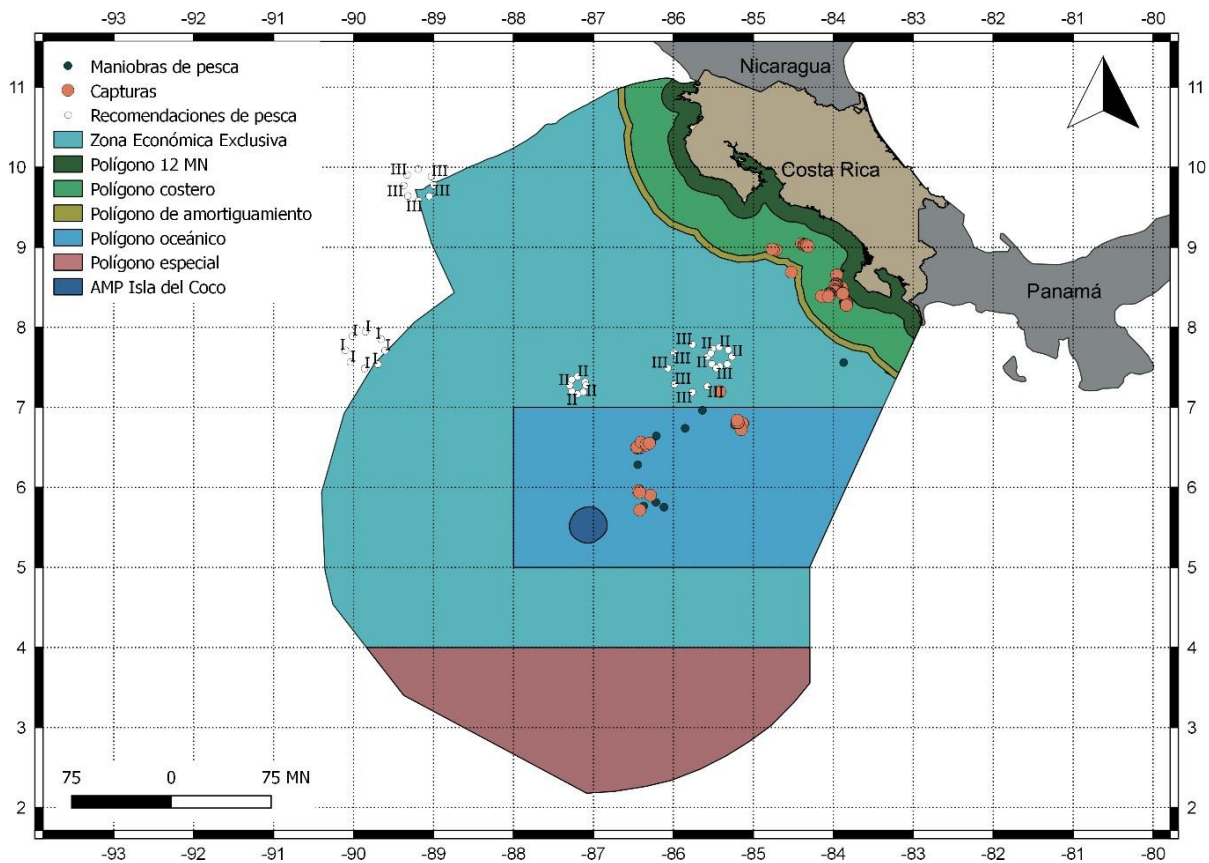


Figura 24. Eficiencia de las recomendaciones de pesca en la captura de atún aleta amarilla (*T. albacares*) durante el séptimo viaje de pesca.

En el octavo viaje se dispusieron seis recomendaciones de pesca, una de ellas dentro de zonas costeras y las restantes en zonas oceánicas. Se realizaron lances de pesca cercanos a una de las recomendaciones del primer bloque (I), ubicada cerca de los 9° y 10°N y entre los 86° O, pero no se lograron capturas. La totalidad de las capturas se realizaron dentro del polígono costero y amortiguamiento, principalmente entre el cuadrante formado por los 9° y 10° N y los 83° y 85° O. Cabe destacar que no se realizaron capturas coincidentes en fecha y zona con ninguna de las recomendaciones (Figura 25).

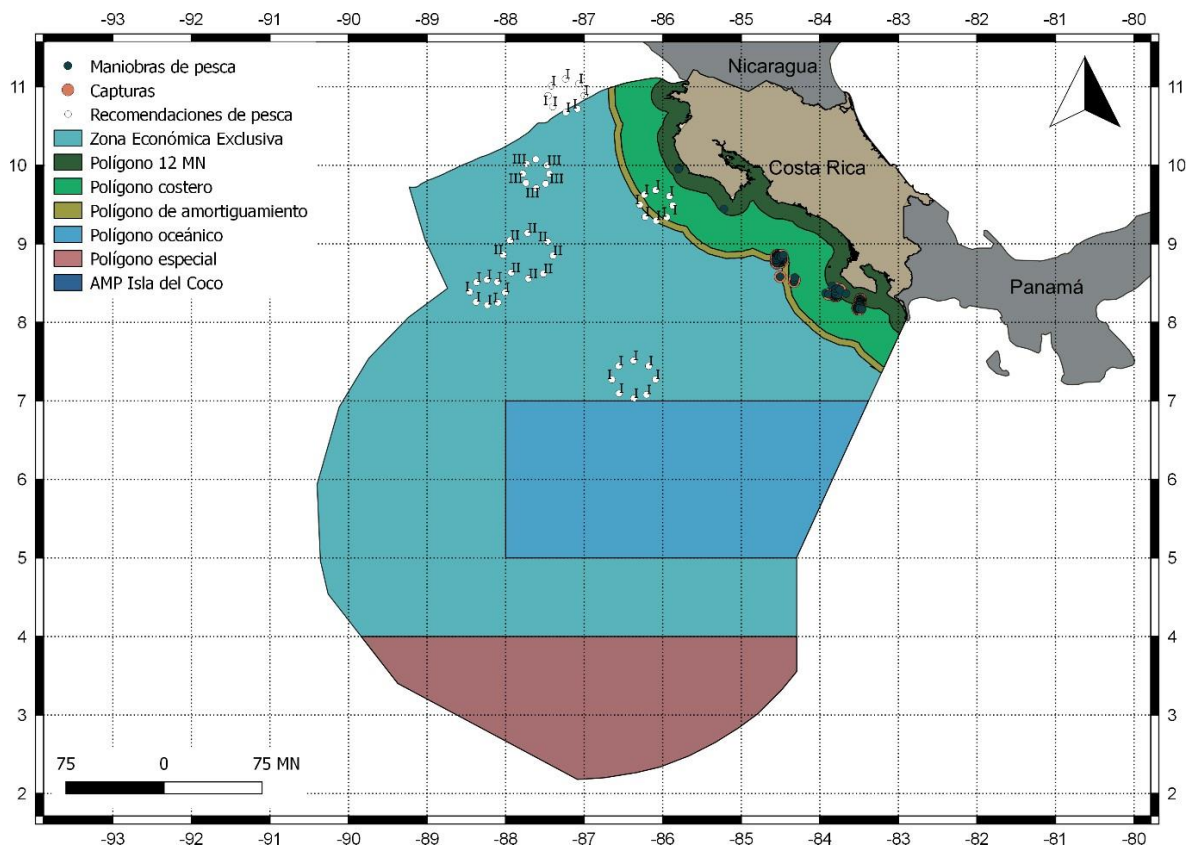


Figura 25. Eficiencia de las recomendaciones de pesca en la captura de atún aleta amarilla (*T. albacares*) durante el octavo viaje de pesca.

En resumen, durante la investigación no se logró verificar la efectividad de la totalidad (47) de las recomendaciones de pesca emitidas por la plataforma CATSAT, por las razones anotadas a lo largo de este capítulo. Del total, solo 10 lograron ser caracterizadas como efectivas y una como no efectiva (Cuadro 9).

Cuadro 9. Clasificación de las recomendaciones de pesca emitidas por la plataforma CATSAT durante la investigación en el océano Pacífico de Costa Rica.

| Viaje | Número de recomendaciones | Efectivas | No efectivas | No verificadas |
|-------|---------------------------|-----------|--------------|----------------|
| 1 | 10 | 3 | | 7 |
| 2 | 9 | 2 | | 7 |
| 3 | 4 | | | 4 |
| 4 | 4 | | | 4 |
| 5 | 0 | | | |
| 6 | 9 | 3 | | 6 |
| 7 | 5 | 2 | | 3 |
| 8 | 6 | | 1 | 5 |

8.8. Áreas potenciales para la pesca de atún

La zona costera, la cual para esta investigación integra el polígono costero y el polígono de amortiguamiento, presentó dos puntos calientes de capturas de atún o áreas potenciales para su pesca. El primero se ubica entre los 9° y 10° N y entre los 85° y 86° O, a unas 20 MN desde la costa; mientras que el segundo se localiza entre 8° y 9° N y entre los 83° y 85° O, a aproximadamente 15 MN de la Isla del Caño. De igual forma en la zona oceánica, específicamente dentro del polígono oceánico, se encontraron dos zonas potenciales para la captura de atún. Una de ellas localizada cerca de la intersección entre los 7° N y los 85° O, y la otra ubicada a unas 50 MN de la Isla del Coco entre los 6° y 7° N y entre los 86° y 87° O (Figura 26).

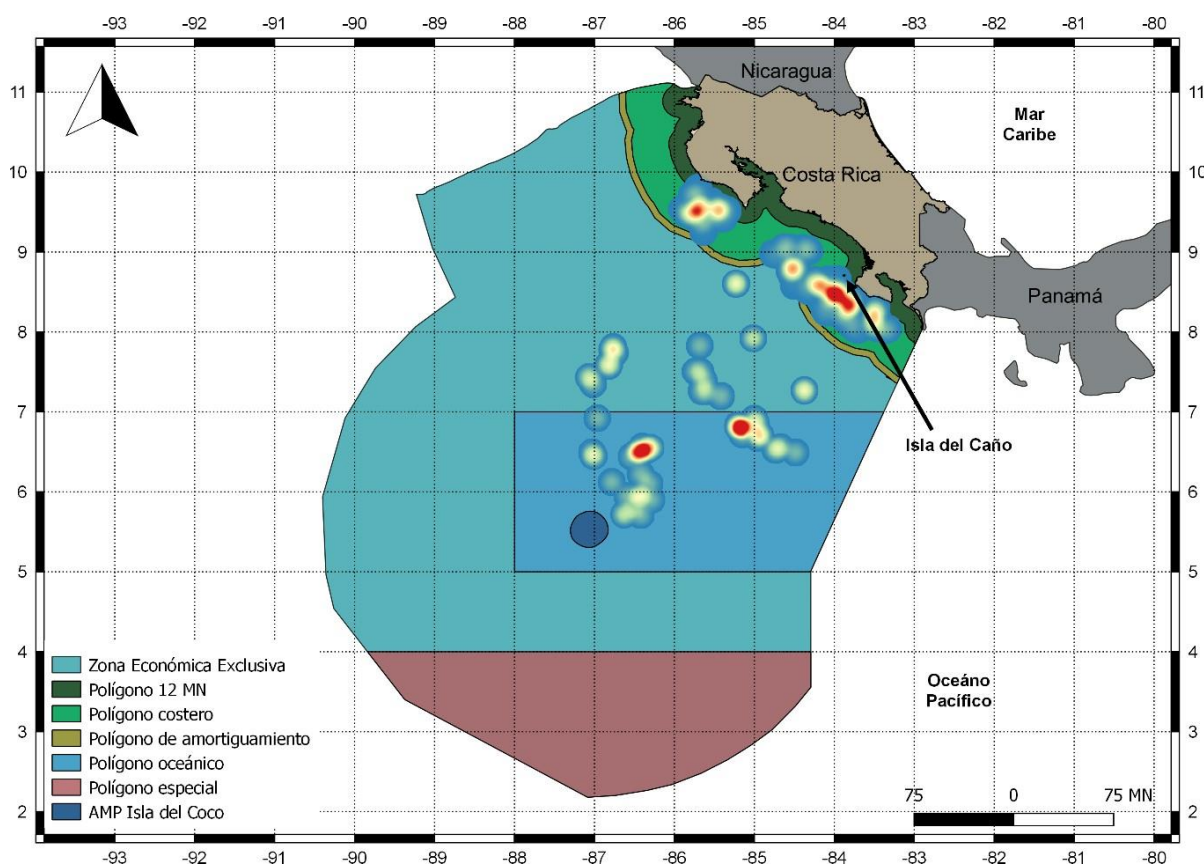


Figura 26. Áreas potenciales para la pesca de atún aleta amarilla, basadas en la totalidad de capturas, en zonas costeras y oceánicas dentro de la zona económica exclusiva del océano Pacífico de Costa Rica.

Al realizar el análisis con los atunes comercializados con mejor calidad y precio (primera), sin incluir los datos del viaje 8 en el cuales no se logró dar seguimiento a las descargas, se encontró coincidencia con las zonas mencionadas anteriormente, a excepción, del sitio ubicado entre los 9° y 10° N y entre los 85° y 86° O (Figura 27).

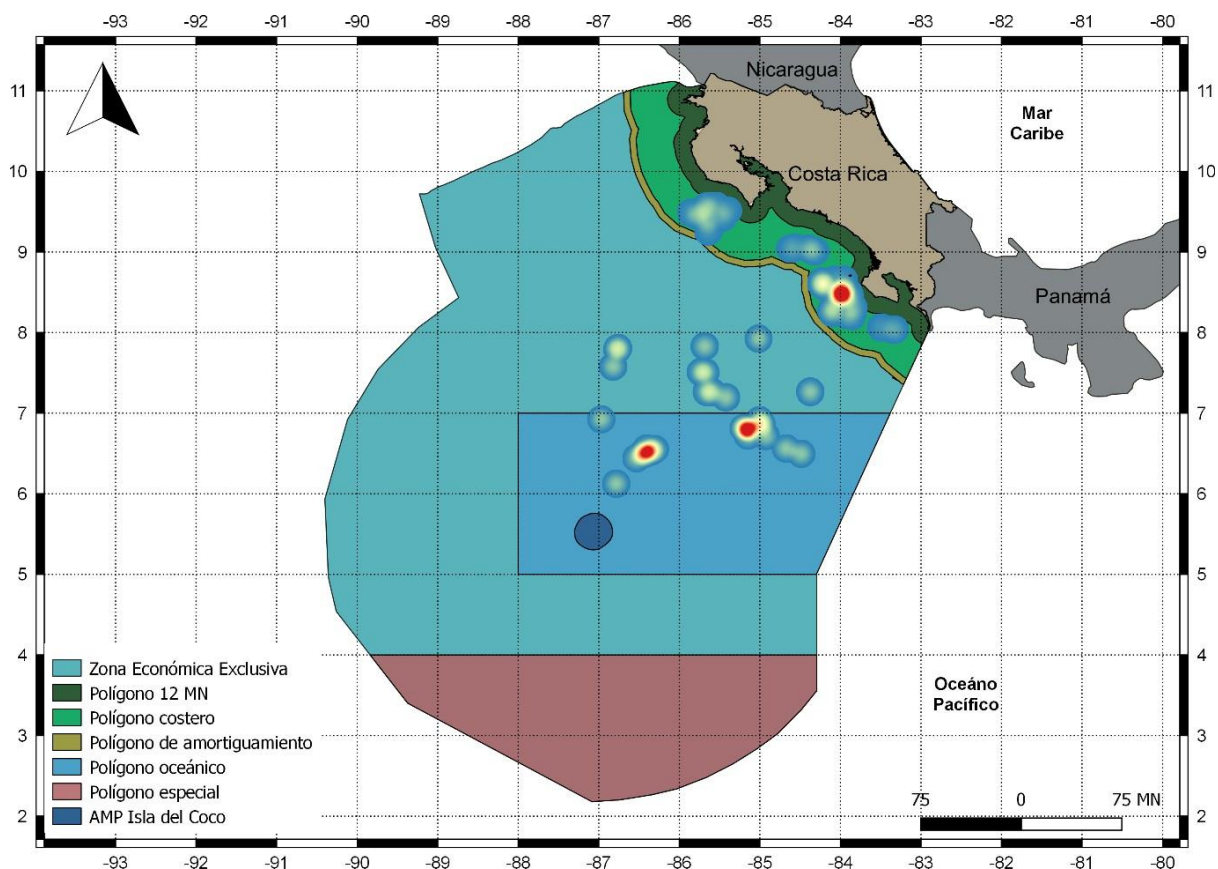


Figura 27. Áreas potenciales para la pesca de atún aleta amarilla, basadas en las capturas comercializadas como primera, en zonas costeras y oceánicas dentro de la zona económica exclusiva del Océano Pacífico de Costa Rica.

8.9. Variables oceanográficas en la pesca de atún

En la presente investigación no se encontró ninguna correlación entre el número de atunes capturados y las variables oceanográficas (Cuadro 10).

Cuadro 10. Coeficiente de correlación de Spearman entre el número de atunes capturados y las variables oceanográficas (altimetría, densidad plancton, temperatura superficial, temperatura a 10, 20, 30, 40 y 50 m, profundidad termoclina, cizalladura y salinidad).

| Variables | Alt. (m) | Dens. Plan. (mg/m ²) | T. Sup. (°C) | T. 10 m (°C) | T. 20 m (°C) | T. 30 m (°C) | T. 40 m (°C) | T. 50 m (°C) | Prof. Termo. (m) | Ciz. (m) | Sal.(‰) |
|-----------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------------|----------|---------|
| | Coeficiente correlación Spearman | | | | | | | | | | |
| Numero de atunes capturados | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,3 | 0,1 | 0,04 | -0,31 |

En el cuadro 11 se presentan las condiciones oceanográficas de interés de los sitios de captura de atún en zonas costeras y oceánicas.

Cuadro 11. Condiciones oceanográficas de las zonas de captura de atún aleta amarilla dentro de la zona económica exclusiva del Océano Pacífico de Costa Rica. De izquierda a derecha se presentan valores promedio, desviación estándar, mínimo y máximo.

| Variables oceanográficas | Atún costero | Atún oceánico |
|--|-------------------------|-------------------------|
| Altimetría (m) | 0,1 ± 0,03 (0,01-0,16) | 0,1 ± 0,16 (0-0,88) |
| Densidad plancton (mg/m ²) | 0,38 ± 0,14 (0,21-1,73) | 0,29 ± 0,07 (0,03-0,41) |
| Temperatura superficial (°C) | 28,6 ± 0,96 (26,8-29,8) | 27,9 ± 0,64 (26,9-29,1) |
| Temperatura a 10 m (°C) | 28,6 ± 0,79 (23,9-30,2) | 28,1 ± 1,13 (23,9-30,2) |
| Temperatura a 20 m (°C) | 26,8 ± 0,93 (20,1-28,6) | 25,9 ± 1,76 (20,1-29,4) |
| Temperatura a 30 m (°C) | 24,7 ± 1,08 (18,4-26,3) | 22,9 ± 1,97 (18,4-26,9) |
| Temperatura a 40 m (°C) | 22,7 ± 1,25 (17,1-25,2) | 20,7 ± 1,75 (17,1-23,9) |
| Temperatura a 50 m (°C) | 20,8 ± 1,32 (16,1-23,6) | 19,1 ± 1,47 (16,1-21,1) |
| Profundidad termoclina (m) | 22,4 ± 3,6 (10-30,9) | 21,8 ± 3,84 (10-30) |
| Cizalladura (m) | 11,9 ± 5,8 (0,17-28) | 12,4 ± 6,38 (3-25,4) |
| Salinidad (‰) | 31,8 ± 1,5 (26,8-33,8) | 32,4 ± 0,92 (30,9-33,8) |
| FSLE | 0,1 ± 0,05 (0,002-0,2) | 0,1 ± 0,05 (0,004-0,2) |

9. DISCUSIÓN

En la presente investigación resultó complejo caracterizar un lance de pesca con greenstick. Primero por la ausencia de investigaciones que definieran dicha maniobra para utilizarla con referencia y segundo por las variaciones que pueden presentarse dependiendo de la especie de delfín asociada al cardumen de atún o la zona de pesca (costera u oceánica).

Alatorre (2009) y Arias (2010) mencionan que la relación atún-delfín parece ser más frecuente en el Océano Pacífico Oriental que en otras zonas oceánicas, posiblemente por la posición somera de la termoclina (100 m). Según González (1999) dentro de las especies de delfines más frecuentemente asociados a cardúmenes de atún se encuentra: el delfín manchado, el girador y el común; condición que fue coincidente en aguas del Pacífico costarricense. El delfín girador fue la especie con la que se realizó el mayor número de lances y la pesca más efectiva, lo cual podría estar asociado a su compartimiento de no dispersión del cardumen de atún, lográndose maniobras de pesca efectivas continuas. Esto suele ser diferente en la pesca de atún con red de cerco, donde más del 80% de la pesca asociada a delfines se atribuye al delfín manchado (Arias, 2010).

Por otro lado, la disminución de los lances efectivos con el delfín manchado (sobre todo las manadas oceánicas), podría estar asociado a su comportamiento de desagregación, el cual parece ser muy sensible a la interacción con la embarcación, ya que desde el primer lance los delfines se dispersaban en sub-grupos llevándose rápidamente al atún, posiblemente, en varias direcciones. Bajo este panorama, resultó muy complicado realizar un segundo lance inmediatamente, debido a que los delfines no realizaron saltos que permitieran determinar su ubicación, tampoco las aletas dorsales quedaron expuestas sobre el agua y a la imposibilidad de poder determinar cuál de los sub-grupos era el principal o el que se asociaba a la mayoría de los atunes. En consecuencia, se tuvo que esperar el agrupamiento de las aves asociadas para detectarlo con el radar y seguidamente dirigir la embarcación al nuevo sitio de pesca, lo cual implicó pérdida de tiempo de captura. Lo anterior a

razón de que, los siete nudos de velocidad crucero del buque implicó que cuando el cardumen se formó a siete millas náuticas del primer lance, se tardaba una hora en volver a interceptarlo.

El mayor número de capturas encontradas del señuelo 5 hasta el 8, podría ser un indicador que la posición del señuelo es un factor de importancia en la eficiencia del arte de pesca. Parece ser que los señuelos que entran primero en contacto con el cardumen de atún son más propensos a ser cazados por los atunes que los que se encuentran más cerca del pájaro (1 y 2). Una hipótesis para explicar lo anterior, con base en observaciones de campo, podría basarse en que las jaladas realizadas sobre la línea de acción resultan en movimientos más atractivos sobre los señuelos más cercanos a la embarcación lo cual atraen en mayor manera a los atunes.

Las capturas del greenstick resultaron en casi un 100% de atún aleta amarilla, esto es coincidente con lo expuesto en otros trabajos donde se menciona que es un arte muy selectivo para la captura de esta especie (NOAA, 2010; Valle-Esquivel, Adlerstein-González y García-Saez, 2016). Se presentaron porcentajes de captura muy bajos (menores al 0,6%) en especies como el dorado (*Coryphaena hippurus*), el marlin blanco (*Makaira nigricans*), la tortuga lora (*Lepidochelys olivacea*) y el piquero pardo (*Sula leucogaster*). En el caso particular de las dos tortugas lora, sus capturas se dieron de forma accidental al incrustarse los anzuelos en zonas cercanas a las aletas o engancharse en la propia aleta al pasar el arte cerca de ellas. Por otro lado, el par de piqueros moreno atrapados se dio en interacciones con el arte al tratar de capturar los señuelos o al realizar maniobras de vuelo para alimentarse de sobras muy cerca del movimiento de los señuelos.

Valle-Esquivel *et al.* (2016) mencionan que en un estudio realizado en Hawaii con el arte de green stick, entre 2002-2007, se reportó un 93,9% de atún aleta amarilla, 2,5% de atún barrilete, 2,3% de dorado, 1% de marlín azul y 0,2% de wahoo. Además, en otro estudio en el Atlántico Norte se registró un 81,9% de atún aleta amarilla, 6,9% de dorado, 6,5% otros atunes, 1,3% tiburones pelágicos, 1,1% pez espada y 1% wahoo.

Los factores explicativos de las diferencias en el número de atunes y los kilogramos de atún capturado y descargado entre los viajes de pesca podrían deberse al uso de diferente número de señuelos, las zonas de pesca, la especie de delfín asociada, la aparición de eventos climáticos que imposibilitaron la pesca, etc. La zona de pesca y la especie de delfín asociada podrían ser los factores de mayor influencia, ya que, cuando se pescó en sitios dentro del polígono costero y asociados al delfín girador se capturó mayor número de atunes, lo cual se reflejó en valores más altos de peso. Caso contrario ocurrió cuando las faenas se realizaron mayormente en zonas oceánicas, donde se capturaron pocos atunes. Como ejemplos, el registro de mayores pesos (kg) y mayor cantidad de atunes a partir del viaje 5 hasta el 8, donde la mayoría de pesca fue costera; a diferencia de los viajes 1, 2 y 4, donde la pesca fue en su mayoría oceánica, resultando en pocos atunes con bajos valores en peso (kg).

Pacheco (2017) expone que cerca de las costas se pueden observar los ejemplares juveniles de atún aleta amarilla, mientras que los organismos adultos en aguas más oceánicas. Además, los ejemplares de hasta 50 cm de LF permanecen en las zonas costeras, presentando hábitos migratorios moderados (30 millas). Esto es coincidente con la presente investigación, en donde se registró una mayor cantidad de atún en zonas costeras. Otras razones podrían ser producto de los altos niveles de productividad biológica, reflejado en un mayor valor promedio de densidad de plancton de estas zonas (0,38). Dicha condición resulta de procesos como las surgencias, frentes oceánicos y áreas de convergencia y divergencia (Arias, 2010).

La concentración de juveniles en la zona costera y la presencia de dos puntos calientes para pesca de atún aleta amarilla en la misma zona, podría también deberse a la prohibición de pesca que existe para esa especie, por parte de la flota cerquera extranjera, la cual tiene una mayor capacidad de pesca que la que se realiza con palangre.

La talla y peso promedio fueron indicadores de atunes grandes (121 cm y 29,5 kg) en la zona oceánica; mientras que, dentro del polígono costero, los atunes

presentaron tamaños pequeños (80 cm y los 7,9 kg). Siguiendo lo reportado por Dreyfus-León & Robles-Ruiz (2005) citado en Arias (2010) los valores de la pesca oceánica encontrados en el presente estudio son considerablemente mayores a la talla y peso promedio de los atunes capturados asociados a delfines con red de cerco (91,8 cm y 21,45 kg), mientras que los valores de zonas costeras son inferiores y se asemejan a los reportados para el mismo arte de pesca, pero con cardúmenes no asociados a delfines (83 cm y 14,2 kg).

El intervalo de tallas de los atunes aleta amarilla capturados (50-175 cm), se encuentran dentro de los rangos reportados para la misma especie con otros artes de pesca como el palangre en otras zonas del mundo (Domingo *et al.*, 2008; Ramírez-López, 2009; Rohit, Syda y Rammohan, 2012). Sin embargo, los atunes descargados o comercializados se diferenciaron por presentar tamaños más grandes (70-175 cm). Lo anterior resulta muy positivo al tener en cuenta que un importante número de atunes de tallas pequeñas pueden ser liberados vivos y que la gran mayoría ya han alcanzado la talla legal de captura establecida en el país (60 cm).

Se ha estimado que, con palangre, los valores de CPUE pueden variar entre 1,6 y 2,16 atunes por cada mil anzuelos, representando entre un 9-11 % de la CPUE de todos los peces capturados (Andraka *et al.*, 2013). Con greenstick bajo un buen escenario de pesca, la CPUE puede ser de hasta 34 atunes por día efectivo de pesca (unos 265 kg/día efectivo) o por encima de 4 atunes por hora efectiva de pesca; aunque pueden presentarse viajes de menos de atún capturado por día u hora efectiva.

Los valores de CPUE por día de pesca y por hora efectiva de pesca estuvieron influenciados directamente por la zona de pesca. Generalmente, cuando dominaron las faenas de pesca en zonas oceánicas se necesitó mucho tiempo para capturar y descargar poco atún; mientras que en zonas costeras en menos tiempo se logró capturar y descargar más atún. La problemática asociada a esta situación, es que la mayor parte del atún de zonas costeras no presenta mejor calidad y precio que el

atún de zonas oceánicas, el cual presenta mayor tamaño y peso, resultando la pesca en zonas costeras en menores ganancias económicas.

La eficiencia de las recomendaciones de pesca proporcionadas para los viajes de investigación no pudo ser verificada en su mayoría. La no verificación se debió a la incidencia de factores como el mal tiempo, lejanía entre zonas recomendadas y la no coincidencia en varias ocasiones de la fecha de emisión de la recomendación con respecto con el viaje de pesca, los cuales, en algunas ocasiones se dieron con diferencias de hasta tres meses, principalmente por mantenimiento de la embarcación. En los casos en que se dirigió la pesca a estas zonas, si se encontraron algunas coincidencias entre las capturas y las zonas de pesca, dando buenos indicios del uso de dicha información. Debido a los grandes movimientos migratorios que pueden realizar los atunes, es importante considerar que la presencia de estos peces podría darse en cualquier momento, incluso antes, durante y después de la fecha de emisión de la recomendación, tal y como se registró en algunos viajes de pesca.

Algunos de los sitios definidos como áreas potenciales de pesca de atún podrían estar asociados a la topografía submarina, específicamente por la presencia cercana de islas como la del Caño y la del Coco. El “efecto de isla” favorece condiciones de alta productividad primaria, ocasionadas por giros y surgencias, potenciando un incremento en los eventos reproductivos y alimenticios, es decir, alta disponibilidad de atún (López-Medina, 2006). Las Islas Revillagigedo e Islas Marías el Pacífico de México (López-Medina, 2006) y alrededor de la Isla Madeira en el Atlántico Noreste (Caldeira, Groom, Miller, Pilgrim y Nezlin, 2002), corresponden a algunos de los sitios donde se ha reflejado la influencia de dicho efecto. Cabe destacar que, aunque se sabe que las islas pueden ejercer influencia en los ecosistemas, también existen otros factores que pueden resultar en altas capturas como la presencia de una plataforma continental de amplitud considerable, quiebres de la plataforma, así como ríos y estuarios al generar zonas de alta productividad (López-Medina, 2006).

En este trabajo no se encontró ninguna correlación entre las variables oceanográficas y la presencia de mayor o menor número de atunes capturados. Esto podría atribuirse a que existe un mayor efecto de una combinación de variables ambientales que solo una de ellas, tal y como lo indica Hsieh, Anderson y Sugihara (2008). Arias (2010) en un estudio sobre factores ambientales asociados a la pesca de atún con red de cerco encontró que las zonas con mayor dinámica son las que aportan mayores capturas debido a que la variedad de condiciones permite la presencia constante de cardúmenes de diferentes tipos.

A pesar de la ausencia de correlación, algunas variables han sido relacionadas con mayor abundancia de atún. Torres-Orozco, Trasviña, Muhlia-Melo y Ortega-García (2005) menciona que altas abundancias están asociadas con temperaturas superficiales del mar de 28 °C, lo cual es coincidente con la temperatura promedio de captura de los atunes en zonas costeras (29 °C) y oceánicas (28 °C). También, existe coincidencia con la temperatura superficial promedio (28 °C) de los lances asociados a delfines de la pesca con red de cerco (Gómez-Muñoz, Ortega-García y Gómez-Gallardo, 1992).

Ortega-García y Lluch-Cota (1996) mencionan que en el caso de la distribución de los atunes hay una correlación con frentes de color independiente de las concentraciones de pigmentos, lo cual puede estar sugiriendo la presencia de zonas de alimentación. Jiménez-Tello (2014) indica como variables de importancia la rapidez del viento, la vorticidad relativa, la clorofila y las anomalías del nivel del mar. Finalmente, se ha registrado que las variaciones en la abundancia de la población y las distribuciones de las especies de atún pelágico están claramente vinculadas a fenómenos climáticos a gran escala, como la Oscilación del Sur-El Niño (ENOS) en el Océano Pacífico (Torres-Orozco *et al.*, 2006).

7. CONCLUSIONES

- La principal conclusión de esta investigación es que el greenstick es muy eficiente cuando se pesca con cardúmenes de alto volumen y principalmente asociados al delfín tornillo o spinner (*S. longirostris*), condiciones encontradas durante la investigación, en su mayoría en algunas zonas del polígono costero. Sin embargo, dicho atún presenta en promedio tallas pequeñas (juveniles o preadultos), lo cual no es de mucho interés comercial.
- Los lances de pesca caracterizados como aquel tiempo desde que se inicia la faena con el arte completamente en el agua hasta que se realiza la captura de uno o varios atunes permite obtener información detallada y precisa sobre el tiempo efectivo de pesca y la distribución espacial de las capturas.
- En general, el greenstick es un arte de pesca altamente selectivo a nivel de especie (atún aleta amarilla), reflejando porcentajes de capturas de otras especies muy bajas. Además, permite liberar los atunes que no han alcanzado la talla legal de primera captura y la poca pesca incidental bajo buenas condiciones de sobrevivencia.
- La zona de pesca y la especie de delfín asociada fueron de los principales factores que dieron como resultado diferencias en la captura por unidad de esfuerzo en cada viaje.
- El aumento en los desembarques, en términos de número de atunes y kilogramos de atún, fue un indicador de mayor esfuerzo de pesca en zonas costeras; mientras que bajos valores fueron atribuidos a pesca oceánica.
- Según datos disponibles en la literatura, los atunes capturados en zonas oceánicas en esta investigación presentan mayores tallas y pesos promedio que los atrapados con red de cerco asociados a delfines.
- La información sobre calidad muestra que el atún puede ser clasificado dentro de muchas categorías (hasta 13) variando ampliamente su precio entre los 800-4000 colones. Para lograr las mejores ganancias debe lograrse que el atún presente un peso por encima de los 30 kg y que por su buen manejo post-captura sea categorizado como primera.

- Debido a la alta cantidad de información colectada en este estudio, un análisis más detallado sobre la calidad del atún capturado en esta investigación será presentado en otro informe de investigación a preparar en los próximos meses.
- Producto del mal tiempo, la lejanía entre zonas y fechas de emisión coincidiendo con cierre de viajes no se pudieron verificar la totalidad de sitios de pesca recomendados.
- El radar de navegación banda s, permitió eficientemente la localización de parvadas, con lo cual también se localizaron los cardúmenes de atún. Esto, en los casos en que hubo asociación entre aves, delfines y atún.
- Es importante considerar que las zonas potenciales de pesca de atún identificadas, se basan en condiciones de pesca de investigación y son específicas para este trabajo. Posiblemente bajo condiciones de pesca comercial podrían definirse otros sitios prioritarios. Un detalle importante es que estas áreas se encuentran dentro de sitios donde la flota atunera de red de cerco no puede operar, principalmente en el polígono costero y oceánico.
- La abundancia de atún podría estar más asociada a una combinación de procesos oceanográficos interactuando con comunidades biológicas, que a la influencia de una sola variable ambiental.

8. RECOMENDACIONES

- Una vez probado que el arte funciona para la pesca de atún, se debe continuar con la investigación, la cual debe de ser dirigida a utilizar las recomendaciones CATSAT que se den para las áreas de pesca fuera del polígono costero, con el objetivo de capturar adultos, que son los que tienen un mayor precio de mercado.
- Se recomienda ampliar el polígono costero que actualmente abarca las primeras 45 MN a lo largo de toda la línea de la costa del Océano Pacífico costarricense y pasar a 60 MN. Esto amparado en los resultados de la investigación, ya que de los 808 atunes capturados con greenstick, un 90% fueron atrapados en zonas costeras, presentando tamaños pequeños (promedio: 80 cm y los 7,9 kg) por lo cual deberían ser protegidos de la pesca de cerco. Adicionalmente, podrían darse una mayor pesca sobre atunes de mayor tamaño y mejor precio por parte

de la flota palangrera nacional, al no existir competencia con la flota cerquera extranjera.

- Si se quiere recopilar información sobre faenas de pesca comercial con greenstick donde el pescador sea el que complete formularios, se debe interpretar un lance como el tiempo en que el arte se encuentra completamente en el agua al iniciar una maniobra hasta que es subido por completo de nuevo a la embarcación. Esto facilitaría el registro de la información sobre todo cuando los lances se realizan con el delfín girador, con el cual las capturas pueden ser muy frecuentes.
- Evaluar lances en delfín manchado con embarcaciones que logren alcanzar velocidades mayores a los 10 nudos, con el objetivo de conocer si se aumenta el número de lances efectivos.
- Liberar los individuos menores de 60-70 cm, considerados como inmaduros, potenciales reproductores y de bajo valor comercial, con el fin de aumentar la probabilidad de reclutamiento y el tamaño de la población reproductora de la especie.
- Consolidar acuerdos con empresas compradoras de atún para mantener un precio justo y estable para el atún capturado con greenstick.
- Con el fin de validar las áreas potenciales de pesca encontradas e identificar otras zonas potenciales o prioritarias de pesca de atún con greenstick, se recomienda ejecutar investigaciones que incluyan variaciones temporales y espaciales en un rango más amplio.
- Evitar los lances sobre troncos en donde se haya avistado una tortuga, para evitar su pesca incidental.
- Para una mejor ejecución de un proyecto de investigación de este tipo, se recomienda altamente, que las instituciones participantes puedan tener una ejecución fácil del presupuesto o un aliado estratégico, para que de esta manera, los viajes de pesca se realicen dentro del cronograma aprobado.

9. BIBLIOGRAFÍA

- 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 en Ciencias en Manejo de Recursos Marinos). Instituto Politécnico Nacional, La Paz, México.
- Andraka, S., Mug, M., Hall, M., Pons, M., Pacheco, L., Parrales, M., Rendon, L., Parga, M. L., Mituhasi, T., Segura, A., Ortega, D., Villagran, E., Pérez, S., Paz, C. D., Siu, S., Gadea, V., Caicedo, J., Zapata, L. A., Martínez, J., Guerrero, P., Valqui, M. y Vogel, N. (2013). Circle hooks: Developing better fishing practices in the artisanal longline fisheries of the Eastern Pacific Ocean. *Biological Conservation*, 160, 214-224.
- Arias, J. (2010). *Factores ambientales asociados al tipo de pesca del atún aleta amarilla en costas mexicanas* (Tesis de Doctorado en Ciencias Marinas). Instituto Politécnico Nacional, La Paz, México.
- Barclay, K. y Parris H. (2013). Transforming tuna fisheries in Pacific Island Countries. Australia: Greenpeace. Recuperado de <https://storage.googleapis.com/planet4-new-zealand-stateless/2018/05/Transforming-Tuna-Rpt.online150-NEW.pdf>.
- Blanc, M., Desurmont, A. y Beverly, S. (2005). *Onboard Handling of sashimi-grade tuna. A practical guide for crew members*. Noumea, New Caledonia: Secretariat of the Pacific Community.
- Caldeira, R. M. A., Groom, S., Miller, P., Pilgrim, D. y Nezlin, N. P. (2002). Sea-surface signatures of the island mass effect phenomena around Madeira Island, Northeast Atlantic. *Remote Sens. Environ.*, 80,336–360.
- Dapp, D., Arauz, R., Spotila, J. R. y O'Connor, M. P. (2013). Impact of Costa Rican longline fishery on its bycatch of sharks, stingrays, bony fish & olive ridley turtles (*Lepidochelys olivacea*). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 448, 228-239.
- Domingo, A., Pons, M., Miller, P., Passadore, C., Mora, O. y Pereyra, G. (2008). Distribución y composición de tallas de *Thunnus albacares* en el Atlántico SW, en base a la información del Programa Nacional de Observadores de la Flota Palangrera uruguaya (1998-2006). *Collect. Vol. Sci. Pap.*, 62(2), 485-494.
- FAO. (2014). Contribución de la pesca y la acuicultura a la seguridad alimentaria y el ingreso familiar en Centroamérica. Panamá.
- Gómez-Muñoz V. M., Ortega-García S. y Gómez-Gallardo, A. (1992). Relationship between sea surface temperature and dolphin-associated fishing activities by the Mexican tuna fleet. *NAGA*. 15, 24-25.
- González, J. (1999). *Efecto de la pesca de atún con delfines* (Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México.

- Greenstick Spain. (s.f.). Historia. Recuperado de <http://greenstickspain.com/green-stick/>.
- Hamilton, A., Lewis, A., McCoy, M. A., Havice, E. y Campling, L. (2011). *Markets and industry dynamics in the global tuna supply chain*. Honiara, Solomon Islands: Pacific Islands Forum Fisheries Agency (FFA).
- Hammer, Ø., Harper, D., y Ryan, P. (2001). PAST: Paleontological Statistic software for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(1), 1-9. Recuperado de https://palaeo-electronica.org/2001_1/past/past.pdf.
- Hsieh, C. H, Anderson, C. y Sugihara. G. (2008). Extending nonlinear analysis to short ecological time series. *Am. Nat.*, 17,71-80.
- Incopesca. (2019). Registro de licencias de pesca agosto 2019. Recuperado de https://www.incopesca.go.cr/acerca_incopesca/transparencia_institucional/datos_abiertos.html.
- Izumi, M. (1993). Introduction to payao development and management in Okinawa, Japan. *SPC Fisheries Newsletter*, 65, 27-32.
- Jiménez-Tello, P. (2014). *Efecto de la variabilidad ambiental en la distribución temporal de cardúmenes no asociados de atún aleta amarilla (Thunnus albacares) en el Noroeste de México* (Tesis de Doctorado en Ciencias Marinas). Instituto Politécnico Nacional, La Paz, México.
- López-Medina, D. (2006). Variabilidad espacio-temporal de las capturas de atún aleta amarilla en aguas adyacentes a las Islas Marías, México (Tesis de Maestría en Ciencias). Instituto Politécnico Nacional, La Paz, México
- NOAA. (2014). Final Amendment 7 to the 2006 Consolidated Atlantic Highly Migratory Species Fishery Management Plan. Informe Técnico. Silver Spring, Maryland. Recuperado de http://www.nmfs.noaa.gov/sfa/hms/documents/fmp/am7/final_amendment_7_to_the_2006_consolidated_atlantic_highly_migratory_species_fishery_management_plan_8_28_2014_for_web.pdf.
- Ortega-García, S & Lluch-Cota, S. (1996). Distribución de la abundancia de atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) y su relación con la concentración de pigmentos fotosintéticos medidos por satélite en aguas al sur de México. *Investigaciones Geográficas Boletín*, 4, 85-93.
- Pacheco, J. L. (2017). Aspectos Biológicos y Pesqueros del Atún Aleta Amarilla *Thunnus albacares* Capturado por la Flota Atunera Cerquera Ecuatoriana, Período 2009-2013. Documento Técnico del Instituto Nacional de Pesca, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, Ecuador.

- Palacios, J. A. (2012). Análisis biológico pesquero y económico de los pelágicos en el Océano Pacífico Oriental con énfasis en Costa Rica. Informe Técnico. Costa Rica, San José: Federación Costarricense de Pesca.
- POP FISHING & MARINE. (2015). The Hamaguchi Greenstick FISHING SYSTEM. Recuperado de http://pop-hawaii.com/fileadmin/pdf/GREENSTICK_GUIDE2.pdf
- Preston, G. L., Chapman, L. y Watt, P. (1998). *Vertical longlining & other methods of fishing around fish aggregating devices (FADs): a manual for fishermen*. Noumea, New Caledonia: Secretariat of the Pacific Community.
- Ramírez-López, K. (2009). Datos estadísticos de la flota palangrera Mexicana dedicada a la pesca del atún aleta amarilla en el Golfo de México durante el periodo 1994 a 2007. *Collect. Vol. Sci. Pap.*, 64(4), 1159-1170.
- Rohit, P., Syda, G. y Rammohan, K. (2012). Age, growth and population structure of the yellowfin tuna *Thunnus albacares* (Bonnaterre, 1788) exploited along the east coast of India. *Indian Journal of Fisheries*, 59(1), 1-6.
- Salazar, L. (2016). Tecnología de Procesamiento del Atún Fresco Refrigerado. Documento Técnico del Instituto Tecnológico Pesquero del Perú. Callao, Perú. Recuperado de <http://www.oannes.org.pe/upload/201609221406511001020782.pdf>.
- Swimmer, Y., Suter J., Arauz, R., Bigelow, K., Lopez, A., Zanela, I., Bolaños, A., Ballester, J., Suarez, R., Wang, J. y Boggs, C. (2010). Sustainable fishing gear: the case of modified circle hooks in a Costa Rican longline fishery. *Marine Biology*, 158(4), 757-767.
- Torres-Orozco, E., Muhlia-Melo, A., Trasviña, A. y Ortega-García, S. (2006). Variation in yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) catches related to El Niño-Southern Oscillation events at the entrance to the Gulf of California. *Fish Bull*, 104,197-203.
- Torres-Orozco, E., Trasviña, A., Muhlia-Melo, A. y Ortega-García, S. (2005). Dinámica de mesoescala y capturas de atún aleta amarilla en el Pacífico Mexicano. *Ciencias marinas*, 31(4), 671-683.
- Trujillo, P., Cisneros-Montemayor A. M., Harper, S. y Zeller, D. (2012). Reconstruction of Costa Rican's marine fisheries catches (1950-2008). Working Paper 2013-03. Canada, Vancouver, BC: Fisheries Centre, The University of British Columbia. Recuperado de <http://www.seaaroundus.org/doc/publications/wp/2012/Trujillo-et-al-CostaRica.pdf>.
- Valle-Esquivel, M., Adlerstein-González, S. y García-Saez, C. (2016). Pre-evaluación de la Pesquería Multiespecífica de Palangre en Costa Rica, con Atún Aleta Amarilla, Pez Espada y Dorado como Especies Objetivo. Documento elaborado para Sustainable Fisheries Partnership Foundation. Florida, Estados Unidos: MRAG Americas.

Whoriskey, S., Arauz, R. y Baum, J. K. (2011). Potential impacts of emerging mahi-mahi fisheries on sea turtle and elasmobranch bycatch species. *Biological Conservation*, 144(6), 1841-1849.