
Análisis de la información de la pesquería de grandes pelágicos de interés comercial capturados y desembarcados por las flotas que operan dentro y fuera de la ZEE del Pacífico de Costa Rica

Informe Final

Preparado por:

Oscar G. Zamora-García,¹

L. Daniel Carrillo-Colín^{1,2}

J. Fernando Márquez-Farías³

J. Miguel Carvajal-Rodríguez⁴

¹ Servicios Integrales de Recursos Biológicos, Acuáticos y Ambientales, S. C., México.

² Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México.

³ Facultad de Ciencias del Mar. Universidad Autónoma de Sinaloa, México.

⁴ Departamento de Investigación. Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura, Costa Rica.

Noviembre de 2022

Cita recomendada:

Zamora-García, O.G., Carrillo-Colín, L.D., Márquez-Farías, J.F., y Carvajal-Rodríguez J.M. 2022. Análisis de la información de la pesquería de grandes pelágicos de interés comercial capturados y desembarcados por las flotas que operan dentro y fuera de la ZEE del Pacífico de Costa Rica. Servicios Integrales de Recursos Biológicos Acuáticos y Ambientales. Doc. Tec. 0001, 142 p.

Glosario de términos

AJDIP. Junta Directiva de Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura.

ANOVA. Análisis de Varianza.

CIAT. Comisión Interamericana del Atún Tropical.

CPUE. Captura por Unidad de Esfuerzo.

CV. Coeficiente de Variación.

DE. Desviación Estándar.

EE. Error Estándar.

FID. Formulario de Inspección de Desembarque.

FIP. Proyecto de Mejora Pesquera.

INCOPEPESCA. Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura.

MSC. Consejo de Administración Marina.

n. Número de muestra.

OPO. Océano Pacífico Oriental.

Polígono A. Polígono costero que parte de las 12 millas náuticas y hasta las 40 millas náuticas, a partir y a lo largo, de la línea de Costa Rica del Océano Pacífico Costarricense.

Polígono B. Polígono de amortiguamiento de 5 millas náuticas a partir de las 40 millas náuticas. Esta área 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.

Polígono C. Polígono oceánico, comprendido en el área situada dentro de las siguientes coordenadas geográficas: desde la intersección del paralelo 7° norte con el límite este de la Zona Económica Exclusiva (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.

Polígono D. Polígono especial comprendido desde el paralelo 4° norte hasta el límite sur de la Zona Económica Exclusiva Costarricense, en donde se establecen regulaciones para el aprovechamiento sostenible de los recursos pesqueros de dicha área, por considerarse una zona de reclutamiento de atún y especies afines.

TLPC. Talla Legal de Primera Captura.

VMS. Monitoreo Satelital de Embarcaciones (Siglas en inglés).

ZEE. Zona Económica Exclusiva.

Resumen Ejecutivo

Se presenta el análisis de la información disponible sobre las pesquerías de pelágicos mayores que se realizan dentro y fuera de la Zona Económica Exclusiva (ZEE) del Pacífico de Costa Rica. Se realizó un análisis exploratorio general de los datos disponibles en INCOPESCA y la Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT) con la participación del personal de INCOPESCA y del Sector Palangrero Nacional. Se determina el estado de las pesquerías y se identifican indicadores biológicos de las poblaciones de los grandes pelágicos sujetas a explotación. Se examina la concentración espacial del esfuerzo pesquero, la composición de las especies y su estructura por tallas y sexos, así como el nivel de variación temporal en la operación de barcos cerqueros en la ZEE de Costa Rica.

Con base en los datos disponibles de muestreos biológicos pesqueros de 2015–2019 en desembarques, encontramos que la flota palangrera opera dentro y fuera de la ZEE con 85% y 15%, respectivamente. Por su parte, dentro de la ZEE el 49% de los registros estuvieron fuera de los polígonos. Los polígonos A y C dominaron las capturas con el 18% y 15%, respectivamente. Los registros en los polígonos B y D sumaron menos del 3%.

De acuerdo con los Formularios de Inspección de Desembarque (FID) en el periodo 2005–2020, la flota palangrera desembarcó 113,637 t en los puertos del Pacífico de Costa Rica, con el mayor porcentaje de desembarques en Puntarenas con 67%, seguido de Quepos con 18%. El promedio de los desembarques de todas las especies fue de 7,102 t por año; con un máximo de 9,852 t en 2018 y un mínimo de 2,957 t en 2006.

La flota de mediana escala contribuyó con 71% de los desembarques y la de avanzada con 29%. Los desembarques de la flota palangrera estuvieron compuestos por los grupos de tiburones (40%), picudos (27%), dorado (20%) y atunes (13%). Los desembarques de tiburones fueron dominados por el tiburón sedoso, *Carcharhinus falciformis* (77%). Los de picudos por el pez espada, *Xiphias gladius* (44%). El dorado fue representado por *Corhyphaena hippurus* y los atunes por el atún aleta amarilla, *Thunnus albacares* (98%). Los desembarques promedio por viaje de todos los grupos mostraron un patrón fluctuante.

Los datos de muestreos biológicos de 2015–2019 corresponden a 22 especies capturadas por la flota palangrera. El análisis de tallas promedio de captura mostró un patrón estable a través de los años para todas las especies. El porcentaje de individuos por encima de la talla legal de primera captura (TLPC) varió entre especies. Para tiburón sedoso fue 89%, para el tiburón azul 24% y la cornuda rosada el 15%. Por su parte, para dorado y atún aleta amarilla, el porcentaje de organismos por encima de su TLPC fue de 99% y 100%, respectivamente. Los datos de picudos fueron limitados y no permitieron hacer inferencias relevantes.

Se evaluó la variación espaciotemporal de los registros de la flota cerquera en la ZEE del Pacífico de Costa Rica y áreas circundantes. En primera instancia, los datos agregados en intervalos de 0.5° evitaron apreciar de forma precisa la dinámica de la flota cerquera. En una segunda solicitud de información, se logró obtener información con mayor precisión. Se observó que, después de la entrada en vigor del Decreto 38681-MAG-MINAE, los registros de la flota cerquera se ubicaron en fuera de la ZEE (80%), dentro de la ZEE y fuera de cualquier polígono (14.9%), en el polígono A (0%), polígono B (0%), polígono C (0.5%) y polígono D (4.2%). Lo anterior indica que: 1) el decreto del atún ha sido cumplido cabalmente en los polígonos A y B; 2) siguen existiendo registros esporádicos en el polígono C y D) evidentemente, sigue habiendo incursiones ilegales de la flota cerquera en el Polígono D. Es importante resaltar que existen embarcaciones que no pueden ser monitoreadas satelitalmente por el INCOPEPESCA e incursionan en el polígono D. La localización geográfica del polígono D a más de 500 mn dificulta las labores de inspección y vigilancia en el dicho polígono. Es importante reforzar los programas de monitoreo en las zonas distantes de la ZEE de Costa Rica para garantizar el respeto a las áreas sujetas a manejo especial.

Se elaboraron fichas infográficas de 10 especies relevantes de la pesquería: tiburón sedoso, tiburones zorros, tiburón azul, cornuda rosada, atún aleta amarilla, dorado, marlín blanco, marlín rosado, pez espada y pez vela. Las fichas incluyeron información sobre la distribución, desembarques históricos y estacionales, estructura de tallas y otros aspectos relevantes de la pesquería. Asimismo, se presenta una propuesta de estructura para informes anuales de la pesquería que podría adoptarse para ir documentando el desempeño de las flotas y sus monitoreos biológicos y pesqueros.

El presente informe representa un importante avance para conocer el estado de las pesquerías de grandes pelágicos. Los resultados presentados son de gran utilidad para identificar acciones de regulación pesquera que puedan mejorar o confirmar la viabilidad de las decisiones de manejo de la pesquería.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	17
1.1 Flotas que operan en el Pacífico de Costa Rica.....	19
1.2 Instrumentos y disposiciones vinculantes.....	20
1.3 Justificación y objetivos	21
<i>Justificación</i>	<i>21</i>
<i>Objetivo general</i>	<i>21</i>
<i>Objetivos particulares.....</i>	<i>22</i>
2. METODOLOGÍA.....	24
2.1 Descripción del estado de las pesquerías sobre las poblaciones de pelágicos mayores	24
2.1.1 <i>Determinación de la dinámica de las pesquerías (zona y temporada)</i>	<i>24</i>
2.1.2 <i>Estimación de la variación temporal de los desembarques y tasas de captura de los grupos funcionales reportados en las bases de datos y sobre las especies más importantes de la captura para distintas unidades de pesca.</i>	<i>26</i>
2.2 Identificación de indicadores biológicos de las principales especies	27
2.2.1 <i>Riqueza específica.....</i>	<i>33</i>
2.2.2 <i>Proporción sexual general y temporal de las principales especies.....</i>	<i>34</i>
2.2.3 <i>Estructura de tallas de la muestra.....</i>	<i>34</i>
2.2.4 <i>Tendencia anual de la talla promedio de captura.....</i>	<i>34</i>
2.2.5 <i>Proporción de organismos por debajo y encima de la TLPC.....</i>	<i>35</i>
2.2.6 <i>Tendencia de los cambios entre la talla máxima y TLPC.....</i>	<i>35</i>
2.3 Distribución espaciotemporal de la captura y CPUE	35
2.3.1 <i>Captura general y operación de la flota cerquera en el Pacífico de Costa Rica de 2010–2019.</i>	<i>36</i>
2.4. Interacción entre flotas palangrera y cerquera.	36
2.4.1 <i>Evaluar la variación temporal en la interacción espacial entre distintas unidades de pesca</i>	<i>36</i>
2.4.2 <i>Valorar el funcionamiento de los polígonos del decreto del atún con relación a la flota cerquera</i>	<i>37</i>
2.5 Incremento del conocimiento sobre las pesquerías, especies de atún y afines	37
2.5.1 <i>Fichas técnicas infográficas de las principales especies.....</i>	<i>37</i>
2.5.2 <i>Propuesta de formato para informes anuales e indicadores de la pesquería.....</i>	<i>39</i>
3. RESULTADOS	41
3.1 Estado de las pesquerías sobre poblaciones de pelágicos mayores	41
3.1.1 <i>Dinámica espaciotemporal de la flota palangrera (datos muestreos Depto. Investigación/INCOPESCA)</i>	<i>41</i>
3.2 Variación temporal de los desembarques y tasas de captura (FID)	51
3.2.1 <i>Estadísticas generales (Datos FID).....</i>	<i>51</i>
3.2.2 <i>Composición de los desembarques.....</i>	<i>56</i>

3.2.3	<i>Desembarques promedio por viaje y año por grupo</i>	61
3.2.4	<i>Desembarques promedio por viaje y mes por grupo</i>	66
3.3	Indicadores biológicos de las principales especies	71
3.3.1	<i>Riqueza de especies capturadas</i>	71
3.3.2	<i>Tiburones</i>	73
3.3.3	<i>Dorado</i>	103
3.3.4	<i>Atunes</i>	110
3.3.5	<i>Picudos</i>	118
3.4	Distribución espaciotemporal de la captura y CPUE	132
3.4.1	<i>Captura general y operación de la flota cerquera en el Pacífico de Costa Rica de 2010–2019.</i>	132
3.4.2	<i>Operación de la flota cerquera en los polígonos del decreto del atún</i>	133
3.5	Síntesis del conocimiento sobre las pesquerías y especies de atún y afines	137
4.	CONCLUSIONES	138
5.	RECOMENDACIONES	138
6.	AGRADECIMIENTOS	140
7.	LITERATURA CITADA	140

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudio. Se muestra en blanco Costa Rica (CRI) y en gris, los países colindantes: Nicaragua (NIC) y Panamá (PAN).....	25
Figura 2. Diferentes longitudes registradas en tiburones..	28
Figura 3. Longitudes utilizadas para convertir las longitudes de troncho a longitud post-orbital a longitudes totales en el pez vela, marlín rayado y marlín blanco.....	29
Figura 4. Longitudes utilizadas para convertir las longitudes parciales a longitudes totales en el pez espada..	30
Figura 5. Longitudes utilizadas para convertir la longitud furcal a longitud total en dorados y atunes	33
Figura 6. Visualización espacial de las coordenadas de referencia del total de registros obtenidos durante los muestreos en la flota palangrera en los distintos puertos del Pacífico de Costa Rica de 2015–2019.	41
Figura 7. Visualización espacial de las coordenadas de referencia del total de registros obtenidos durante los muestreos en la flota palangrera en los distintos puertos del Pacífico de Costa Rica de 2015–2019..	42
Figura 8. Distribución porcentual del área de operación de la flota palangrera del Pacífico de Costa Rica en el periodo 2015–2019.	43
Figura 9. Variación anual de la distribución espacial del esfuerzo reportado por la flota palangrera del Pacífico de Costa Rica durante 2015–2019.....	44
Figura 10. Variación mensual de la distribución espacial del esfuerzo reportado por la flota palangrera del Pacífico de Costa Rica durante 2015–2019.....	45
Figura 11. Variación mensual del número de registros por polígono dentro de la ZEE de Costa Rica durante el periodo 2015-2019 con base en los muestreos.....	46
Figura 12. Distribución espacial de la captura total por viaje reportada durante los muestreos de la flota palangrera del Pacífico de Costa Rica durante 2015–2019.....	47
Figura 13. Distribución espacial de los registros de atunes, dorado, picudos y tiburones por viaje reportada durante los muestreos de la flota palangrera del Pacífico de Costa Rica durante 2015–2019.	48
Figura 14. Mapa de calor que indica la actividad de la flota palangrera monitoreada a través de balizas satelitales en 2019.	49
Figura 15. Mapa de calor que indica la actividad de la flota palangrera monitoreada a través de balizas satelitales en 2020.	50
Figura 16. Desembarque total de pelágicos mayores por año en los puertos del Pacífico de Costa Rica en el periodo 2005-2020.....	52
Figura 17. Desembarques acumulados por año de cada grupo de especies en los puertos del Pacífico de Costa Rica por las flotas palangreras de mediana y avanzada durante 2005–2020.	56
Figura 18. Desembarques acumulados por año de especie del grupo de tiburones en los puertos del Pacífico de Costa Rica por las flotas palangreras de mediana y avanzada durante 2005–2020.....	57

Figura 19. Desembarques acumulados por año de dorado en los puertos del Pacífico de Costa Rica por las flotas palangreras de mediana y avanzada durante 2005–2020.	58
Figura 20. Desembarques acumulados por año de especie del grupo de atunes en los puertos del Pacífico de Costa Rica por las flotas palangreras de mediana y avanzada durante 2005–2020.	59
Figura 21. Desembarques acumulados por año de especie del grupo de picudos en los puertos del Pacífico de Costa Rica por las flotas palangreras de mediana y avanzada durante 2005–2020.	60
Figura 22. Variación anual de los desembarques promedio de atunes, dorado, picudos y tiburones registrados en los puertos del Pacífico de Costa Rica por las flotas de mediana y avanzada de 2005–2020.	62
Figura 23. Desembarques promedio por viaje de cada especie dentro del grupo de tiburones por parte de las flotas de mediana y avanzada en los puertos del Pacífico de Costa Rica de 2005–2020.	63
Figura 24. Desembarques promedio por viaje de dorado por parte de las flotas de mediana y avanzada en los puertos del Pacífico de Costa Rica de 2005–2020.	64
Figura 25. Desembarques promedio por viaje de dorado por parte de las flotas de mediana y avanzada en los puertos del Pacífico de Costa Rica de 2005–2020.	65
Figura 26. Desembarques promedio por viaje de picudos por parte de las flotas de mediana y avanzada en los puertos del Pacífico de Costa Rica de 2005–2020.	66
Figura 27. Variabilidad mensual en los desembarques promedio por viaje por grupo de especies desembarcado por la flota palangrera de mediana y avanzada en los puertos del Pacífico de Costa Rica durante 2005–2020.	67
Figura 28. Variabilidad mensual en los desembarques promedio por viaje por cada especie dentro del grupo de tiburones desembarcado por la flota palangrera de mediana y avanzada en los puertos del Pacífico de Costa Rica durante 2005–2020.	68
Figura 29. Variabilidad mensual en los desembarques promedio por viaje de dorado desembarcado por la flota palangrera de mediana y avanzada en los puertos del Pacífico de Costa Rica durante 2005–2020.	69
Figura 30. Variabilidad mensual en los desembarques promedio por viaje por cada especie dentro del grupo de atunes desembarcado por la flota palangrera de mediana y avanzada en los puertos del Pacífico de Costa Rica durante 2005–2020.	70
Figura 31. Variabilidad mensual en los desembarques promedio por viaje por cada especie dentro del grupo de picudos desembarcado por la flota palangrera de mediana y avanzada en los puertos del Pacífico de Costa Rica durante 2005–2020.	71
Figura 32. Curva de riqueza de especies registradas en los desembarques de las flotas de mediana escala y avanzada en el litoral del Océano Pacífico de Costa Rica.	72
Figura 33. Proporción de organismos capturados agrupados por grupo funcional por la flota palangrera de Costa Rica durante los años 2015-2019.	73
Figura 34. Gráfico de pastel de las proporciones sexuales del tiburón sedoso (<i>C. falciformis</i>) capturados por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante los años 2015-2019.	75

Figura 35. Gráfico de pastel de las proporciones sexuales del tiburón sedoso (*C. falciformis*) capturados por flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica a través de los meses durante los años 2015-2019..... 76

Figura 36. Histograma de frecuencias por sexos combinados de la longitud total de captura del tiburón sedoso (*C. falciformis*) capturadas por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante los años 2015-2019. ..77

Figura 37. Histograma de frecuencias por sexos combinados de la longitud total de captura del tiburón sedoso (*C. falciformis*) capturadas por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica por trimestre durante los años 2015-2019. 78

Figura 38. Diagrama de caja y bigotes de la longitud total de captura del tiburón sedoso (*C. falciformis*) capturadas por flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante los años 2015-2019. 79

Figura 39. Diagrama de caja y bigotes de la longitud total de captura del tiburón sedoso (*C. falciformis*) capturadas por flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica por meses durante los años 2015-2019. 79

Figura 40. Histograma de frecuencias de la longitud total de captura del tiburón sedoso (*C. falciformis*) capturadas por flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante los años 2015-2019. 80

Figura 41. Índice de la tendencia de las diferencias (Δ) promedio entre la talla máxima y diversas tallas de referencia del tiburón sedoso (*C. falciformis*) capturadas por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante los años 2015-2019. 81

Figura 42. Gráfico de pastel de las proporciones sexuales del tiburón zorro pelágico (*A. pelagicus*) capturados por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante los años 2015-2019. 82

Figura 43. Gráfico de pastel de las proporciones sexuales del tiburón zorro pelágico (*A. pelagicus*) capturados por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica a través de los meses durante los años 2015-2019. 83

Figura 44. Histograma de frecuencias por sexos combinados de la longitud total de captura del tiburón zorro pelágico (*A. pelagicus*) capturadas por flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante los años 2015-2019. 84

Figura 45. Histograma de frecuencias por sexos combinados de la longitud total de captura del tiburón zorro pelágico (*A. pelagicus*) capturadas por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica por trimestre durante los años 2015-2019 85

Figura 46. Diagrama de caja y bigotes de la longitud total de captura del tiburón zorro pelágico (*A. pelagicus*) capturadas por flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante los años 2015-2019. 86

Figura 47. Diagrama de caja y bigotes de la longitud total de captura del tiburón zorro pelágico (*A. pelagicus*) capturadas por flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica por meses durante los años 2015-2019..... 86

Figura 48. Índice de la tendencia de las diferencias promedio entre la talla máxima la talla al primer cuartil de referencia del tiburón zorro pelágico (*A. pelagicus*) capturadas por flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante los años 2015-2019 87

Figura 49. Gráfico de pastel de las proporciones sexuales de la cornuda rosada (*S. lewini*) capturados por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante los años 2015-2019 88

Figura 50. Gráfico de pastel de las proporciones sexuales de la cornuda rosada (*S. lewini*) capturados por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica a través de los meses durante los años 2015-2019 89

Figura 51. Histograma de frecuencias por sexos separados de la longitud total de captura de la cornuda rosada (<i>S. lewini</i>) capturadas por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante los años 2015-2019.	90
Figura 52. Histograma de frecuencias por sexos separados de la longitud total de la cornuda rosada (<i>S. lewini</i>) capturadas por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica por trimestre durante los años 2015-2019	91
Figura 53. Diagrama de caja y bigotes de la longitud total de captura de la cornuda rosada (<i>S. lewini</i>) capturadas por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante los años 2015-2019.....	92
Figura 54. Diagrama de caja y bigotes de la longitud total de captura de la cornuda rosada (<i>S. lewini</i>) capturadas por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica por meses durante los años 2015-2019.....	93
Figura 55. Histograma de frecuencias de la longitud total de captura de la cornuda rosada (<i>S. lewini</i>) capturadas por la flota de avanzada en el Pacífico de Costa Rica durante los años 2015-2019.	94
Figura 56. Índice de la tendencia de las diferencias (Δ) promedio entre la talla máxima y diversas tallas de referencia de la cornuda rosada (<i>S. lewini</i>) capturadas por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante los años 2015-2019.	95
Figura 57. Gráfico de pastel de las proporciones sexuales de la cornuda blanca (<i>S. zygaena</i>), capturados por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante los años 2015-2019.	96
Figura 58. Gráfico de pastel de las proporciones sexuales de la cornuda blanca (<i>S. zygaena</i>) capturados por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica a través de los meses durante los años 2015-2019	97
Figura 59. Histograma de frecuencias por sexos combinados de la longitud total de captura de la cornuda blanca (<i>S. zygaena</i>) capturadas por flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante los años 2015-2019.	98
Figura 60. Diagrama de caja y bigotes de la longitud total de captura de la cornuda blanca (<i>S. zygaena</i>) capturadas por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante los años 2015-2019.	99
Figura 61. Diagrama de caja y bigotes de la longitud total de captura de la cornuda blanca (<i>S. zygaena</i>) capturadas por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica por meses durante los años 2015-2019	100
Figura 62. Índice de la tendencia de las diferencias promedio entre la talla máxima y los cuartiles por año de la cornuda blanca (<i>S. zygaena</i>) capturadas por la flota de avanzada en el Pacífico de Costa Rica durante los años 2015-2019.....	100
Figura 63. Gráfica de pastel de la proporción sexual del tiburón azul (<i>P. glauca</i>) capturados por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante los años 2015-2019.	101
Figura 64. Histograma de frecuencias por sexos combinados de la longitud total de captura del tiburón azul (<i>P. glauca</i>) capturados por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante los años 2015-2019.....	102
Figura 65. Diagrama de caja y bigotes de la longitud total de captura del tiburón azul (<i>P. glauca</i>) capturadas por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante los años 2015-2019.....	102
Figura 66. Diagrama de caja y bigotes de la longitud total de captura del tiburón azul (<i>P. glauca</i>) capturadas por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica por meses . durante los años 2015-2019	103
Figura 67. Gráfico de pastel de las proporciones sexuales del dorado (<i>C. hippurus</i>) capturados por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante los años 2015-2019	104

Figura 68. Gráfico de pastel de las proporciones sexuales del dorado (<i>C. hippurus</i>) capturados por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica a través de los meses durante los años 2015-2019.....	105
Figura 69. Histograma de frecuencias por sexos separados de la longitud total de captura del dorado (<i>C. hippurus</i>) capturadas por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rico durante los años 2015-2019.	106
Figura 70. Histograma de frecuencias por sexos separados de la longitud total de captura del dorado (<i>C. hippurus</i>) capturadas por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica por trimestre durante los años 2015-2019.....	107
Figura 71. Diagrama de caja y bigotes de la longitud total de captura del dorado (<i>C. hippurus</i>) capturadas por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante los años 2015-2019.	108
Figura 72. Diagrama de caja y bigotes de la longitud total de captura del dorado (<i>C. hippurus</i>) capturados por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica por meses durante los años 2015-2019.	108
Figura 73. Histograma de frecuencias de la longitud total de captura del dorado (<i>C. hippurus</i>) capturados por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante los años 2015-2019.	109
Figura 74. Índice de la tendencia de las diferencias (Δ) promedio entre la talla máxima y diversas tallas de referencia del dorado (<i>C. hippurus</i>) capturadas por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante los años 2015-2019..	110
Figura 75. Histograma de frecuencias por sexos separados de la longitud total de captura del atún aleta amarilla (<i>T. albacares</i>) capturadas por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante los años 2015-2019.	111
Figura 76. Histograma de frecuencias por sexos separados de la longitud total de captura del atún aleta amarilla (<i>T. albacares</i>) capturadas por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica por trimestres durante los años 2015-2019.	112
Figura 77. Diagrama de caja y bigotes de la longitud total de captura del atún aleta amarilla (<i>T. albacares</i>) capturadas por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante los años 2015-2019..	113
Figura 78. Diagrama de caja y bigotes de la longitud total de captura del atún aleta amarilla (<i>T. albacares</i>) capturadas por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica por meses durante los años 2015-2019.	114
Figura 79. Histograma de frecuencias de la longitud total de captura del atún aleta amarilla (<i>T. albacares</i>) capturados por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante los años 2015-2019.	115
Figura 80. Índice de la tendencia de las diferencias promedio entre la talla máxima y diversas tallas de referencia del atún aleta amarilla (<i>T. albacares</i>) capturadas por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante los años 2015-2019.	115
Figura 81. Histograma de frecuencias por sexos combinados de la longitud total de captura del atún ojón (<i>T. obesus</i>) capturados por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante el 2015-2019.	116
Figura 82. Diagrama de caja y bigotes de la longitud total de captura del atún ojón (<i>T. obesus</i>) capturadas por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante los años 2015-2019.....	117
Figura 83. Diagrama de caja y bigotes de la longitud total de captura del atún ojón (<i>T. obesus</i>) capturadas por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica por meses durante los años 2015-2019.	117

Figura 84. Índice de la tendencia de las diferencias promedio entre la talla máxima y el primer cuartil de las tallas del atún ojón (<i>T. obesus</i>) capturados por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante los años 2015-2019.....	118
Figura 85. Histograma de frecuencias por sexos combinados de la longitud total de captura del pez espada (<i>X. gladius</i>) capturados por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante el 2018-2019.....	120
Figura 86. Histograma de frecuencias por sexos combinados de la longitud total de captura del pez espada (<i>X. gladius</i>) capturados por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica a través de los trimestres durante el 2018-2019.....	120
Figura 87. Diagrama de caja y bigotes de la longitud total de captura del pez espada (<i>X. gladius</i>) capturadas por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante el 2018-2019.	121
Figura 88. Diagrama de caja y bigotes de la longitud total de captura del pez espada (<i>X. gladius</i>) capturados por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica por meses durante el 2018-2019.....	122
Figura 89. Histograma de frecuencias por sexos combinados de la longitud total de captura del marlín rosado (<i>K. audax</i>) capturados por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante el 2018-2019.	123
Figura 90. Histograma de frecuencias por sexos combinados de la longitud total de captura del marlín rosado (<i>K. audax</i>) capturados por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica a través de trimestres durante el 2018-2019.....	124
Figura 91. Diagrama de caja y bigotes de la longitud total de captura del marlín rosado (<i>K. audax</i>) capturados por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante el 2018-2019..	124
Figura 92. Diagrama de caja y bigotes de la longitud total de captura del marlín rosado (<i>K. audax</i>) capturados por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica por meses durante el 2018-2019.	125
Figura 93. Histograma de frecuencias por sexos combinados de la longitud total de captura del marlín blanco (<i>M. nigricans</i>) capturados por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante el 2018-2019.....	126
Figura 94. Histograma de frecuencias por sexos combinados de la longitud total de captura del marlín blanco (<i>M. nigricans</i>) capturados por la flota palangrera en el Pacífico Costarricense por trimestres durante el 2018-2019.....	127
Figura 95. Diagrama de caja y bigotes de la longitud total de captura del marlín blanco (<i>M. nigricans</i>) capturados por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante los años 2018-2019.....	127
Figura 96. Diagrama de caja y bigotes de la longitud total de captura del marlín blanco (<i>M. nigricans</i>) capturados por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Ricapor meses durante el 2018-2019.....	128
Figura 97. Histograma de frecuencias por sexos combinados de la longitud total de captura del pez vela (<i>I. platypterus</i>) capturados por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante el 2018-2019.....	129
Figura 98. Histograma de frecuencias por sexos separados de la longitud total de captura del pez vela (<i>I. platypterus</i>) capturadas por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica por trimestres durante el 2018-2019.	130
Figura 99. Diagrama de caja y bigotes de la longitud total de captura del pez vela (<i>I. platypterus</i>) capturadas por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante el 2018-2019.	130

- Figura 100. Diagrama de caja y bigotes de la longitud total de captura del pez vela (*I. platypterus*) capturadas por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica por meses durante el 2018-2019131
- Figura 101. Distribución espacial de los lances por año registrados por observadores o registrado en bitácoras por parte de la flota cerquera que operó en el Pacífico de Costa Rica durante el periodo de 2010–2019.133
- Figura 102. Variación interanual del porcentaje de registros de la flota cerquera en los polígonos del decreto del atún, dentro de la ZEE del Pacífico de Costa Rica en el periodo de 2010–2020. La línea roja punteada indica el año 2015, año en el que entró en vigor el decreto del atún.....135
- Figura 103. Comparación del número de lances de la flota cerquera que operó dentro y dentro de cada polígono del decreto del atún antes (2010–2014) y después (2015–2019) de la oficialización del decreto..136

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ecuaciones usadas para convertir la longitud interdorsal (LID) a longitud total (LT) en tiburones.	28
Tabla 2. Proporción de las medidas de picudos para convertir de distintas medidas de troncho a LpO-LF, MI-LF y a LT.....	32
Tabla 3. Ecuaciones para convertir longitudes interdorsal y de troncho a longitud total en atunes y dorados.	32
Tabla 4. Desembarques acumulados en cada puerto del Pacífico de Costa Rica durante el periodo de 2005–2020.....	51
Tabla 5. Serie histórica de desembarques en toneladas de las especies capturadas por las flotas de mediana escala y avanzada en el Pacífico de Costa Rica.	53
Tabla 6. Promedio mensual de desembarques en kg de las especies capturadas por las flotas de mediana y avanzada escala en el Océano Pacífico de Costa Rica.	54
Tabla 7. Estadística descriptiva de la longitud total de las especies de tiburón capturadas por la flota palangrera de Costa Rica.	74
Tabla 8. Resultados de la proporción sexual mediante la prueba χ^2 por año del tiburón sedoso.....	75
Tabla 9. Resultados de la proporción sexual mediante la prueba χ^2 por meses durante los años 2015-2019 del tiburón sedoso.....	76
Tabla 10. Resultados de la proporción sexual mediante la prueba χ^2 por año del tiburón zorro pelágico.....	82
Tabla 11. Resultados de la proporción sexual mediante la prueba χ^2 por mes durante los años 2015-2019 del tiburón zorro pelágico.	83
Tabla 12. Resultados de la proporción sexual mediante la prueba χ^2 por año de la cornuda rosada.	88
Tabla 13. Resultados de la proporción sexual mediante la prueba χ^2 por mes durante los años 2015-2019 de la cornuda rosada.	89
Tabla 14. Resultados de la proporción sexual mediante la prueba χ^2 por año de la cornuda blanca.	96
Tabla 15. Resultados de la proporción sexual mediante la prueba χ^2 por mes durante los años 2015-2019 de la cornuda blanca.	97
Tabla 16. Estadística descriptiva de la longitud total del dorado (<i>Coryphaena hippurus</i>) capturados por la flota palangrera de Costa Rica.....	103
Tabla 17. Resultados de la proporción sexual mediante la prueba χ^2 por año del dorado.....	104
Tabla 18. Resultados de la proporción sexual mediante la prueba χ^2 por mes durante los años 2015-2019 del dorado.	105
Tabla 19. Estadística descriptiva de la longitud total de las especies de atún capturadas por la flota palangrera de Costa Rica.....	110

Tabla 20. Estadística descriptiva de la longitud total de las especies de picudos capturadas por la flota palangrera de Costa Rica.....	119
Tabla 21. Distribución porcentual de los registros anuales obtenidos por parte del programa de observadores de la flota cerquera de la CIAT dentro de los polígonos (A, B, C, D).....	134
Tabla 22. Número de lances registrados por la flota cerquera en los polígonos del decreto del atún antes y después del decreto. χ^2 es el valor observado de la prueba chi cuadrada y p sugiere la probabilidad de que no existan diferencias entre ambos periodos de estudio.....	136

1. Introducción

Dentro y fuera de la Zona Económica Exclusiva (ZEE) del Pacífico costarricense se capturan especies pelágicas utilizando red de cerco, palangre de superficie de deriva y la técnica de *green stick* o palo verde. La composición específica de la captura de dichas flotas ha sido previamente documentada y ha servido como sustento para medidas de ordenamiento, regulación y conservación en las pesquerías.

Las pesquerías en la franja tropical son por lo general multiespecíficas, incluyendo aquellas que operan mar adentro, como es el caso de las pesquerías de palangre de deriva y pesquerías cerqueras. Cuando estas pesquerías operan en zonas cercanas a la costa, entonces las especies dominantes en las capturas de una pesquería también son incidentales en otras pesquerías de menor radio de acción, como pesquerías artesanales o de pequeña escala. La captura incidental de diversas especies varía en función de aspectos tecnológicos del sistema de captura, la faena de pesca, y distribución espaciotemporal de las especies.

Estudios previos indican un alto nivel de interacción entre las flotas cerqueras y palangreras en el Pacífico costarricense, lo que se traduce en conflictos sociales asociados con la pesca de atún, motivo por el cual se estableció el Decreto Ejecutivo 38681 MAGMINAE, ORDENAMIENTO PARA EL APROVECHAMIENTO DE ATÚN Y ESPECIES AFINES EN LA ZONA ECONÓMICA EXCLUSIVA DEL OCÉANO PACÍFICO COSTARRICENSE (el decreto del atún). El gobierno indujo a que las operaciones de pesca de atún con red de cerco estuvieran más alejadas de la zona costera en donde tradicionalmente operaban y estableció polígonos de exclusión para la flota cerquera dentro de la ZEE de Costa Rica.

El nivel de interacción entre estas pesquerías tiene importantes implicaciones para el manejo de los recursos pesqueros, particularmente al incluir otros factores relevantes de las pesquerías, como lo son la dimensión social y económica, así como los intereses de conservación y manejo pesquero. Encontrar el balance entre estos pilares es el gran paradigma de la sustentabilidad. Lo anterior requiere de un gran esfuerzo de cooperación, no sólo entre actores y objetivos de administración nacional, sino también deben alinearse con las directrices establecidas y acordadas en convenios y convenciones regionales e internacionales; particularmente al tratar especies altamente migratorias. El avance en las relaciones de cooperación regional en materia pesquera no solo incluye a las principales especies de las pesquerías y las de interés para la conservación (tiburones y rayas), sino también a las especies carismáticas como las tortugas y delfines. En ese sentido, también se ha propuesto el monitoreo sistemático de las especies que forman parte tradicional de la captura incidental, tal como se definió en la Convención de Antigua de la Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT) (CIAT 2010).

Durante el desarrollo de las pesquerías de pelágicos mayores, se han implementado distintos monitoreos de las capturas con el propósito de conocer el elenco de especies capturadas y su estructura demográfica en términos de tallas, condición de madurez y sexo. En la medida de lo posible, los monitoreos se han ido refinando de tal modo que la metodología ha sido estandarizada y los datos colectados puedan ser comparables a través del tiempo. Así mismo, se ha puesto atención a las especies que son capturadas incidentalmente en dichas pesquerías, documentando la proporción respecto a la captura, así como información relevante sobre su biología (Whoriskey *et al.* 2011; Dapp *et al.* 2013). Dichos monitoreos son el resultado de la cooperación del sector productivo y las diversas instituciones nacionales e internacionales en Costa Rica.

El mayor esfuerzo de ordenamiento está orientado por las Organizaciones Regionales de Ordenación Pesquera (OROP) de las cuales Costa Rica es signataria, como es el caso de la CIAT que monitorea las pesquerías de atunes y especies afines en el Océano Pacífico. No obstante, la cobertura de los monitoreos biológicos pesqueros de CIAT a nivel regional han estado enfocados históricamente a las especies de atún. Sin embargo, muchas de las especies incidentales en las pesquerías de altura no son monitoreadas de manera suficiente como es el caso del dorado y el pez espada. En algunos casos, se desconocen aspectos básicos de su biología como la estructura de longitudes, su estado de desarrollo y otros aspectos de su ciclo de vida. Asimismo, otros grupos que son importantes componentes de la captura incidental, como el caso de los tiburones, en donde se incluyen especies de interés para la conservación, su monitoreo es aún limitado.

Existen numerosas iniciativas de regulación nacionales, regionales e internacionales para normar y ordenar las diferentes flotas de bandera extranjera de cerco y las nacionales comerciales de mediana escala y avanzada. Dichas iniciativas están sustentadas en estudios tanto de naturaleza pesquera, como en estudios para valorar la importancia de los ecosistemas y la diversidad dentro de las áreas marinas protegidas del Pacífico de Costa Rica (SINAC 2018). Costa Rica ha adoptado iniciativas de protección a los recursos pesqueros con base en un sistema de áreas protegidas dentro de su zona económica exclusiva y otras normativas como el Decreto Ejecutivo 38681 y otras específicas como las que surgen de los Acuerdos de Junta Directiva del INCOPEPESCA.

1.1 Flotas que operan en el Pacífico de Costa Rica

La captura comercial de grandes pelágicos (atunes, dorado, picudos y tiburones) en Costa Rica se realiza principalmente por flotas comerciales de pequeña escala, de mediana escala y de avanzada, así como por la flota internacional atunera que opera con licencias de pesca en la ZEE del Pacífico. Dichas flotas son clasificadas por su autonomía y su sistema de captura de acuerdo con la Ley de Pesca y Acuicultura No. 8436. Las características de la flota comercial de pequeña escala, en general, son similares a la de otros países latinoamericanos, las cuales destacan por ser de naturaleza artesanal con embarcaciones pequeñas y motores fuera de borda, de baja tecnología y limitada capacidad de almacenamiento y autonomía (viajes diarios), las cuales operan en un reducido radio de acción (< 3 millas de la costa). Los sistemas de captura de esta flota incluyen cuerda de mano, redes de enmalle, palangres de fondo y de superficie.

La flota de mediana escala es más tecnificada que la de pequeña escala. Está compuesta por embarcaciones de mayor eslora con mucho mayor calado, mayor autonomía (<25 días) y capacidad de bodega. La conservación de la captura puede ser principalmente enhielada o congelada. Esta flota utiliza principalmente palangre de superficie con o sin alambre (reinal de acero) en el reinal (también llamado chilillo) y diferentes tipos de anzuelo y tamaños. Esta flota también utiliza el arte de pesca de *green stick*.

La flota comercial de avanzada está compuesta por embarcaciones más tecnificadas en comparación con la flota artesanal; tanto para la faena de pesca como para el almacenamiento de la captura, la cual se transporta enhielada o congelada. Al igual que la flota de mediana, esta flota también utiliza palangre de superficie con o sin alambre y diferentes tipos de anzuelo y tamaños. Esta flota también utiliza el arte de pesca de *green stick*.

El sistema de captura de palangre de superficie utilizado, el tipo de carnada y la zona de pesca, tanto en la flota de mediana como en la de avanzada busca la captura de especies llamadas “pelágicos mayores” o “grandes pelágicos”, las cuales son peces pelágicos (que habitan la zona superficial de la costa y océano) de gran tamaño que incluye tiburones, atunes, picudos y dorados, principalmente. Este grupo de especies son comunes en pesquerías palangreras pelágicas de altura. No obstante que la especie o grupo de especies objetivo sea identificado, la configuración del palangre y la faena de pesca influyen la composición de las especies.

En un informe de preevaluación de la pesquería multiespecífica de palangre en Costa Rica reporta un total de 334 embarcaciones en el Pacífico con un 78% y 22% de embarcaciones de mediana escala y avanzada, respectivamente (Valle-Esquivel *et al.* 2018). Aproximadamente el 55% de las embarcaciones palangreras tienen como puerto base

Puntarenas, lo cual lo convierte en el puerto pesquero más importante en la pesquería de palangre del litoral del Pacífico de Costa Rica.

Como se mencionó anteriormente, la CIAT ha coordinado el ordenamiento de los atunes y especies afines en el Océano Pacífico Oriental (OPO). Las mayores capturas de atunes se llevaban a cabo por embarcaciones cerqueras internacionales que operaban dentro de la ZEE de Costa Rica. Eventualmente, se observó que tanto el número de embarcaciones de la flota de cerco internacional, como el poder de pesca de las embarcaciones supera las expectativas de la flota costarricense. De tal manera que fue necesario crear zonas específicas para la pesca del atún por la flota nacional que garantizara las necesidades de mercado y alimentación. Esta iniciativa se concretó con el Decreto Ejecutivo 38681 MAG-MINAE de 2014. En ese entonces, la flota atunera internacional que operaba mediante licencia de pesca otorgada por Costa Rica en la ZEE de Costa Rica, se conforma por alrededor de 24 embarcaciones extranjeras de México, Panamá, Vanuatu, Estados Unidos y Venezuela que desembarcaron principalmente atún aleta amarilla (Mug-Villanueva 2013).

1.2 Instrumentos y disposiciones vinculantes

Con la aspiración de Costa Rica de alcanzar la certificación de la pesquería palangrera por parte del Marine Stewardship Council (MSC), se inició con un proceso de evaluación para conocer si los estándares requeridos para la certificación eran alcanzados. El protocolo de certificación del MSC incluye tres principios a cumplir que tienen que ver con el estado de los stocks objetivo; el estado del ecosistema y la gestión de la pesquería. El primer ensayo para evaluar la pesquería con el protocolo de certificación de MSC arrojó resultados valiosos que trazan una directriz hacia dónde orientar los esfuerzos necesarios para cumplir con los estándares necesarios, particularmente en el dorado y pez espada (Valle-Esquivel et al. 2018). Cada una de estas especies tiene sus peculiaridades en cuanto a su pesquería y su distribución geográfica ya que, debido a su naturaleza migratoria, están sujetas a distintos regímenes de pesca en varios países. Aun así, existe un gran desconocimiento sobre los aspectos poblacionales que permitan hacer inferencias sobre el estado de la población y el estado del ecosistema en el que transita.

Con la intención de avanzar hacia el objetivo de la certificación, se inició en el 2018 un Proyecto de Mejora Pesquera (o FIP por sus siglas en inglés) de atún aleta amarilla, dorado y pez espada, capturados con palangre de superficie y *green stick* por la flota costarricense comercial de mediana escala y avanzada. Incluso, se oficializa un Comité de seguimiento del FIP mediante el AJDIP/116-2021 emitido por la Junta Directiva de Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura. Las acciones del plan de trabajo del FIP incluye diseñar e implementar

un sistema continuo de colecta de datos y monitoreo para grandes pelágicos. El propósito es generar a largo plazo series de estadísticas pesqueras de capturas e índices de abundancia relativa (CPUE) que puedan ser publicadas periódicamente. Así mismo, la compilación, sistematización y análisis de la información sobre la captura de especies secundarias por tipo de arte de pesca y documentar la captura de especies secundarias y posible impacto de la pesquería.

Una de las disposiciones administrativas más relevantes para la conservación de los recursos pelágicos es el decreto del atún 38681-MAG-MINAE, el cual establece medidas de ordenación pesquera en la ZEE del Pacífico costarricense. Asimismo, en 2022, se declaró el área marina de manejo del Bicentenario gestionada por el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), que abarca un espacio considerable de los polígonos establecidos por el decreto del atún. Valorar el nivel de interacción de la operación de la flota en términos de esfuerzo pesquero, nivel de captura, composición de especies y estructura de las poblaciones en un periodo previo a la instauración del área del Bicentenario (hasta 2019) es el motivo del presente documento.

1.3 Justificación y objetivos

Justificación

Debido al alto nivel de interacción entre las flotas cerqueras y palangreras en el Pacífico costarricense, y a los conflictos sociales asociados con la pesca de atún derivado de las mismas, se estableció el Decreto Ejecutivo 38681 MAG-MINAE, ordenamiento para el aprovechamiento de atún y especies afines en la zona económica exclusiva del Océano Pacífico Costarricense (el decreto del atún). En virtud de lo anterior, el gobierno costarricense indujo a que las operaciones de pesca de atún con red de cerco estuvieran más alejadas de la zona costera en donde tradicionalmente operaban y estableció polígonos de exclusión para la flota cerquera dentro de la ZEE de Costa Rica. Debido a lo anterior, impera la necesidad de compilar y analizar la información disponible de las flotas que operan en estos polígonos administrativos, con la finalidad de conocer aspectos de la faena de pesca, la distribución espaciotemporal de las capturas, su abundancia estacional y otros relevantes de la biología pesquera de las especies desembarcadas. Esta información, eventualmente reforzará las medidas de conservación y manejo necesarias para estas pesquerías.

Objetivo general

Evaluar el estado de las pesquerías e identificar indicadores biológicos de las poblaciones de grandes pelágicos sujetas a explotación.

Objetivos particulares

1.3.1 Estado de las pesquerías sobre las poblaciones de pelágicos mayores

Describir el estado actual de las pesquerías sobre las poblaciones de pelágicos mayores considerando su desarrollo histórico y su disponibilidad estacional.

1.3.1.1 Dinámica de las pesquerías

Determinar la dinámica de las pesquerías considerando la zona de operación y las temporadas de pesca.

1.3.1.2 Estimar la variación temporal de los desembarques y tasas de captura

Estimar la variación temporal de los desembarques y tasas de captura de los grupos funcionales reportados en las bases de datos y sobre las especies más importantes de la captura para distintas unidades de pesca.

1.3.2 Identificar indicadores biológicos de las principales especies

Se valorarán diferentes indicadores biológicos que permitan conocer cuáles han sido los cambios en las poblaciones.

1.3.2.1 Definir indicadores sobre el estado de las poblaciones sujetas a explotación

Definir, con base en los registros biológicos disponibles, indicadores que provean información acerca el estado de las poblaciones sujetas a explotación

1.3.2.2 Variación temporal de los indicadores biológicos de las especies

Estimar la variación temporal de los indicadores biológicos de las especies más importantes desembarcadas por las flotas de mediana escala y avanzada.

1.3.2.3 Cambios en la estructura de la comunidad biótica sujeta a explotación

Evaluar posibles cambios en la estructura de la comunidad biótica sujeta a explotación.

1.3.3 Distribución espaciotemporal de la captura y CPUE

Analizar la distribución espaciotemporal de la captura y CPUE de las principales especies de cada grupo funcional.

1.3.4 Interacción entre flotas palangrera y cerquera

Estimar el nivel de interacción entre las flotas palangrera y cerquera que operan en el Pacífico costarricense.

1.3.4.1 Variación temporal en la interacción espacial entre flotas

Evaluar la variación temporal en la interacción espacial entre distintas unidades de pesca.

1.3.4.2 Valorar el funcionamiento de los polígonos del decreto del atún

Valorar el funcionamiento de los polígonos del decreto del atún con relación a la interacción entre flotas.

1.3.5 Incrementar el conocimiento de las pesquerías de atunes y las especies afines

1.3.5.1 Fichas técnica infográficas de las principales especies

Elaborar una infografía con formato de ficha técnica con los resultados de los análisis para las especies más importantes.

1.3.5.2 Propuesta de formato para informes anuales e indicadores de la pesquería

Elaborar una propuesta de formato para la elaboración de informes anuales de indicadores de la pesquería.

2. Metodología

2.1 Descripción del estado de las pesquerías sobre las poblaciones de pelágicos mayores

2.1.1 Determinación de la dinámica de las pesquerías (zona y temporada)

Para la exploración espaciotemporal de los registros en la base de datos, se obtuvieron los polígonos espaciales de Costa Rica y los países colindantes al norte (Nicaragua) y al sur (Panamá) por medio del paquete “Raster” del software R (Hijmans, 2022). Después, se consultó el sitio web Marine Regions¹ para descargar el polígono de la Zona Económica Exclusiva de Costa Rica. Al mapa se adicionaron las capas de los polígonos espaciales del decreto del atún (A, B, C y D) proporcionadas por INCOPECA y se obtuvo la ubicación geográfica de los puertos o comunidades pesqueras más importantes del Pacífico Costarricense (Cuajiniquil, Golfito, Playas del Coco, Puntarenas y Quepos) del sitio World Port Source², los cuales fueron corroborados por medio de Google Earth®. El mapa del área de estudio se presenta en la Figura 1.

Para iniciar la exploración general se consideró los datos producto de los muestreos biológicos pesqueros realizados por el Departamento de Investigación del INCOPECA, el cual contiene 441 registros de muestreos de desembarques en puerto para 217 embarcaciones costarricenses del 16/05/2015 al 06/03/2020. Se considera: Matrícula, identificador del barco, características de la embarcación y coordenadas de referencia proporcionadas por el capitán de la embarcación. Así mismo, se consideran las características del esfuerzo, tripulantes, motor, combustible, peso del desembarque total, arte de pesca usado, unidades de medida y observaciones.

Las coordenadas de referencia se utilizaron para generar una visualización espacial general sobre la zona de operación de la flota palangrera en el Pacífico Costarricense.

¹ Marine Regions [Disponible en: www.marineregions.org, consultado el 4 de agosto de 2022].

² World Port Source [Disponible en: <http://www.worldportsource.com/ports/index/CRI.php>, consultado el 4 de agosto de 2022].

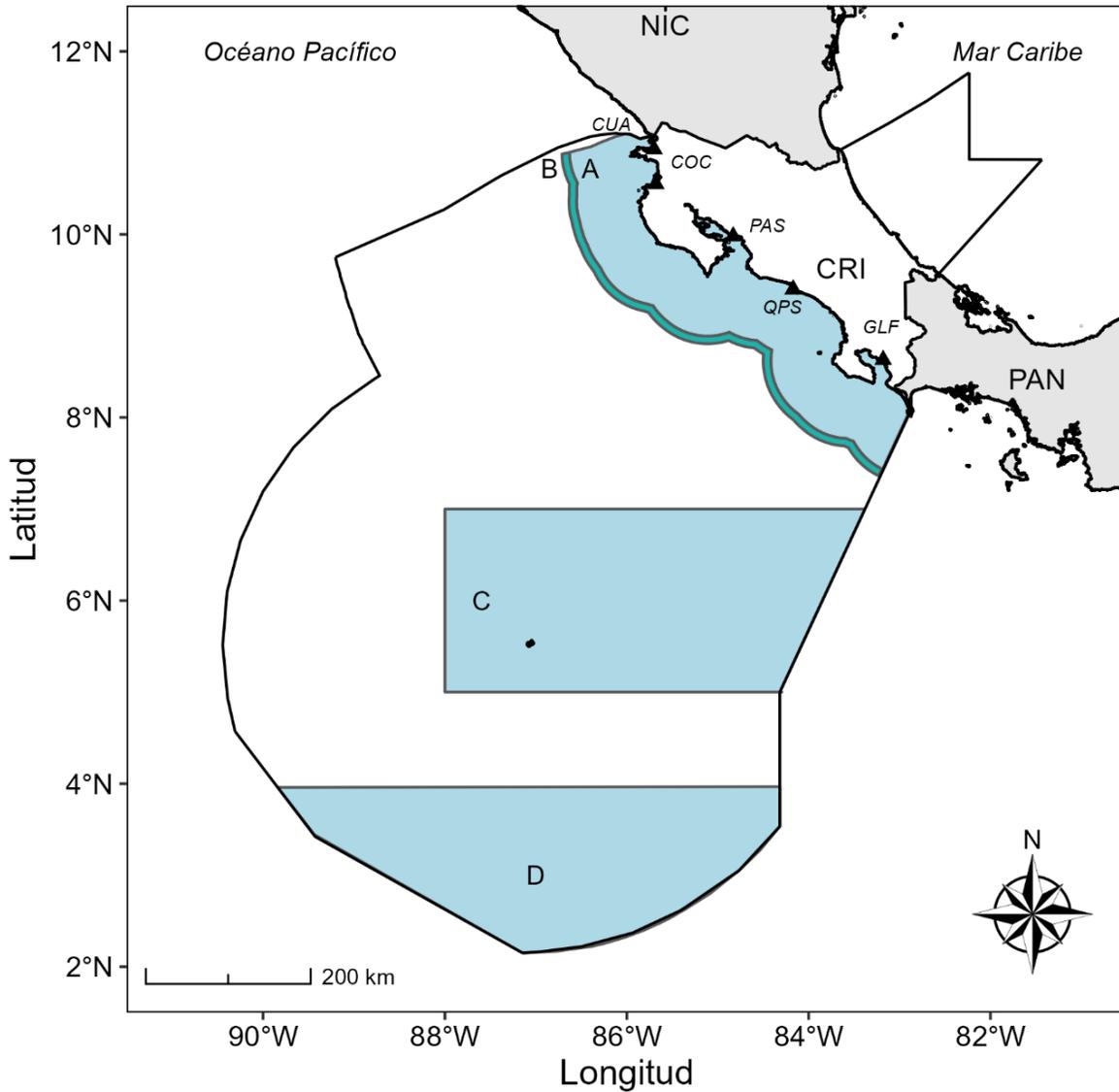


Figura 1. Área de estudio. Se muestra en blanco Costa Rica (CRI) y en gris, los países colindantes: Nicaragua (NIC) y Panamá (PAN). La línea negra continua indica la Zona Económica Exclusiva de Costa Rica. Los triángulos negros indican los principales puertos de la costa occidental de Costa Rica y se muestra el código (UN/LOCODE) para Cuajiniquil (CUA), Playas del Coco (COC), Puntarenas (PAS), Quepos (QPS) y Golfito (GLF). Los polígonos azul claro (A, B, C y D) indican los polígonos definidos en el decreto 38681 MAG-MINAE para el manejo espacial de las pesquerías dirigidas con el arte de pesca de palangre a pelágicos mayores en el Pacífico costarricense.

A continuación, con base en la posición geográfica del registro se categorizó si se encontraban dentro o fuera de la ZEE o de cualquier polígono.

2.1.2 Estimación de la variación temporal de los desembarques y tasas de captura de los grupos funcionales reportados en las bases de datos y sobre las especies más importantes de la captura para distintas unidades de pesca

Los desembarques declarados en los formularios de inspección de desembarque (FID) de 2005 a 2020 se filtraron considerando solamente las flotas de mediana y avanzada, en los puertos del Pacífico costarricense declarados como “Barco principal” y “Transbordo”, y solamente las especies, identificadas por nombre común pertenecientes a los grupos de:

a) “tiburones”: Azul (*Pionace glauca*), Bahía (*Carcharhinus galapagensis*), Cornuda blanca (*Sphyrna zigaena*), Cornuda rosada (*Sphyrna lewini*), Fucsia (*Nasolamia velox*), Mako (*Isurus oxyrinchus*), Perro (*Carcharhinus longimanus*), Punta negra (*Carcharhinus limbatus*), Sedoso (*Carcharhinus falciformis*), Tiburón Zorra (*Alopias superciliosus*), Zorro, Zorro pelágico (*Alopias pelagicus*) y Tigre (*Galeocerdo cuvier*).

b) “Picudos”: Marlín blanco (*Makaira nigricans*), Marlín rosado (*Kajikia audax*), Pez espada (*Xiphias gladius*) y Pez vela (*Istiophorus platypterus*);

c) “Atunes”: Atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*), Albacora (*Thunnus alalunga*), Barrilete (*Katsuwonus pelamis*), Atún negro (*Euthynnus lineatus*), Atún ojón (*Thunnus obesus*) y Wahoo (*Acanthocybium solandri*) y d) “dorado”: (*Coryphaena hippurus*).

Se excluyeron de este análisis registros esporádicos de tiburón punta blanca (*Carcharhinus albimarginatus*), mamón (*Mustelus sp*), toro (*Carcharhinus leucas*), gata (*Ginglymostoma cirratum*), rayas, Marlín azul (*Istiompax indica*) y Marlín gris por considerarse que probablemente se debieron a imprecisiones de identificación, reporte, transcripción entre otros. Hay que considerar que *Istiompax indica* puede ser confundido con Marlín negro o Marlín blanco (*Makaira nigricans*). El tiburón zorro y zorro pelágico podrían referirse a una única especie: *Alopias pelagicus*. Los nombres científicos de las especies fueron obtenidos de Alfaro-Rodríguez *et al.* (2020).

Con los datos de FID filtrados, se obtuvo la estadística descriptiva general de los desembarques. Después se agruparon por año para definir una serie histórica de captura general, por flota, por grupo y por especie dentro de cada grupo. Posteriormente se obtuvieron los promedios de desembarque por viaje por año y mes para cada grupo y especie. El promedio de desembarques anuales se consideró un indicador (preliminar) de la captura por unidad de esfuerzo y, por lo tanto, de la abundancia relativa. Por su parte, el promedio mensual de los desembarques se utilizó como un indicador de la variabilidad estacional de la abundancia relativa de cada grupo y especie dentro del área de estudio.

2.2 Identificación de indicadores biológicos de las principales especies

Con base en los muestreos realizados por el departamento de investigación de INCOPECA, y con la intención de comparar con la información contenida en los registros de FID, se formaron cuatro grupos funcionales acorde con la cantidad de registros disponibles. Las principales especies dentro de cada grupo funcional incluyeron; tiburones: tiburón sedoso, tiburón zorro pelágico, la cornuda rosada, cornuda rosada y el tiburón azul. En el grupo de Picudos: pez espada, marlín rosado, marlín blanco, y pez vela. El grupo de atunes: atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*), atún ojón (*Thunnus obesus*) y el wahoo (*Acanthocybium solandri*). Finalmente, el grupo de dorado con una sola especie: *Coryphaena hippurus*.

Debido a que la base de datos disponibles contenía información de tallas del troncho y otras longitudes parciales de las especies, fue necesario convertir dichas longitudes a una longitud de referencia, la longitud total (LT). La LT es utilizada en varias especies para definir tallas legales de primera captura (TLPC), con base en el comunicado de acuerdo de la junta directiva AJDIP/026-2018 para aguas de Costa Rica. Para poder estimar la LT, fue necesario utilizar un método geométrico basado en proporciones con respecto a la LT. De este modo, se convirtieron las tallas registradas en la base de datos para cada especie, pudiendo ser longitud del troncho (LTR), o longitud interdorsal (LID). El método geométrico se describe a continuación:

Tiburones.- Se utilizaron aproximaciones de sus proporciones tomadas de las ilustraciones de las guías de identificación de especies de Compagno (1984). Para cada especie, la ilustración fue digitalizada y procesada en el software *Grab-it XP*, mediante el cual se registró la proporción de la longitud interdorsal (LID) con respecto a la longitud total (LT). Se consideró la longitud interdorsal (LID) como la longitud de referencia en tiburones, debido a que los organismos eran desembarcados sin cabeza y sin viseras (LTR). Esta última medida presenta una variación considerable, pues está en función del sitio del desembarque, del pesador, y de la forma del corte (Figura 2). Una vez obtenida la proporción que guarda la LID con respecto a la LT, esta última pudo estimarse mediante una ecuación genérica: $LT=LID(x)$. Donde *LT* es la longitud total estimada, *LID* es la longitud interdorsal y *x* representa la proporción obtenida con el método geométrico. Las medidas 1 y 3 podrían variar al realizar la medida hasta el extremo anterior e a quilla precaudal.

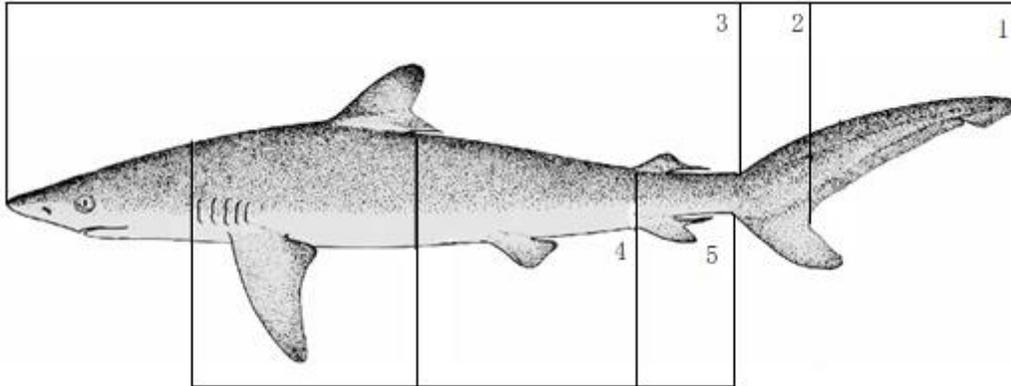


Figura 2. Diferentes longitudes registradas en tiburones. 1.- Longitud total (LT): desde la punta del rostro hasta la punta distal de la aleta caudal. 2.- Longitud furcal (LF): desde la punta del rostro hasta la bifurcación de la aleta caudal. 3.- Longitud precaudal (LP): Desde la punta del rostro hasta el inicio de la aleta caudal. 4.- Longitud interdorsal (LID): Desde el fin de la base de la primera aleta dorsal hasta el inicio de la base de la segunda aleta dorsal. 5.- Longitud del tronco (LTR): De manera general, desde la parte anterior del inicio de las branquias hasta el inicio de la aleta caudal. Ilustración tomada de Compagno (1984).

Para estimar la LT en el tiburón sedoso (*C. falciformis*) y el tiburón zorro pelágico (*A. pelagicus*), se utilizaron los parámetros obtenidos de un modelo de regresión lineal ($y=a+bx$) ajustado a los datos y en su caso lo reportado en la literatura. Para el resto de las especies, se utilizó la proporción obtenida mediante el método geométrico (Tabla 1. Ecuaciones usadas para convertir la longitud interdorsal (LID) a longitud total (LT) en tiburones. R^2 = Coeficiente de determinación, LF= longitud furcal, LP=longitud precaudal).

Tabla 1. Ecuaciones usadas para convertir la longitud interdorsal (LID) a longitud total (LT) en tiburones. R^2 = Coeficiente de determinación, LF= longitud furcal, LP=longitud precaudal

Nombre común	Nombre científico	Ecuación	R^2	Referencia
Tiburón sedoso	<i>Carcharhinus falciformis</i>	LT=16.18+3.705(LID)	0.87	Base de datos CR
		LF=2.44+3.35(LID)	0.89	
		LP=8.06+2.87(LID)	0.89	
Tiburón zorro pelágico	<i>Alopias pelagicus</i>	LF=33.067+3.17(LID)	0.88	(Cruz <i>et al.</i> , 2011)
		LT=19.454+1.589(LF)	0.91	Carrillo-Colín (datos no publicados)
Tiburón azul	<i>Prionace glauca</i>	LT=4.55(LID)		Base de datos CR
Cornuda rosada	<i>Sphyrna lewini</i>	LT=4.39(LID)		Base de datos CR
Cornuda blanca	<i>Sphyrna zygaena</i>	LT=4.03(LID)		Base de datos CR

Base de datos CR= Parámetros y proporciones obtenidas de la base de datos de los muestreos realizados en la pesquería de palangre de pelágicos mayores de Costa Rica.

Picudos.- Por su parte, en los picudos se utilizaron aproximaciones de sus proporciones tomadas de Nakamura (1985). Las ilustraciones de las especies fueron digitalizadas y procesadas con el software *Grab-it XP* con el que se tomaron las medidas y con ello, se obtuvieron las proporciones correspondientes de las medidas con respecto a la longitud total (LT). Se consideró la longitud post orbital (LpO-LF) como la longitud de referencia debido a que facilita la comparación con otros estudios y con otras disposiciones regulatorias de las especies. Dado que la longitud del troncho varía en las especies y eventualmente en los sitios de desembarque, también se determinaron otras funciones a partir de distintas longitudes del troncho para convertir a LpO-LF, y si se desea, con esta se puede estimar a la longitud de la mandíbula inferior a la furca (MI-LF) y finalmente la LT. Para el pez vela, el marlín rayado y el marlín blanco, las longitudes digitalizadas se muestran en la Figura 3. Las longitudes para el pez espada se muestran en la Figura 4.

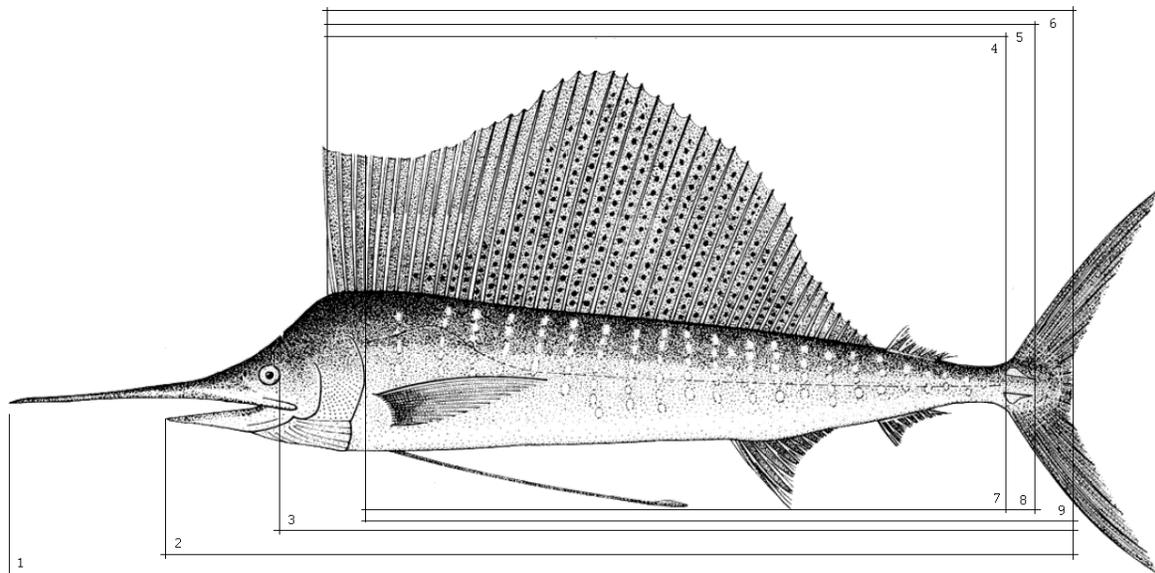


Figura 3. Longitudes utilizadas para convertir las longitudes de troncho a longitud post-orbital a longitudes totales en el pez vela, marlín rayado y marlín blanco. 1.- Longitud total (LT), 2.- Longitud mandíbulo-furcal (LMI-LF), 3.- longitud post-orbital (LpO-LF), 4.- Longitud de la primera espina dorsal al inicio de la quilla caudal (Es-IQC), 5.- Longitud de la primera espina dorsal al final de la quilla caudal (Es-FQC), 6.- Longitud de la primera espina dorsal a la furca (Es-LF), 7.- Longitud de agalla al inicio de la quilla caudal (Ag-IQC), 8.- Longitud de la agalla al final de la quilla caudal (Ag-FQC), 9.- Longitud de la agalla a la furca (Ag-LF). Ilustración tomada de Nakamura (1985).

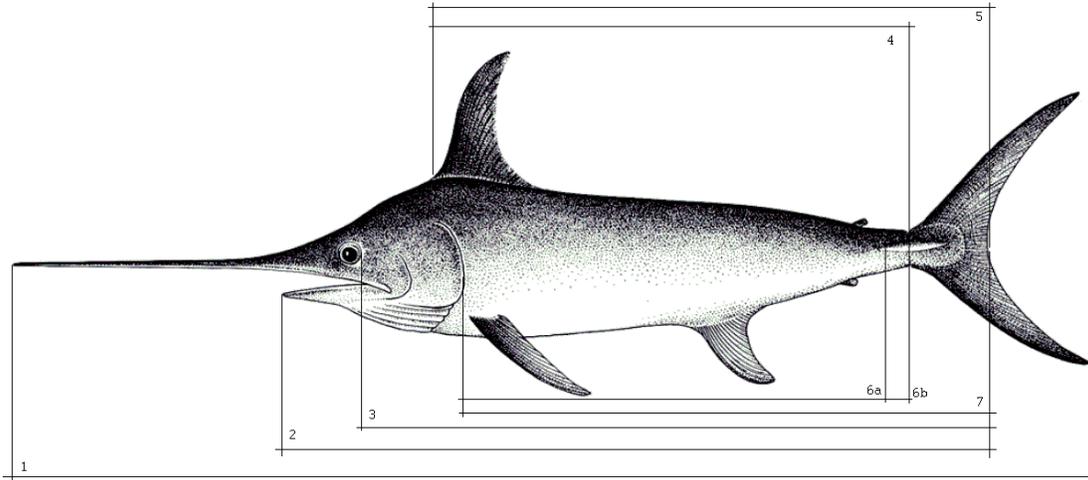


Figura 4. Longitudes utilizadas para convertir las longitudes parciales a longitudes totales en el pez espada. 1.- Longitud total (LT), 2.- longitud de la mandíbula inferior a la furca (LMI-LF), 3.- Longitud post-orbital a la furca (LpO-LF), 4.- Longitud de la primera espina dorsal a la mitad de la quilla caudal (Es-MQC), 5.- Longitud de la primera espina dorsal a la furca (Es-LF), 6a.- Longitud de agalla al inicio de la quilla caudal (Ag-IQC), 6b.- Longitud de agalla a la mitad de la quilla caudal (Ag-MQC), 7) Longitud de agalla a la furca (Ag-LF). Ilustración tomada de Nakamura (1985).

En el caso del pez vela, marlín rosado y marlín blanco, la longitud del troncho (medida # 4 de la Figura 3) representa de la longitud de la primera espina dorsal al inicio de la quilla caudal (Es-QC1). En el pez espada, la longitud de troncho (medida # 4 de la Figura 4) corresponde de la primera espina dorsal a la mitad de la quilla caudal (Es-MQC).

La conversión de longitud troncho a longitud pos-orbital (LpO-LF) se puede obtener con las siguientes relaciones:

Pez vela	$LpO-LF = Es-QC1(0.6937/0.5942)$
Marlín rayado	$LpO-LF = Es-QC1(0.6921/0.5740)$
Marlín blanco	$LpO-LF = Es-QC1(0.6965/0.5667)$
Pez espada	$LpO-LF = Es-MQC(0.5823/0.4451)$

Una vez obtenida la longitud postorbital (LpO-LF), se pueden estimar las longitudes superiores como la longitud de la mandíbula inferior a la furca (MI-LF) y la longitud total (LT).

La conversión de longitud postorbital (LpO-LF) a longitud mandíbula inferior a la furca (MI-LF) se puede obtener con las siguientes relaciones.

Pez vela	$MI-LF = LpO-LF(0.7909/0.6937)$
----------	---------------------------------

Marlín rosado	$MI-LF = LpO-LF(0.8161/0.6921)$
Marlín blanco	$MI-LF = LpO-LF(0.8002/0.6965)$
Pez espada	$MI-LF = LpO-LF(0.6562/0.5823)$

La conversión de longitud mandíbula inferior a la furca (MI-LF) a longitud total (LT) se puede obtener con las siguientes relaciones.

Pez vela	$LT = MI-LF (1/0.7909)$
Marlín rosado	$LT = MI-LF (1/0.8161)$
Marlín blanco	$LT = MI-LF (1/0.8002)$
Pez espada	$LT = MI-LF (1/0.6562)$

Una vez obtenida la longitud postorbital (LpO-LF), se pueden estimar las longitudes superiores, como la longitud de la mandíbula inferior a la furca (MI-LF) y la longitud total (LT) con las siguientes relaciones para cada especie (Tabla 2).

Tabla 2. Proporción de las medidas de picudos para convertir de distintas medidas de troncho a LpO-LF, MI-LF y a LT.

No. Fig. 3	Medida	Proporción			No. Fig. 4	Medida	Proporción
		Pez vela (<i>I. platypterus</i>)	Marlín rayado (<i>K. audax</i>)	Marlín blanco (<i>M. nigricans</i>)			
1	LT	1.0	1.0	1.0	1	LT	1
2	LMI-LF	0.791	0.816	0.800	2	MI-LF	0.656
3	LpO-LF	0.694	0.692	0.696	3	LpO-LF	0.582
4	Es-IQC	0.594	0.574	0.567	4	Es-MQC	0.445
5	Es-FQC	0.616	0.603	0.609	5	Es-	0.517
6	Es-LF	0.649	0.640	0.640	6a	Ag-IQC	0.392
7	Ag-IQC	0.561	0.539	0.539	6b	Ag-FQC	0.415
8	Ag-FQC	0.583	0.569	0.575	7	Ag-LF	0.487
9	Ag-LF	0.617	0.602	0.607			

Los números de la primera columna se refieren a los números de las figuras 3 y 4.

Atunes y dorado. - La longitud furcal de los atunes y dorado se convirtió en longitud total con las ecuaciones presentadas en la Tabla 3. En el caso del dorado común, se realizó el despeje algebraico correspondiente (Figura 5).

Tabla 3. Ecuaciones para convertir la longitud furcal a longitud total en atunes y dorados. R²=Coeficiente de determinación, LT=longitud total, LF=longitud furcal.

Nombre común	Nombre científico	Ecuación	R ²	Referencia
Atún aleta amarilla	<i>Thunnus albacares</i>	LT=7.090+1.045LF	0.92	FishBase (Smallwood <i>et al.</i> 2017)
Atún patudo. Ojón	<i>Thunnus obesus</i>	LT=0+1.096LF	0.88	FishBase (Smallwood <i>et al.</i> 2017)
Dorado común	<i>Coryphaena hippurus</i>	LF=0.855LT. Hembras LF=0.856LT. Machos	0.81	Peralta-Bravo (2006)

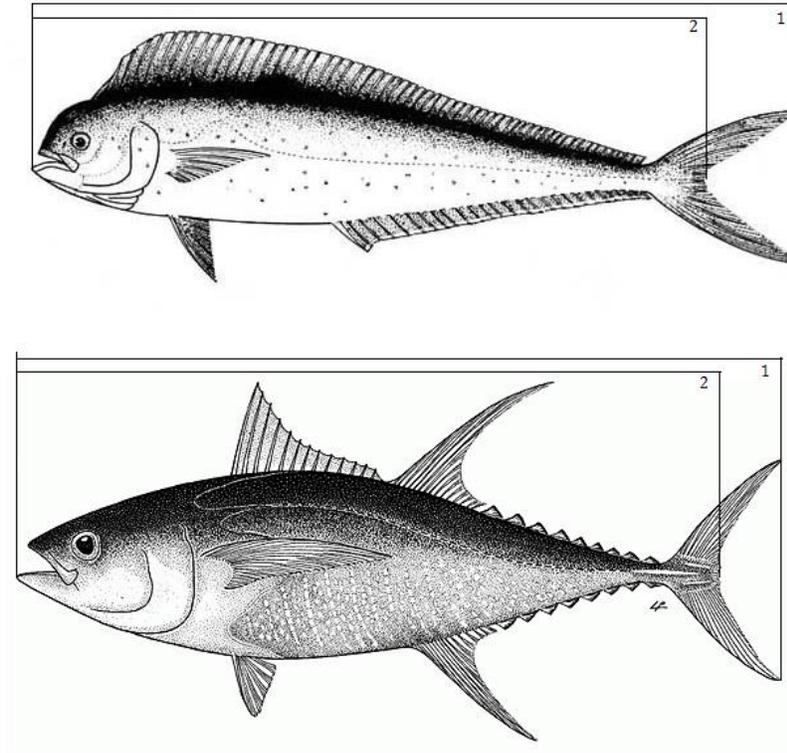


Figura 5. Longitudes utilizadas para convertir la longitud furcal a longitud total en dorados (panel superior) y atunes (panel inferior). 1.- Longitud total (LT): Desde la punta del rostro hasta la punta distal de la aleta caudal. 2.- Longitud furcal (LF): Desde la punta del rostro hasta la bifurcación de la aleta caudal. Ilustraciones tomadas de FAO (2022).

Se utilizaron seis indicadores biológicos basados en talla para determinar una evaluación preliminar del estado de las poblaciones de organismos capturados mediante la flota palangrera en el Pacífico costarricense:

2.2.1 Riqueza específica

Para examinar posibles cambios en la estructura de la comunidad biótica, se generó una curva acumulada de especies mediante el software Matlab 2017 para remuestrear la riqueza de especies. Se utilizaron 200 remuestreos (Bootstrap) de viajes de pesca seleccionados al azar para calcular una media y una desviación estándar de las especies (Ferry y Cailliet 1996). La curva acumulada de especies representa el ritmo promedio en la que se van encontrando las especies por viaje de pesca. La parte inicial de la curva presenta un incremento abrupto, ya que es cuando se encuentran las especies por primera vez en las capturas. Posteriormente, la curva tiende a estabilizarse proyectando un promedio de especies nuevas

cada vez menor sugiriendo que se está alcanzando la mayor riqueza de especie dado el incremento en los viajes de pesca.

2.2.2 Proporción sexual general y temporal de las principales especies

La información sobre la proporción sexual es fundamental para comprender la relación entre los individuos, el medio ambiente y el estado de la población (Vicentini y Araujo 2003). La proporción sexual fue calculada a partir de los conteos del número de machos y hembras de las especies que presentaron dicha información en los muestreos. Se utilizó la prueba X^2 mediante un nivel de significancia del 95% ($\alpha=0.05$) para determinar si dicha proporción fue estadísticamente diferente del valor esperado de 1 hembra: 1 macho. En los registros en donde los valores observados fueron <5 , se utilizó la corrección de Yates (1934). Se realizó dicha prueba a través de los diferentes niveles de los factores año y mes, cuando los datos lo permitieron.

$$X^2 = \sum_{i=1}^2 \frac{(|obs - esp| - 0.5)^2}{esp}$$

Donde *obs* es la frecuencia observada y *esp* es la frecuencia esperada.

2.2.3 Estructura de tallas de la muestra

La estructura de tallas de una población de peces en cualquier momento puede considerarse un indicador que refleja el reclutamiento, crecimiento y mortalidad de la población. Por lo tanto, los datos de frecuencia de tallas son insesgados, brindan información valiosa sobre la dinámica de la población de peces (Neumann y Allen 2007). El tercer indicador biológico involucró un análisis de la distribución de frecuencias de las tallas de captura en función de sexo (cuando la prueba *t-Student* mostró diferencias estadísticas) a través de los años y trimestres. Se realizaron histogramas de frecuencias, con intervalos de 10 cm para lograr una representatividad total de la muestra.

2.2.4 Tendencia anual de la talla promedio de captura

La talla promedio resume la estructura de tallas obtenida en un periodo. Por lo tanto, la reducción de la talla promedio de captura podría indicar una reducción en la frecuencia de organismos grandes. El cuarto indicador biológico incluyó un análisis de la talla media de

captura a través de los niveles de los factores año y mes mediante un análisis de varianza de una vía. En los casos en los que la talla promedio de captura presentó diferencias estadísticas, se realizó una prueba *Post Hoc* de Tukey HSD (Honestly-Significant-Difference) para identificar cual nivel del factor es el que provoca dichas diferencias.

2.2.5 Proporción de organismos por debajo y encima de la TLPC

El quinto indicador biológico representó un histograma de frecuencia y el cálculo de los organismos que se encontraron por debajo y por encima de la Talla Legal de Primera Captura (TLPC) para las especies que presentaron dichas tallas de referencia, publicadas en el acuerdo AJDIP/026-2018 (INCOPECA 2018).

2.2.6 Tendencia de los cambios entre la talla máxima y TLPC

Como sexto indicador, se desarrolló un índice para observar la tendencia de la diferencia entre la talla máxima y la Talla Legal de Primera Captura (TLPC) de cada especie. Para lo anterior, se identificó la talla máxima capturada (L_{max}) por viaje de pesca. Posteriormente, se le restó a cada valor de L_{max} el valor de TLPC según lo establecido por los acuerdos de la Junta Directiva de INCOPECA (AJDIP-026-2018 y AJDIP-098-2018). Finalmente, se calculó un promedio general por año basado en los promedios de cada viaje de pesca. Se realizó un análisis de varianza para determinar si dichos promedios variaron estadísticamente a través de los años. Para aquellas especies que aún no tienen definida una TLPC, se utilizó la talla correspondiente al primer cuartil (1Q), que es el valor donde se acumuló el 25% inferior de las tallas como una talla de referencia de forma provisional.

2.3 Distribución espaciotemporal de la captura y CPUE

Este objetivo dependía de la disponibilidad de datos espaciotemporales de captura por viaje, hora de operación del arte de pesca (estandarizado a un número de anzuelos o red de cerco) pues la intención original era identificar las zonas de operación y captura de ambas flotas para poder evaluar la interacción en el siguiente capítulo. Desafortunadamente, en el proceso se encontraron limitaciones en los datos que impidieron realizar este análisis:

- 1) Para la flota palangrera, la información espaciotemporal más precisa consiste en lo que se refleja en la plataforma de seguimiento satelital mediante el sistema de balizas. Sin embargo, estos datos no se lograron obtener en el tiempo que se realizó el estudio. Por otro lado, la información existente y que pudimos utilizar, fue la que

se registra durante la descarga de viaje con una localización geográfica aproximada (declarada por el capitán). En alcance, INCOPECA proporcionó información sobre las zonas generales de operación de la flota palangrera durante 2019 y 2020. Dicha información se presenta sin un análisis detallado. El análisis de esta información se presenta en el capítulo [3.1.1 Dinámica espaciotemporal de la flota palangrera \(datos muestreos Depto. Investigación/INCOPECA\)](#).

- 2) Originalmente, los datos de la flota cerquera contienen la captura acumulada por año en celdas geográficas de 1° × 1° (latitud × longitud). Por lo tanto, no se obtuvo información de la captura por barco, viaje, lance, ni otra que permita una evaluación espaciotemporal real de la captura o CPUE. En alcance INCOPECA, bajo solicitud a la CIAT proporcionó información más detallada sobre la operación de la flota cerquera en la ZEE de Costa Rica y aguas internacionales. La información se procesó acorde. Los datos de palangre y cerco no fueron comparados debido a sus distintas naturalezas. Sin embargo, considerando la amplia operación de la flota palangrera en la Pacífico de Costa Rica, toda operación de la flota cerquera en dicha zona se considera “interacción”. El análisis de los datos de cerco se presenta en el capítulo [3.4.1 Captura general y operación de la flota cerquera en el Pacífico de Costa Rica de 2010–2019](#).

2.3.1 Captura general y operación de la flota cerquera en el Pacífico de Costa Rica de 2010–2019.

Los datos correspondientes a la flota cerquera provienen del programa de monitoreo de observadores de la CIAT. Se analizó su captura general y su variación espacial en el periodo de 2010–2019.

2.4. Interacción entre flotas palangrera y cerquera.

Considerando la amplia distribución espacial de la flota palangrera en el Pacífico de la ZEE. Cualquier registro de la flota cerquera dentro de la ZEE se consideró interacción. Por lo tanto, el % de registros de la flota cerquera dentro de la ZEE indican interacción con la flota palangrera. Por su parte, el % de registros de lances de la flota cerquera dentro de los polígonos del decreto del atún permite evaluar el funcionamiento de los polígonos del atún con relación a la operación de la flota cerquera.

2.4.1 Evaluar la variación temporal en la interacción espacial entre distintas unidades de pesca

Se deroga con base en los motivos antes mencionados.

2.4.2 Valorar el funcionamiento de los polígonos del decreto del atún con relación a la flota cerquera

Además de la falta de comparabilidad entre los datos de las flotas cerquera y palangrera, es importante recalcar que uno de los objetivos centrales del decreto 38681-MAG-MINAE que se enuncia en el artículo 7° versa: “*En el área comprendida en el Artículo 2, Inciso A), B), C) y D) del presente Decreto, se prohíbe la pesca con red de cerco*”, haciendo referencia a los polígonos A, B, C y D. Con la intención de valorar el funcionamiento de los polígonos, se analizó la variación de un índice de uso de los polígonos por la flota cerquera.

El índice de uso de los polígonos por parte de la flota cerquera se estimó como el porcentaje de registros por año en cada polígono:

$$I_{uso} = \frac{n_{poligono,año}}{n_{año}} * 100$$

Se evaluó la variación anual del índice de uso de cada polígono y después los años se agruparon en dos temporadas (antes y después del decreto), demarcadas por el año 2015, considerado como la fecha más próxima a la entrada en vigor del decreto del atún (5 de noviembre de 2014). Se hizo una comparación estadística (ANOVA de dos vías) entre los periodos en cada polígono.

2.5 Incremento del conocimiento sobre las pesquerías, especies de atún y afines

2.5.1 Fichas técnicas infográficas de las principales especies

Con el propósito de contribuir al conocimiento sobre las especies pelágicas que son capturadas por las flotas de mediana escala y avanzada que operan en el océano Pacífico de Costa Rica, se prepararon fichas infográficas de las principales especies. Como ya se mencionó anteriormente, la información disponible de las principales especies de los grupos funcionales tiburones, picudos, atunes y dorados se presenta en forma de ficha técnica.

Cada ficha técnica fue diseñada para resumir la información disponible analizada en el presente documento y fue estratégicamente presentada en rubros temáticos que se describen a continuación:

1) Imagen de la especie. Se obtuvieron imágenes del dominio público comúnmente presentadas en guías de identificación de especies o libros especializados (CIAT, FAO). Para evitar conflictos de derecho de autor y permisos para su reproducción, las imágenes fueron estilizadas libremente para fines ilustrativos.

- 2) **Distribución espacial de las capturas por flota.** Se comenta brevemente sobre la ecología y distribución de la especie haciendo referencia sobre la ocurrencia de cada especie en las capturas de las flotas costarricenses palangreras de mediana escala y avanzada.
- 3) **Contribución de la especie dentro de su grupo funcional.** En este apartado se contextualiza la proporción que representa el grupo funcional (atunes, dorado, tiburones y picudos) al que pertenece la especie con respecto al resto de los grupos funcionales. Así mismo, se señala la contribución porcentual de la especie en particular dentro de su propio grupo funcional.
- 4) **Serie histórica de desembarques por flota.** En este rubro se presenta el comportamiento histórico de los desembarques totales de la especie. Para fines comparativos, los desembarques se presentan separando las flotas de mediana y avanzada escala.
- 5) **Patrón estacional de los desembarques por flota.** En este apartado se presenta el promedio de los desembarques para cada mes junto con su error estándar, así como el patrón estacional con la finalidad de conocer la disponibilidad de la especie.
- 6) **Estructura de tallas de las capturas.** Se presenta un histograma de frecuencia de tallas de todos los muestreos disponibles con la finalidad de conocer la estructura de la población susceptible de captura. En algunas especies se indica la proporción de individuos que son capturados respecto a la Talla Legal de Primera Captura (TLPC).
- 7) **Síntesis de indicadores de la pesquería.** En este apartado se enlistan algunas observaciones relevantes sobre la especie que son de interés ecológico y pesquero.

2.5.2 Propuesta de formato para informes anuales e indicadores de la pesquería

Se considera que el resultado anual de monitoreos sistemáticos permitirá presentar y acumular de manera sistemática la información recabada. Con el paso de los años, dicha información compatible con la que está siendo recabada por la CIAT complementará el conocimiento de las faenas de pesca de la flota nacional para futuras evaluaciones y administración de la pesquería.

Para contar con información de primera mano y un adecuado manejo de las flotas mayores que operan en el Océano Pacífico de Costa Rica, es imperante retomar los “*monitoreos biológicos*” de las especies desembarcadas. Estos dos tipos de monitoreos son la base de la información necesaria para comprender la dinámica de las pesquerías y la estructura de las especies capturadas.

2.5.2.1 Monitoreos biológicos

De particular importancia es la colecta sistemática y continua de tallas, pesos, sexos y estados de madurez de las especies desembarcadas. Esta información representa un elemento clave para determinar la estructura de la población; y en su momento la estructura de edades de las distintas especies desembarcadas por las flotas que operan en el Océano Pacífico. Por ejemplo, contar con la composición por tallas de las capturas brinda la posibilidad de conocer la disponibilidad de las tallas a la flota y poder dar seguimiento en el tiempo para detectar algún cambio importante que pueda ser asociado a ajustes ecológicos forzados por las condiciones oceanográficas o por aspectos de las faenas de pesca.

2.5.2.2 Monitoreo de las capturas y desembarques

El monitoreo de las capturas y desembarques tienen varias fuentes que puede incluir: Monitoreo de capturas en los lugares de desembarques, Monitoreo satelital (VMS) y un programa de observadores a bordo. Cada una de estas opciones requiere de un diseño de muestreo y protocolos de colecta de información que permita acumular de manera estandarizada los datos y agilizar su gestión en las bases de datos que se elaboren. A continuación, se propone un formato para documentar periódicamente las actividades de la flota.

Formato para los informes anuales de la actividad de las pesquerías de pelágicos mayores en el Océano Pacífico de Costa Rica

1. Introducción

2. Antecedentes

3. Contexto (Cobertura temporal, participantes)

4. Metodología

- 4.1 Monitoreos biológicos.
- 4.2 Monitoreo de capturas y desembarques.
- 4.3 Monitoreo satelital (vms).
- 4.4 Programa de observadores a bordo.
- 4.5 Efectos oceanográficos y cambio climático.

5. Resultados

- 5.1 Monitoreos biológicos
 - 5.1.1 Estructura de la población (por talla, peso, sexo y estado de madurez).
 - 5.1.2 Cambios mensuales en la estructura de la población.
 - 5.1.3 Distribución espaciotemporal de la estructura de la población.
- 5.2 Capturas y desembarques
 - 5.2.1 Esfuerzo pesquero.
 - 5.2.2 Captura por especie.
 - 5.2.3 Abundancia relativa (CPUE) por especie.
 - 5.2.4 Captura incidental.
 - 5.2.5 Interacción con especies en peligro, amenazadas o protegidas (ETP).
- 5.3 Distribución espaciotemporal de las embarcaciones (VMS)
- 5.4 Programa de observadores a bordo
 - 5.4.1 Capacitación.
 - 5.4.2 Cobertura de observadores.

6. Indicadores de la pesquería

3. Resultados

3.1 Estado de las pesquerías sobre poblaciones de pelágicos mayores

3.1.1 Dinámica espaciotemporal de la flota palangrera (datos muestreos Depto. Investigación/INCOPESCA)

Del total de registros ($n=441$), se descartaron 4 por estar en tierra o en áreas demasiado alejadas. Con base en los 437 registros restantes, se identificó que la flota palangrera, en el periodo 2015–2019, operó en un rango latitudinal de $0.11\text{--}10.54^\circ\text{ N}$ y longitudinal de $-101\text{--}83^\circ$, que inciden tanto dentro como fuera de la ZEE del Pacífico de Costa Rica (Figura 6). En general, el 72% de los barcos muestreados provenían de Puntarenas, seguido de 16% de Quepos, 7% de Cuajiniquil y 5% de Golfito. Los barcos provenientes de Playas del Coco representaron el 0.22%. El 85% de las embarcaciones ($n=370$) reportó haber operado dentro de la ZEE del Pacífico costarricense (Figura 7). Por su parte, el 49% de los barcos reportó haber operado en la ZEE, pero en ningún polígono del decreto del atún; 15% fuera de la ZEE. En el polígono A (18%), polígono B (3%), polígono C (15%) y polígono D (<1%) (Figura 8).

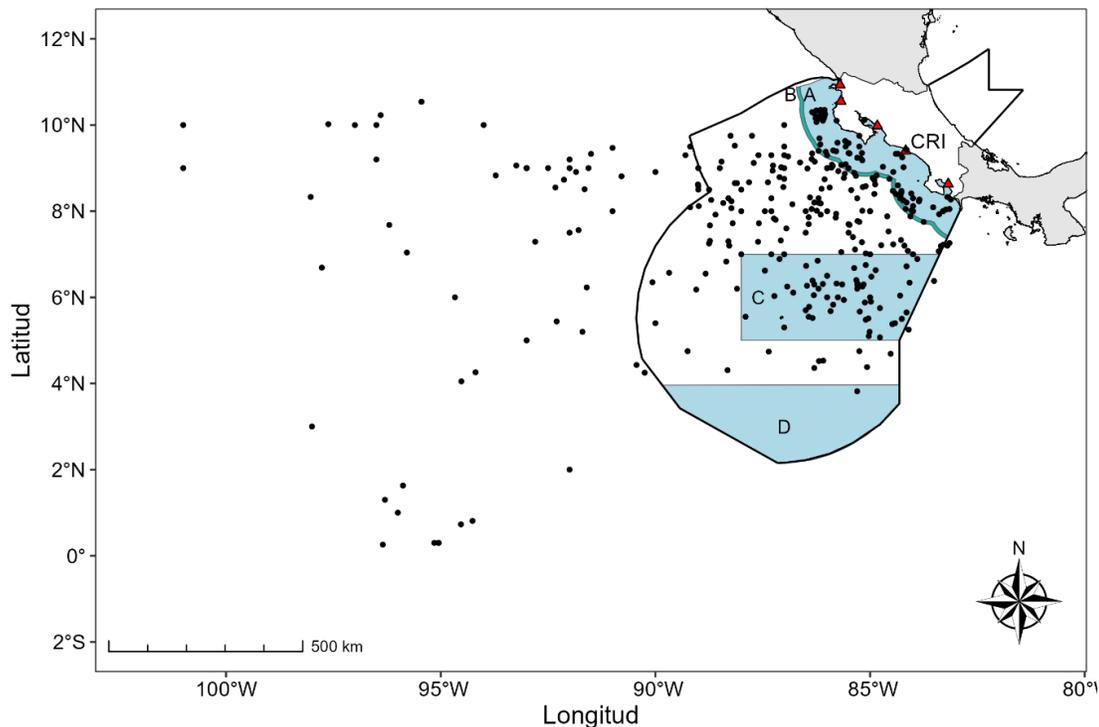


Figura 6. Visualización espacial de las coordenadas de referencia del total de registros obtenidos durante los muestreos en la flota palangrera en los distintos puertos del Pacífico de Costa Rica de 2015–2019. Los polígonos azul claro (A, B, C y D) indican los polígonos definidos en el decreto 38681 MAG-MINAE para el manejo espacial de las pesquerías dirigidas al arte de pesca de palangre que captura especies pelágicas mayores en el Océano Pacífico.

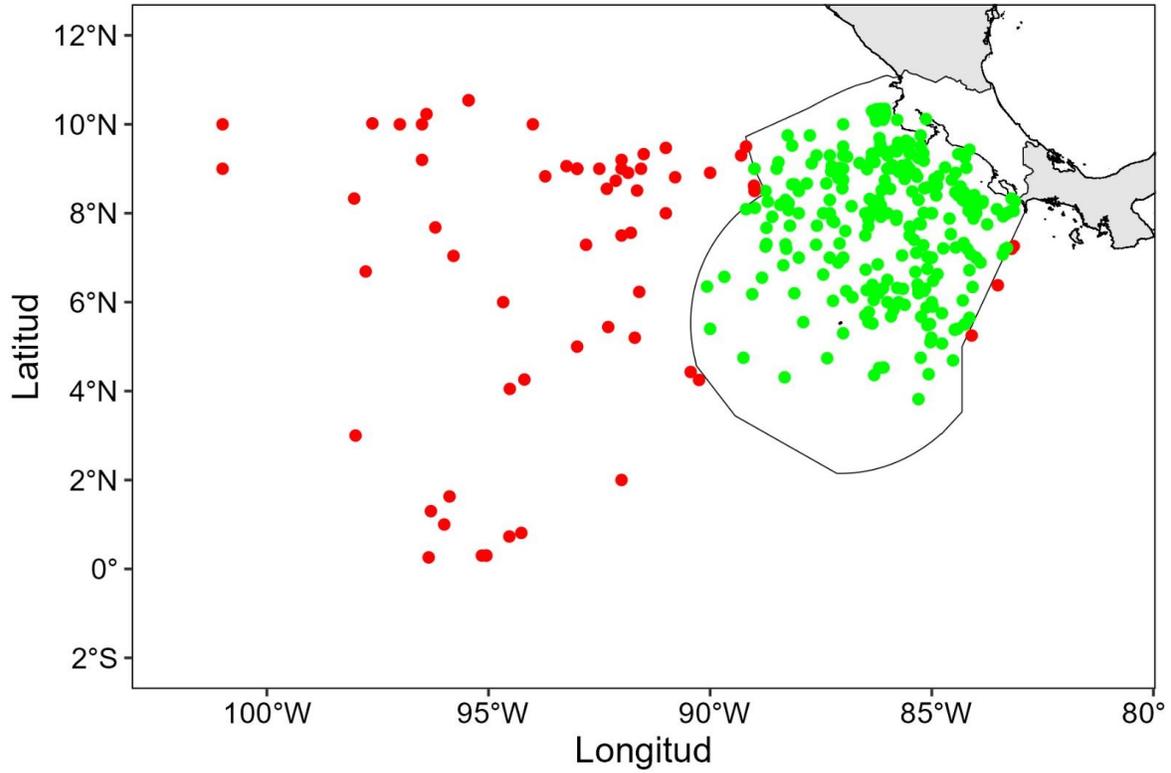


Figura 7. Visualización espacial de las coordenadas de referencia del total de registros obtenidos durante los muestreos en la flota palangrera en los distintos puertos del Pacífico de Costa Rica de 2015–2019. La línea negra continua en el Pacífico de Costa Rica indica los límites de la Zona Económica Exclusiva (ZEE) de Costa Rica. Los círculos rojos indican registros fuera de la ZEE y los círculos verdes indican registros dentro de la ZEE.

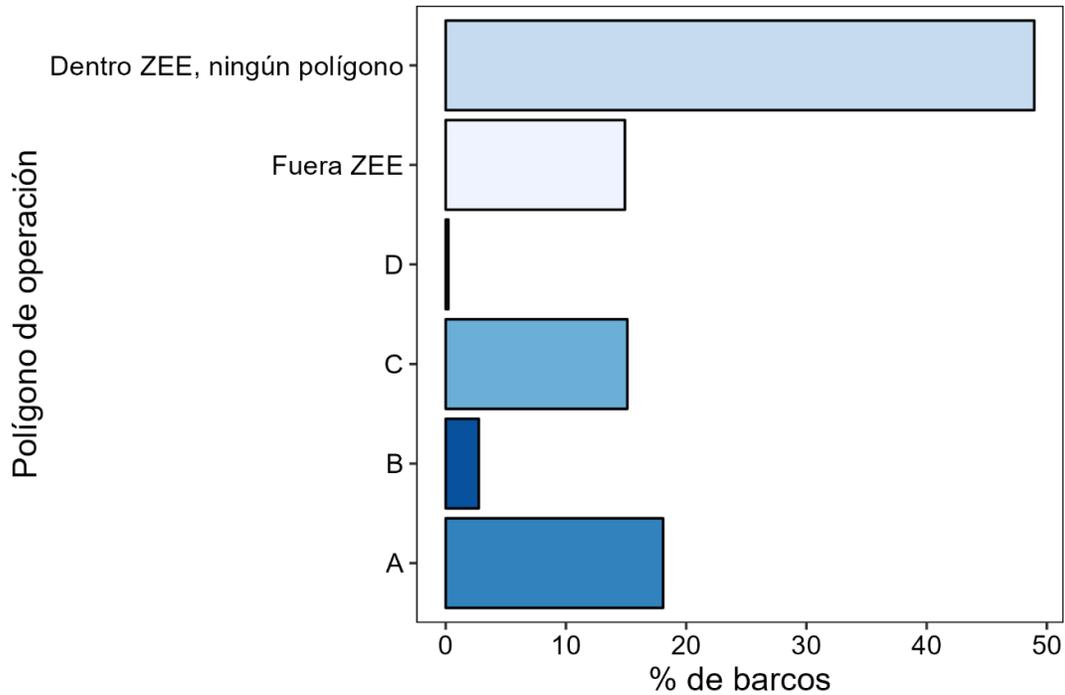


Figura 8. Distribución porcentual del área de operación de la flota palangrera del Pacífico de Costa Rica en el periodo 2015–2019.

3.1.1.1 Variación espaciotemporal de la operación de la flota palangrera

En promedio, hubo 86 registros por año, con el menor número de registros en 2017 ($n=40$) y el mayor en 2019 ($n=111$). En general, se observó una tendencia de concentrar el esfuerzo pesquero dentro de la ZEE incrementando el porcentaje de registros en la ZEE de 56% en 2015 a 98% en 2019. La mayor cantidad promedio de registros provienen del polígono C (25%), seguido del polígono A (17%) con contribuciones mínimas del polígono B (3%) y D (<1%). Durante el periodo de estudio, la mayoría de los registros se observaron en el polígono C con un máximo en 2017 de 66%, a excepción de 2019, donde el polígono A concentró mayor cantidad de registros. Se observó un incremento en el promedio de registros provenientes del polígono A de 2015 (7%) a 2019 (31%) (Figura 9).

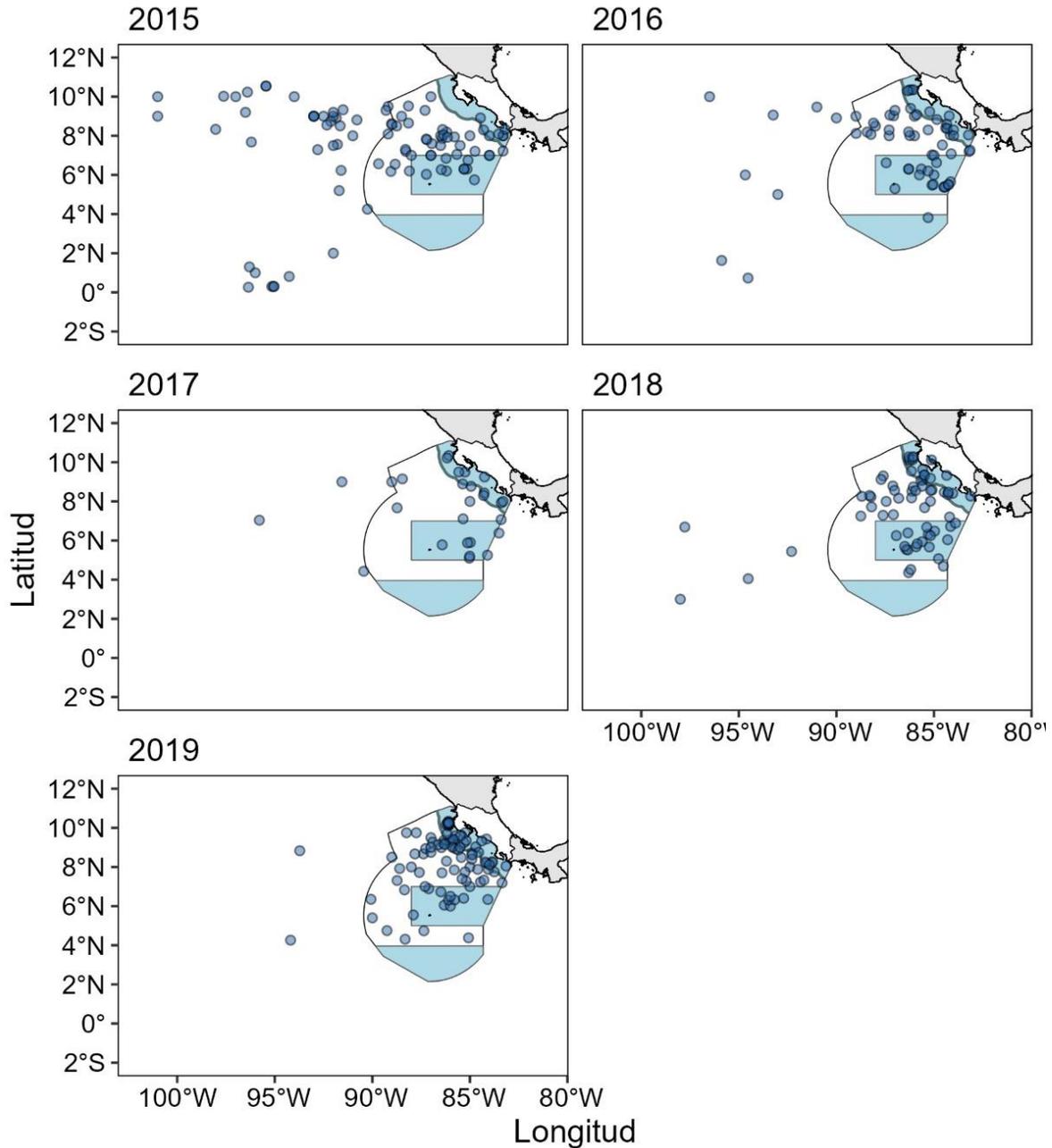


Figura 9. Variación anual de la distribución espacial del esfuerzo reportado por la flota palangrera del Pacífico de Costa Rica durante 2015–2019.

Por su parte, los registros dentro de los polígonos muestran una variación mensual. Como ya se mencionó, la mayor parte de los registros en polígonos provienen de los polígonos C y A. En el caso del polígono C, el máximo de registros se concentró en enero (55%) y junio (27%) y mínimos en noviembre (8%) y mayo (5%) con una tendencia negativa conforme transcurre el año. Por su parte, el polígono A concentró la mayor cantidad de

registros en mayo (35%) y agosto (29%) la menor cantidad en enero y septiembre (0% en ambos meses), con un patrón menos claro (Figura 10).

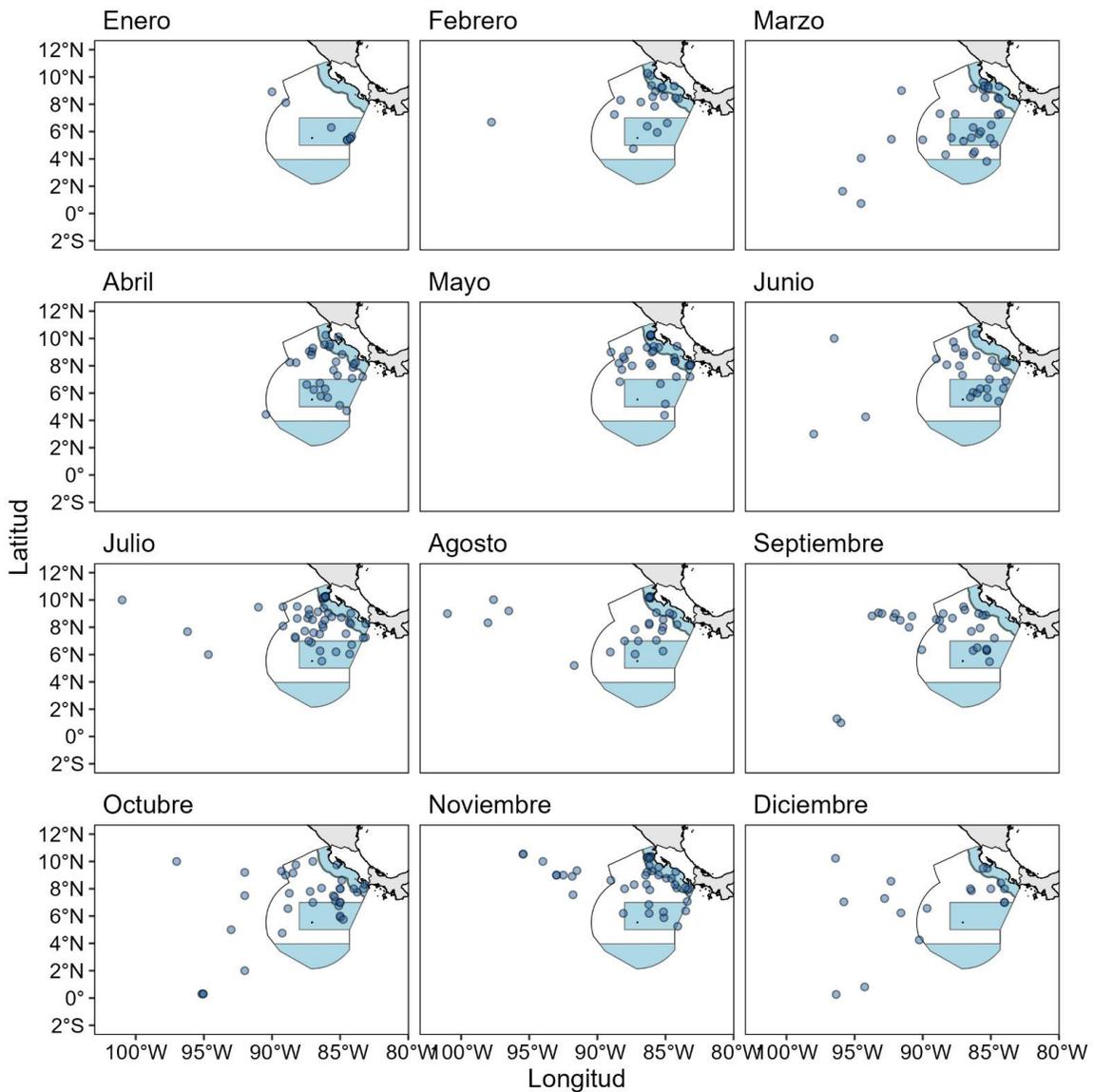


Figura 10. Variación mensual de la distribución espacial del esfuerzo reportado por la flota palangrera del Pacífico de Costa Rica durante 2015–2019.

En general, se observó un patrón de sustitución de operación entre los polígonos C y A en el transcurso del año, incrementando el porcentaje de registros en el polígono A cuando se reducen los del polígono C y viceversa (Figura 11).

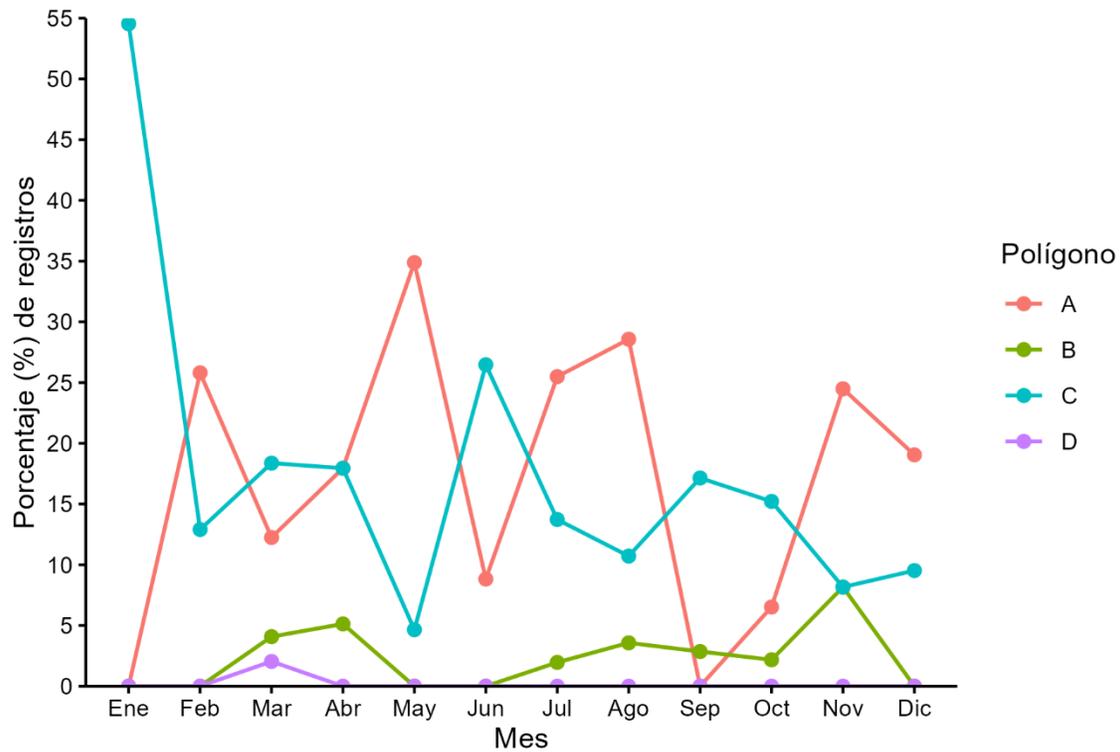


Figura 11. Variación mensual del número de registros por polígono dentro de la ZEE de Costa Rica durante el periodo 2015-2019 con base en los muestreos.

3.1.1.2 Captura por viaje

La captura total por viaje reportada durante los muestreos varió de 145–42,983 kg/viaje con un promedio (geométrico) de 2,544 kg (desviación estándar [DE]=5,783 kg) para un total de 437 registros positivos. Las mayores capturas por viaje se obtuvieron fuera de la ZEE (Figura 12). Con los datos disponibles, los sitios de captura para cada grupo de especies sugieren un hábitat compartido (Figura 13).

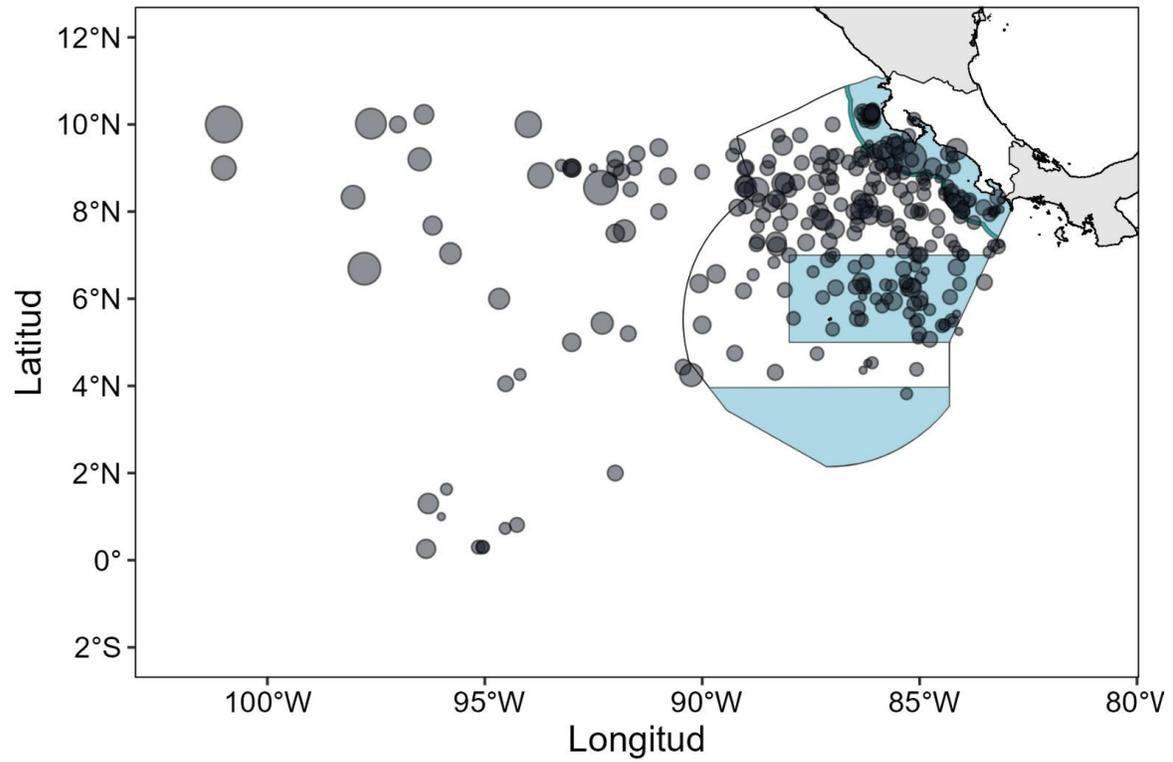


Figura 12. Distribución espacial de la captura total por viaje reportada durante los muestreos de la flota palangrera del Pacífico de Costa Rica durante 2015–2019. El tamaño de los círculos indica el volumen relativo de captura (kg).

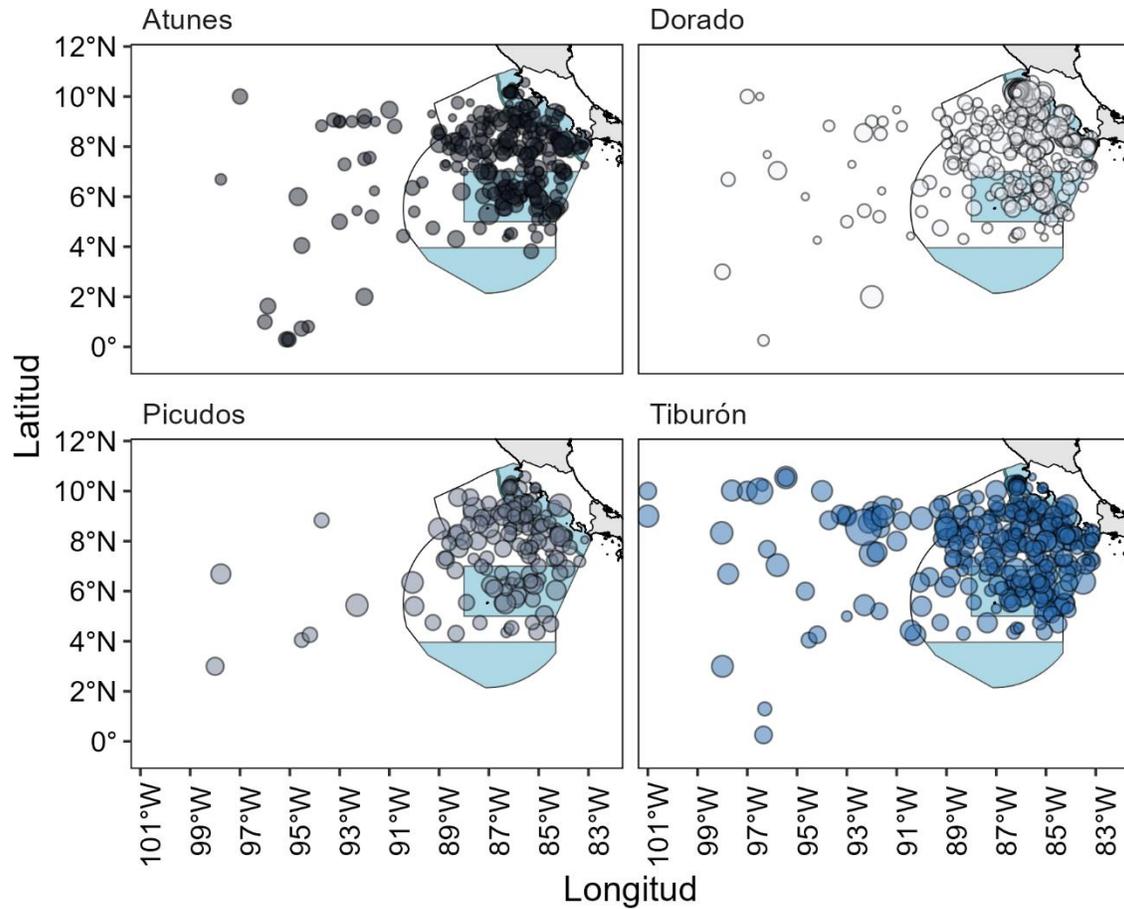


Figura 13. Distribución espacial de los registros de atunes, dorado, picudos y tiburones por viaje reportada durante los muestreos de la flota palangrera del Pacífico de Costa Rica durante 2015–2019. El tamaño de los círculos indica el número de registros de cada grupo.

De acuerdo con la información proporcionada por INCOPEPESCA respecto a las zonas de operación de la flota palangrera obtenida por medio de las balizas satelitales, la flota palangrera opera en la totalidad de la ZEE Costa Rica, incluyendo aguas internacionales al noroeste de la ZEE de Costa Rica, con diferencias mínimas entre los datos de 2019 (Figura 14) y 2020 (Figura 15).

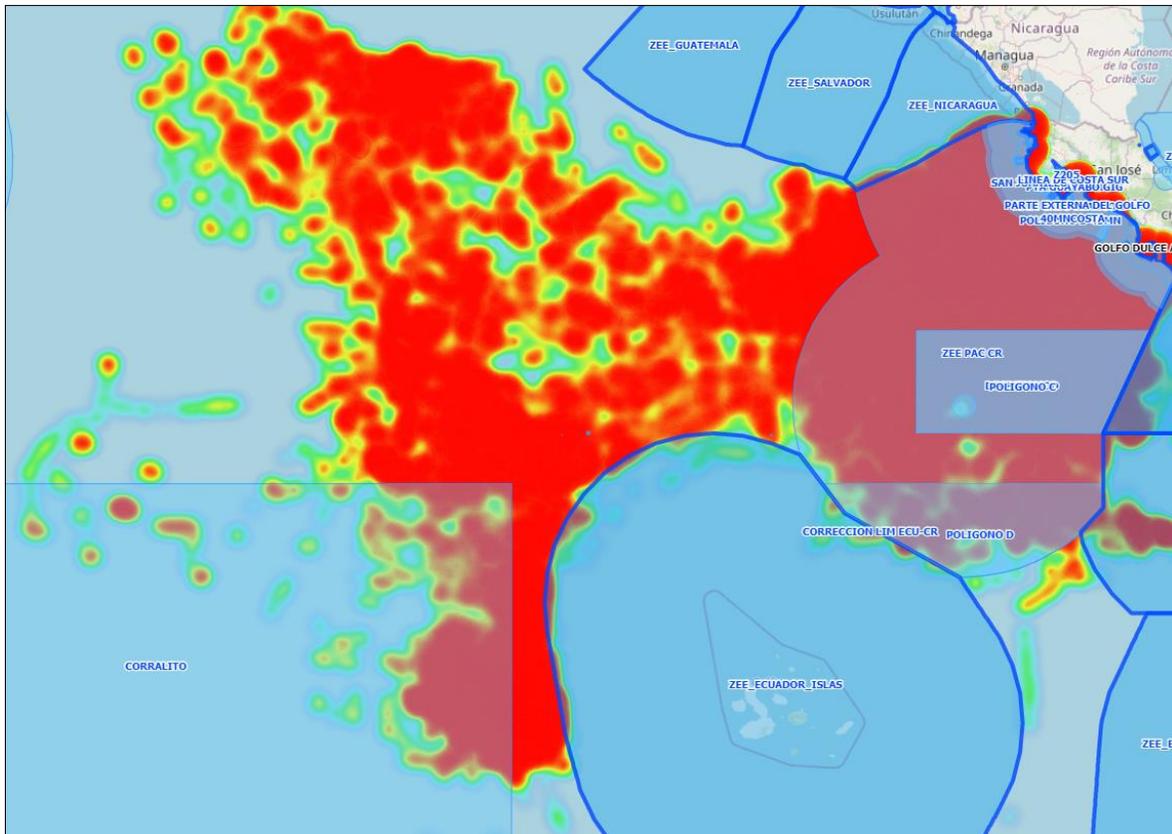


Figura 14. Mapa de calor que indica la actividad de la flota palangrera monitoreada a través de balizas satelitales en 2019. Nótese que las ubicaciones son imprecisas y que el método de estimación del mapa de calor amplía los sitios reales de operación.

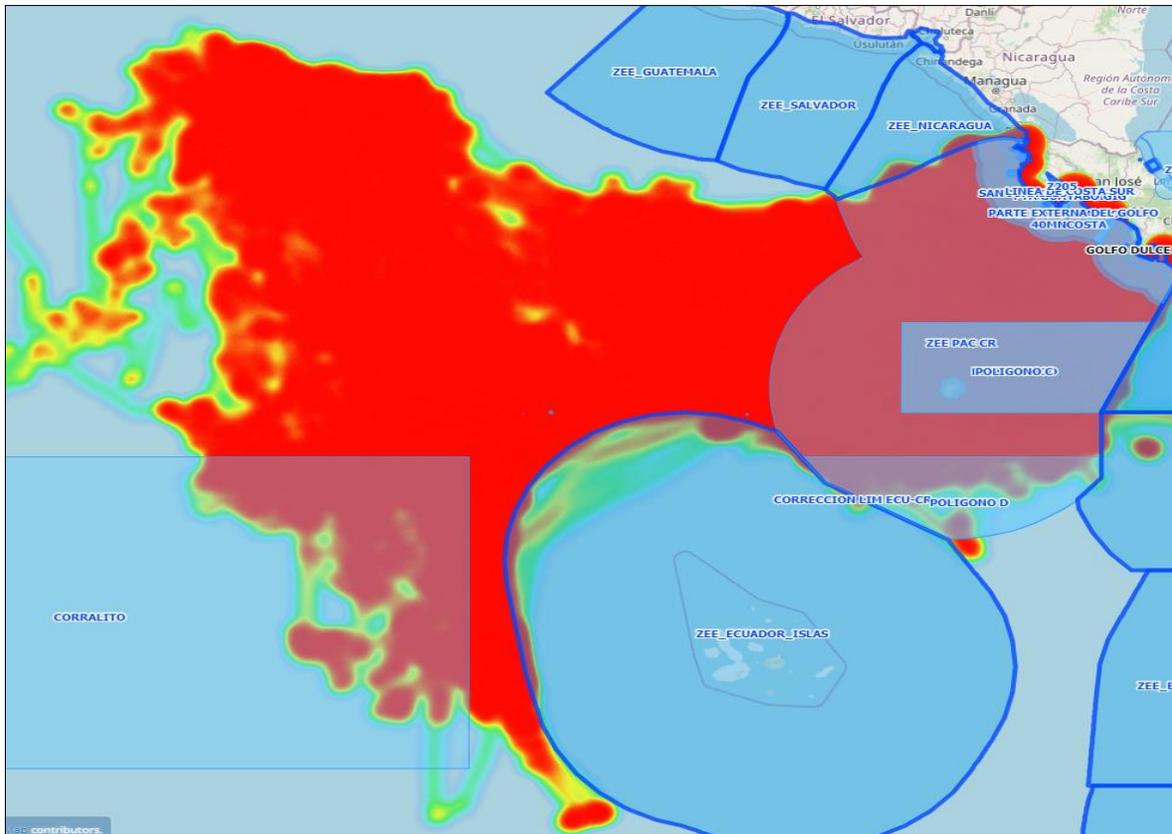


Figura 15. Mapa de calor que indica la actividad de la flota palangrera monitoreada a través de balizas satelitales en 2020. Nótese que las ubicaciones son imprecisas y que el método de estimación del mapa de calor amplía los sitios reales de operación.

3.1.1.3 Características de las embarcaciones

Con base en los registros de los FID y muestreos biológicos por parte de INCOPEPESCA, se identificó que las embarcaciones que desembarcaron durante 2015–2020 y que fueron muestreadas, operaron, en promedio, con motor estacionario a diésel de 237 hp, y un mínimo–máximo de 70–450 hp, con tonelaje bruto de 19.7 t (4.4–105.2 t), tonelaje neto de 8 t (1–34.5 t). En promedio, presentaron una eslora de 12.8 m (8.5–27.2 m), manga de 3.9 m (2.4–7.6 m) y puntal de 1.8 m (1–3.5 m).

3.2 Variación temporal de los desembarques y tasas de captura (FID)

3.2.1 Estadísticas generales (Datos FID)

De acuerdo con los datos de los Formularios de Inspección de Desembarque (FID) en el periodo de 2005–2020 se desembarcaron 115,439 t en los distintos puertos del Pacífico de Costa Rica. El puerto donde se desembarcó la mayor cantidad de productos pesqueros fue Puntarenas (76,710 t) y el que menores desembarques registró fue Guanacaste (673 t) (Tabla 4).

Tabla 4. Desembarques acumulados en cada puerto del Pacífico de Costa Rica durante el periodo de 2005–2020.

Puerto	Captura total (t)
Puntarenas	76,170
Quepos	20,689
Golfito	10,275
Cuajiniquil	5,464
Playas del Coco	2,168
Guanacaste	673

Los desembarques han variado anualmente, con un promedio de 7,102 t (DE=2,195 t) por año y un rango de 2,957–9,852 t. El valor máximo de desembarques se obtuvo en 2018 y el mínimo en 2006. Los desembarques históricos han incrementado a una tasa de 8.6% anual, con incrementos de hasta 80.8% (2008) y decrementos de hasta 17.6% (2019) (Figura 16). Es importante mencionar que el incremento en el registro de desembarque de tiburones se asocia con la implementación de medidas regulatorias locales. Anteriormente, solo se registraban las descargas de aquellas embarcaciones que presentaban tiburones. Posteriormente al 2009, se hace obligatoria la inspecciones del 100% de los desembarques la flota comercial de mediana escala y avanzada (se registra tiburones y otras especies como atunes, dorado, picudos).

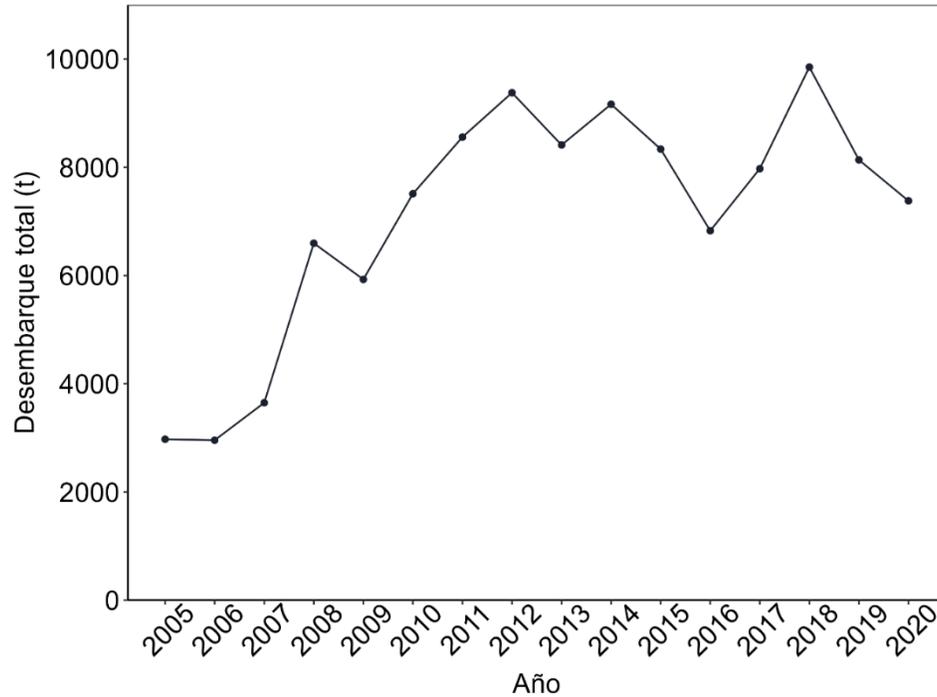


Figura 16. Desembarque total de pelágicos mayores por año en los puertos del Pacífico de Costa Rica en el periodo 2005-2020.

La flota de mediana escala contribuyó con el 71% de los desembarques y la de avanzada con el 29%. La Tabla 5 muestra los desembarques históricos registrados en los Formularios de Inspección de Desembarque (FID) de 2005–2019 y la tabla 6 el promedio mensual para la misma serie de datos, con todos los años combinados.

Tabla 5. Serie histórica de desembarques en toneladas de las especies capturadas por las flotas de mediana escala y avanzada en el Pacífico de Costa Rica. Los valores de cero representan capturas menores a 1 tonelada (t).

Grupo	Especie	Años																Total (t)
		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
Atunes	Atún aleta amarilla	237	346	318	390	410	628	1,107	1,637	1,516	1,046	1,338	992	825	1,175	1,457	1,530	14,952
	Wahoo	5	6	8	9	12	34	18	11	9	16	13	10	8	18	12	14	202
	Atún ojo grande	0		3			4		2	0	9	7	3	16	14	23	34	117
	Barrilete						0	0	20	0	12		0		1	0		34
	Albacora												0		1			1
	Atún negro								0	1	0	0						1
	Total		242	352	328	399	421	667	1,125	1,670	1,526	1,084	1,358	1,006	849	1,209	1,492	1,578
Picudos	Pez espada	75	162	121	159	287	678	892	1,281	1,067	1,109	1,330	1,272	1,255	1,355	1,027	738	12,808
	Marlín blanco	279	184	264	296	374	395	297	511	768	605	466	376	403	541	500	464	6,723
	Marlín rosado	145	106	189	201	181	330	213	219	318	417	442	442	487	380	487	392	4,950
	Pez vela	208	386	282	271	153	212	246	256	296	357	317	267	288	316	342	272	4,469
	Total		708	838	856	926	996	1,615	1,649	2,266	2,449	2,487	2,555	2,356	2,432	2,593	2,356	1,867
Dorado	Dorado	641	744	565	2,089	1,927	943	1,087	2,000	2,103	2,643	909	260	1,582	3,292	1,306	604	22,693
Tiburones	Sedoso	1,015	649	1,504	2,592	1,795	3,465	3,696	2,639	1,743	2,294	2,700	2,191	2,239	2,065	2,406	2,858	35,851
	Tiburón zorro pelágico			0			359	399	373	174	342	458	621	560	422	406	332	4,445
	Azul	140	109	128	147	219	200	325	209	129	101	137	151	145	117	106	81	2,444
	Tiburón zorro	141	170	110	235	353												1,008
	Cornuda rosada	0	1	3	13	44	52	84	82	116	82	100	112	81	71	38	33	912
	Cornuda blanca	1	1	8	21	78	106	117	100	67	77	73	95	59	34	10	16	865
	Cornuda	51	62	100	124	32	2	3		0	6	15			0			397
	Punta negra	6	12	15	24	31	46	34	25	35	23	12	10	11	16	9	7	315
	Tiburón zorra	0	1	0	0	1	7	7	2	58	15	13	19	10	6	5	3	146
	Perro	21	7	16	15	19	21	13	1	1	1	0	0		0	0		116
	Mako	7	8	13	3	5	3	3	1	1	1	0	2	1	1	0	0	50
	Fucsia							3	2	0	1	4	3	2	0	1	0	16
	Otros			0	3	2	4	3	2		0	0			0			15
	Tigre	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0			0	6
	Bahía					0	0	0	1									1
	Total		1,383	1,020	1,896	3,179	2,580	4,267	4,687	3,436	2,325	2,944	3,512	3,205	3,109	2,733	2,982	3,331

Tabla 6. Promedio mensual de desembarques en kg de las especies capturadas por las flotas de mediana escala y avanzada en el Océano Pacífico de Costa Rica. Los valores de cero representan capturas menores a 1 tonelada (t).

Grupo	Especie	Meses												Promedio general	
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic		
Atunes	Barrilete	10,950	2,035	1,752	200	140			55		390.5	268	343	1,793	
	Atún aleta amarilla	617	712	618	586	468	527	578	483	437	454.5	475	514	539	
	Albacora				694									184	439
	Atún ojo grande	176	311	328	222	198	289	202	214	221	328.2	223	220	244	
	Atún negro			33	550		34								206
	Wahoo	39	49	35	54	41	87	103	45	39	32.8	40	42	51	
	Total		11,782	3,107	2,766	2,306	846	936	882	796	697	1,206	1,006	1,303	2,303
Dorado	Dorado	1,499	860	402	439	428	269	287	359	454	801.2	1,105	1,280	682	
Picudos	Pez espada	494	402	458	597	858	777	679	611	596	508.7	557	480	585	
	Marlín blanco	213	191	200	251	360	415	452	402	334	275.1	226	219	295	
	Marlín rosado	200	166	194	222	231	205	211	211	231	246.1	242	230	216	
	Marlín negro	329	135	144	286	338	378	185	90	203	114.4	117	151	206	
	Pez vela	207	239	181	182	208	207	210	190	192	213.4	212	213	204	
	Marlín gris	162			40										101
	Total		1,604	1,133	1,178	1,578	1,995	1,982	1,737	1,503	1,555	1,358	1,354	1,292	1,522
Tiburones	Azul	1,799	1,989	1,481	1,530	1,713	1,259	1,402	1,463	729	691.1	1,232	1,365	1,388	
	Sedoso	1,464	1,186	1,263	1,201	1,082	1,075	1,297	1,429	1,417	1,338.2	1,163	1,205	1,260	
	Tiburón zorro	533	372	462	337	333	330	436	367	361	339.2	289	334	375	
	Tiburón zorro pelágico	330	372	329	348	338	358	432	450	435	397.4	348	334	373	
	Tiburón zorra	358	144	205	237	215	275	453	627	265	166.4	343	133	285	
	Punta negra	356	310	476	243	299	220	221	258	219	290.8	215	227	278	
	Cornuda	267	275	307	282	264	188	200	102	164	141.7	167	381	228	
	Cornuda rosada	381	196	294	221	195	160	172	195	211	212.4	206	241	224	
	Otros	204	316	104	544	104	330	53	149	192	60.8	381	69	209	

Cornuda blanca	139	145	162	187	170	146	120	125	100	110.6	74	111	132
Mako	85	53	83	97	95	93	131	100	65	309.7	397	51	130
Perro	80	84	74	107	117	165	132	88	116	60.8	129	66	102
Bahía				97	124	51	105	90	161	135.8	28		99
Fucsia	73	85	40	57	99	53	77	51	37	67.1	117	60	68
Tigre	35	39	44	58	40	96	69	36	72	66.0	43	57	55
Total	6,103	5,564	5,324	5,546	5,189	4,800	5,301	5,532	4,544	4,388	5,131	4,633	5,171
Total mensual promedio	20,989	10,664	9,670	9,870	8,458	7,988	8,207	8,191	7,251	7,753	8,597	8,508	9,679

*Los registros de tiburón zorro podrian referirse al tiburón zorro pelágico (*Alopias pelagicus*).

*El Marlin negro podria referirse tanto a Marlin azul (*Istiompax indica*) como al Marlin blanco (*M. makaira*).

*Los datos del Marlin gris podrian referirse al Marlin blanco.

3.2.2 Composición de los desembarques

En términos generales, el porcentaje de los desembarques estuvo compuesto por tiburones (40%), picudos (27%), dorado (20%) y atunes (13%). Los desembarques de cada grupo de especies mostraron distintos patrones de fluctuación durante el periodo de estudio (Figura 17).

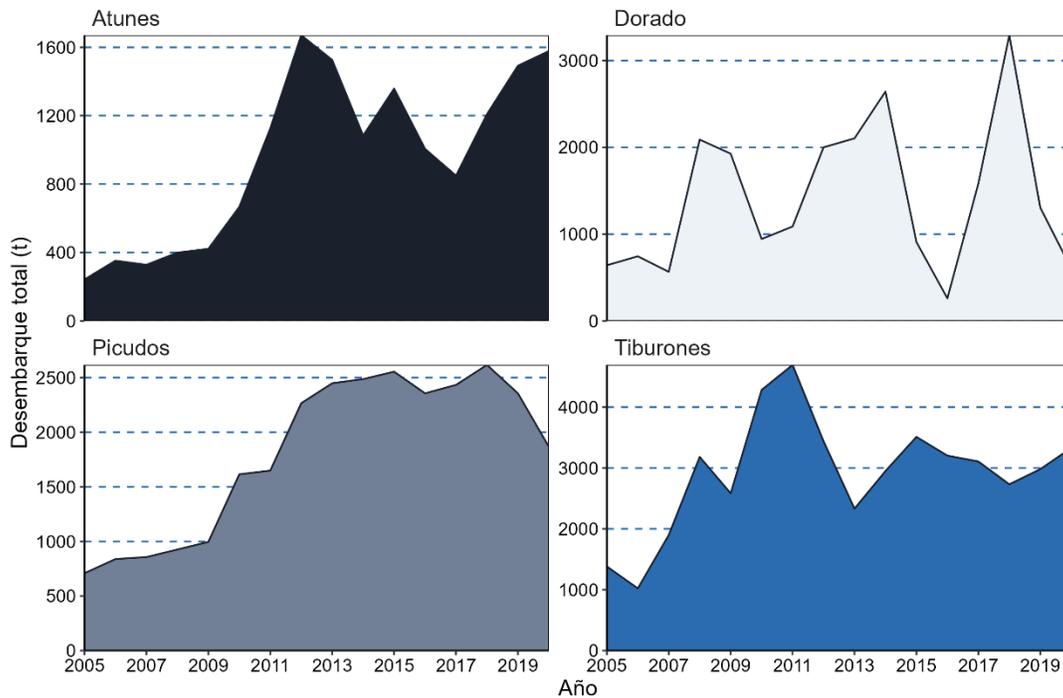


Figura 17. Desembarques acumulados por año de cada grupo de especies en los puertos del Pacífico de Costa Rica por las flotas palangreras de mediana y avanzada durante 2005–2020.

3.2.2.1 Desembarques de tiburones

Los registros de desembarques de tiburones incrementaron de 1,383 t (2005) a su punto máximo de 4,697 t (2011) con un crecimiento anual promedio de 30%. Sin embargo, a partir de 2012, los desembarques se redujeron a razón de 10% anual de 3,442 t (2012) a 2,951 t (2014). En el periodo de 2015–2020, los desembarques de tiburones muestran señales de estabilización con un desembarque promedio anual de 3,145 t (DE=272 t) y una tasa de crecimiento anual promedio de 2% (Figura 18). Es importante mencionar de nuevo, que la cantidad de registros se incrementó gracias a las regulaciones en los sistemas de inspección y registro y no necesariamente representa un incremento en los desembarques.

Los registros incluidos en las bases de datos indican que el grupo de tiburón está compuesto principalmente por el tiburón sedoso (77%), el conjunto de tiburones zorro

(12%), tiburón azul (5%), las cornudas (rosada y blanca), tiburón punta negra (<1%), tiburón perro (<1%), tiburón mako (<1%), tiburón fucsia (<1%), tiburón tigre (<1%), tiburón bahía (<1%) y otros que en conjunto acumulan el 6%.

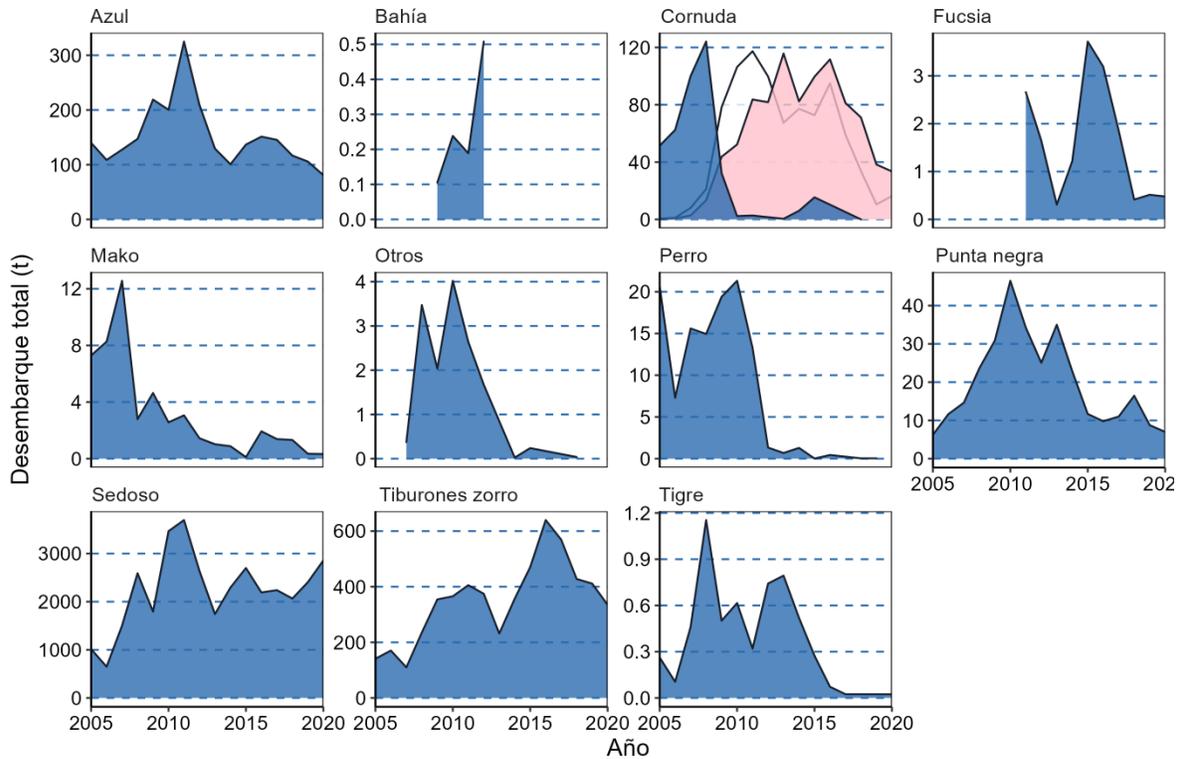


Figura 18. Desembarques acumulados por año de especie del grupo de tiburones en los puertos del Pacífico de Costa Rica por las flotas palangreras de mediana y avanzada durante 2005–2020. Las áreas blanca y rosada corresponden a los registros de cornuda blanca y rosada, respectivamente.

3.2.2.2 Desembarques de dorado

Los desembarques de dorado han mostrado un patrón oscilatorio con tres picos, uno en 2008 (2,089 t), otro en 2014 (2,643 t) y uno más en 2018 (3,392 t). En promedio, el desembarque anual de dorado es de 1,418 t (DE=854 t) (Figura 19). Las flotas de mediana y avanzada escala desembarcaron 84% y 16%, respectivamente. Este grupo está compuesto por una única especie (*Coryphaena hippurus*).

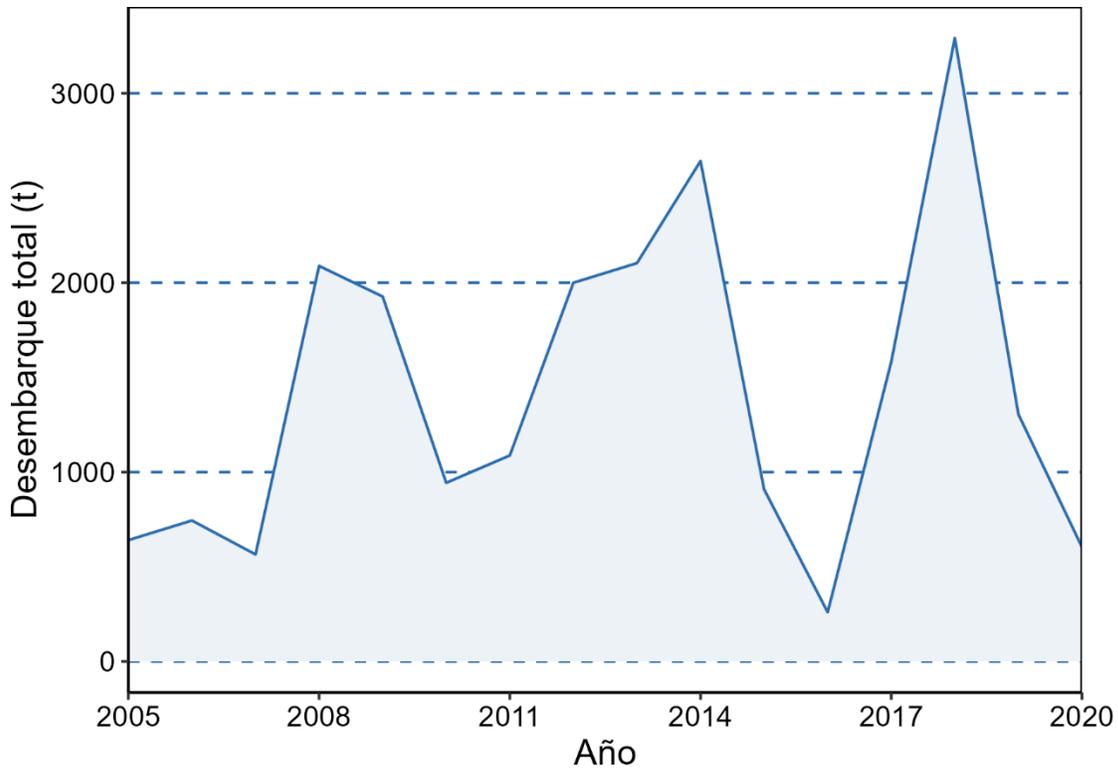


Figura 19. Desembarques acumulados por año de dorado en los puertos del Pacífico de Costa Rica por las flotas palangreras de mediana y avanzada durante 2005–2020.

3.2.2.3 Desembarques de atunes

Los desembarques de atunes durante 2005–2012 crecieron a una tasa de 34.4% anual, pasando de 242 t (2005) a 1,670 t (2012), para mostrar una estabilización durante 2012–2020, con una tasa de crecimiento anual promedio del 2.2% y un promedio de desembarques anuales totales de 1,308 t (DE=499 t). Es de notar la tasa promedio de reducción de -10.7% que se observó durante el periodo de 2013–2017 (Figura 20). Las flotas de mediana escala y avanzada desembarcaron 67% y 33%, respectivamente. Dentro de este grupo, la especie más importante fue el atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) que representó el 97.7% de las capturas, el 2.3% restante estuvo compuesto por wahoo (1.3%) y barrilete, albacora, atún ojo grande y atún negro que acumularon juntas un 1% de los desembarques de atunes. La variación anual de los desembarques de cada especie dentro del grupo de atunes se muestra en la Figura 20.

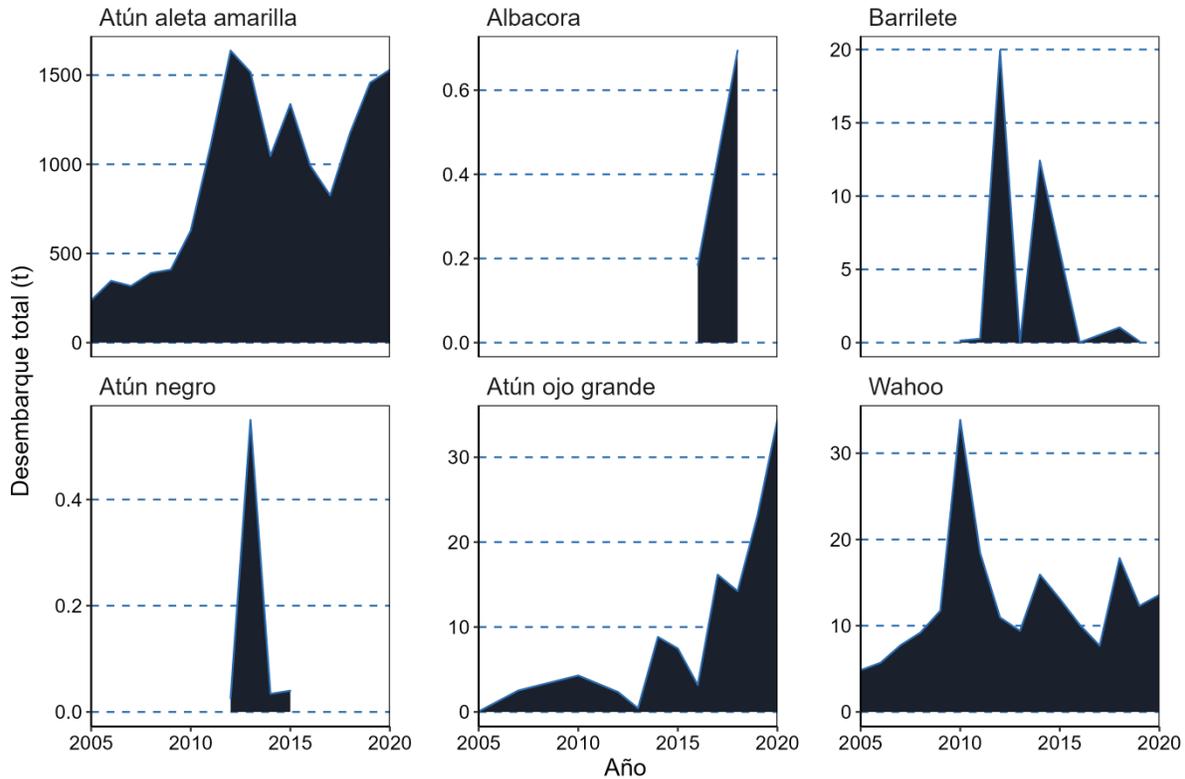


Figura 20. Desembarques acumulados por año de especie del grupo de atunes en los puertos del Pacífico de Costa Rica por las flotas palangreras de mediana y avanzada durante 2005–2020.

3.2.2.4 Desembarques de picudos

Los desembarques de picudos, similar a los atunes, incrementaron sutilmente de 2005 (708 t) a 2010 (995 t) con una tasa de crecimiento anual promedio de 9%. A partir de 2012, los desembarques de picudos se incrementaron un 62% (1,615 t) hasta alcanzar su máximo en 2015 (2,556 t) para estabilizarse con desembarques promedios de 2,304 t (DE=309 t) durante 2011–2020, como se aprecia en la figura Figura 17. Las flotas de mediana escala y avanzada desembarcaron 72% y 28%, respectivamente. Este grupo está compuesto principalmente por el pez espada (44%) marlín blanco (23%), marlín rosado (17%) y pez vela (14%), otras especies contribuyen con <1%. La variación anual de los desembarques de cada especie dentro del grupo de picudos se muestra en la Figura 21. En el caso del marlín blanco, los desembarques alcanzaron su punto máximo en 2012 con cerca de 800 t para reducirse paulatinamente hasta aproximadamente 400 t en 2020. Por su parte, los registros de marlín rosado durante el periodo 2005–2012 rondaron las 200 t. Sin embargo, de 2012–2020 muestran un incremento importante que superó las 500 t en 2020. En el caso del pez espada, los registros incrementan en 2009, probablemente en respuesta a las regulaciones administrativas que adquirieron vigencia en ese año, pasando de cerca de 250 t de 2005–

2009 a un promedio anual que ronda las 1000 t en el periodo (2012–2020). Resalta el caso del pez vela cuyos desembarques se han mantenido relativamente estables en el periodo de 2005–2020; alrededor de 250 t con excepción de 2009 (~180 t). El resultado anterior coincide con lo reportado por la CIAT en 2019³.

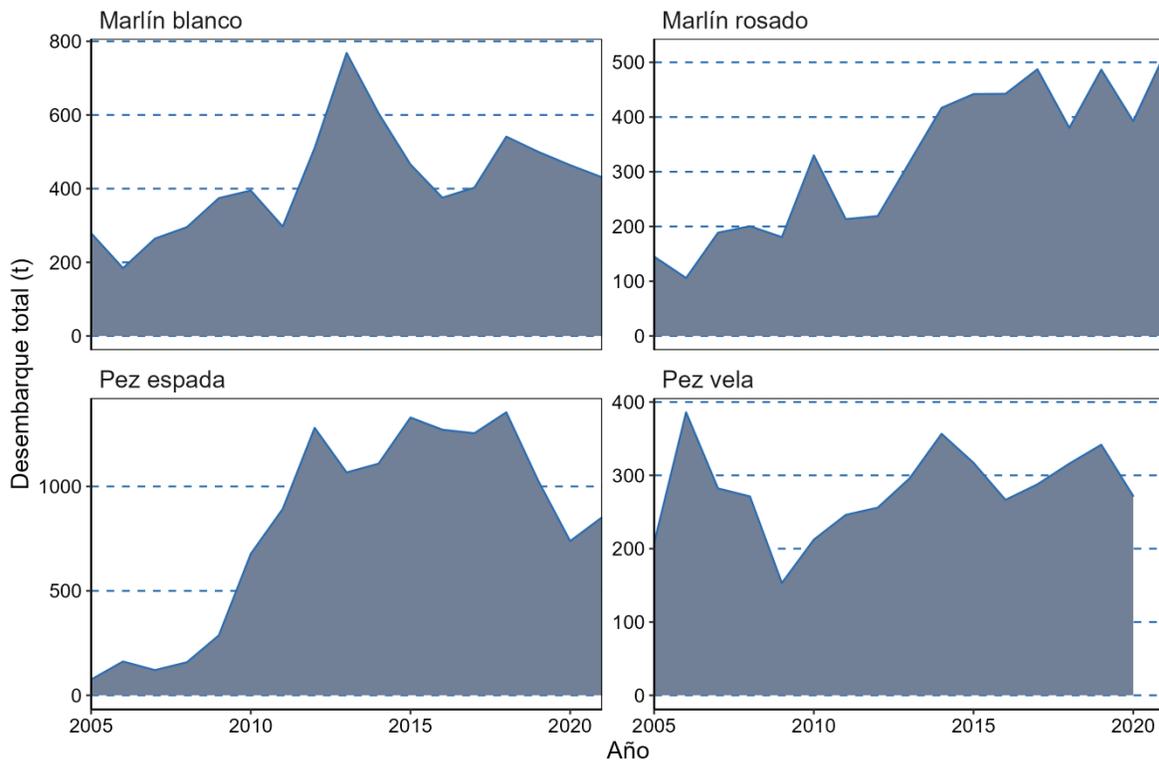


Figura 21. Desembarques acumulados por año de especie del grupo de picudos en los puertos del Pacífico de Costa Rica por las flotas palangreras de mediana y avanzada durante 2005–2020.

³ Comisión Interamericana del Atún Tropical. 2021. Informe sobre la pesquería atunera, las poblaciones y el ecosistema en el océano Pacífico oriental en 2020. Documento IATCC-98-01. [Disponible en: https://www.iattc.org/GetAttachment/0f1c8a04-5ce6-4a98-ad56-ee6f5276da5f/IATCC-98-01_Las-pesquerias-y-poblaciones-y-el-ecosistema-en-el-OPO-en-2020.pdf, consultado el 15 de diciembre de 2022]

3.2.3 *Desembarques promedio por viaje y año por grupo*

Los desembarques promedio por viaje, reflejan, entre otras cosas, la abundancia relativa de las especies en el área de operación de la flota. Sin embargo, otros factores inciden en los desembarques promedio, por ejemplo, la existencia de regulaciones pesqueras, ambientales y comerciales que inducen al pescador a evitar capturar o liberar a bordo especies sujetas a alguna protección especial.

Los desembarques promedio de atunes han mostrado una variación relativamente errática a través de los años en ciclos de aproximadamente 6 años. De 2005–2011, mostraron una tendencia de reducción (lo cual puede reflejar la dinámica de los registros históricos), seguido por un incremento en 2012 y otra reducción que se prolongó hasta 2017. A partir del 2017, los desembarques promedio por año de atunes se han incrementado posiblemente debido a una mejora en la colecta de información. Por su parte, los desembarques promedio de dorado muestran una tendencia en todo el periodo de estudio, con incrementos y reducciones dentro de su patrón general de reducción. Los registros de desembarques promedio de los picudos muestran un patrón de reducción similar al de los atunes de 2005–2011, seguido de un incremento con un punto máximo en 2015 para continuar reduciéndolo hasta 2020. Los registros de desembarques promedio de tiburones mostraron mayores valores en el periodo de 2005–2011, seguido de un decremento de 2012–2018 y un incremento hacia 2020 a su punto máximo (Figura 22).

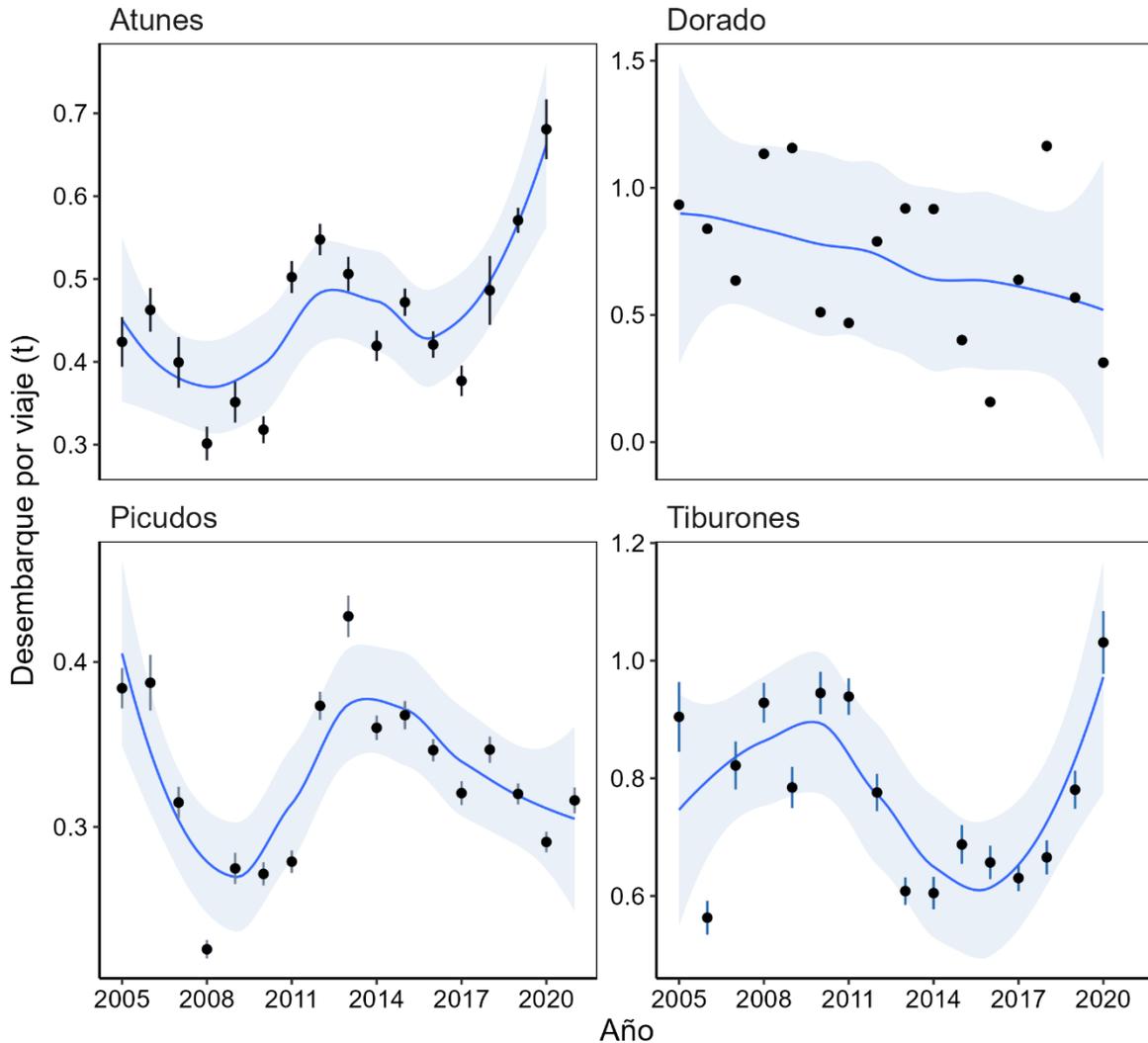


Figura 22. Variación anual de los desembarques promedio de atunes, dorado, picudos y tiburones registrados en los puertos del Pacífico de Costa Rica por las flotas de mediana y avanzada de 2005–2020.

3.2.3.1 Desembarques promedio por viaje y año para tiburones

El patrón general observado para los tiburones coincide, como era de esperarse con los desembarques promedio de tiburón sedoso, y tiburones zorros, especies que contribuyen con la mayor parte de los desembarques. Por su parte, los desembarques de las cornudas, el tiburón azul, mako, perro, tigre y fucsia muestran una tendencia de reducción. Es importante señalar que la reducción de los desembarques de estas especies responde principalmente a cambios en las regulaciones que rigen su desembarque (Figura 23).

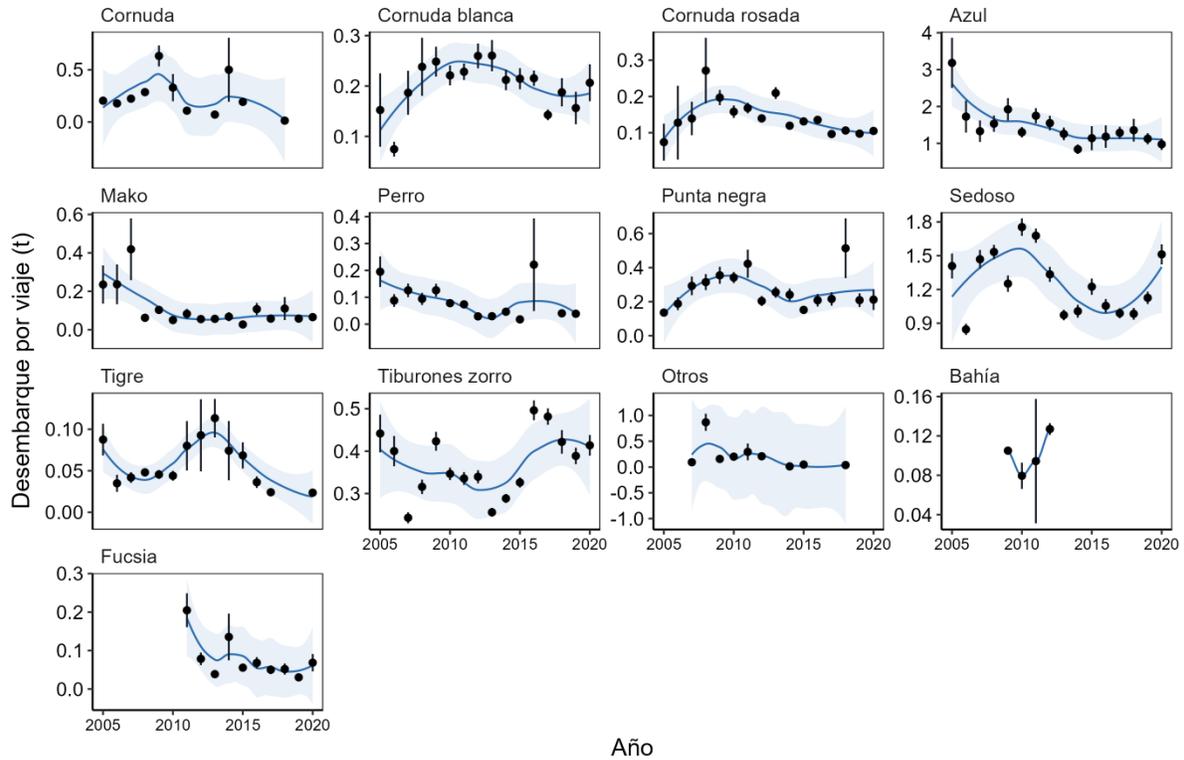


Figura 23. Desembarques promedio por viaje de cada especie dentro del grupo de tiburones por parte de las flotas de mediana y avanzada en los puertos del Pacífico de Costa Rica de 2005–2020.

3.2.3.2 Desembarques promedio por viaje y año para dorado

Como se comentó anteriormente, los desembarques promedio de dorado muestran una tendencia descendente en todo el periodo de estudio, con incrementos y reducciones dentro de su patrón general de reducción (Figura 24).

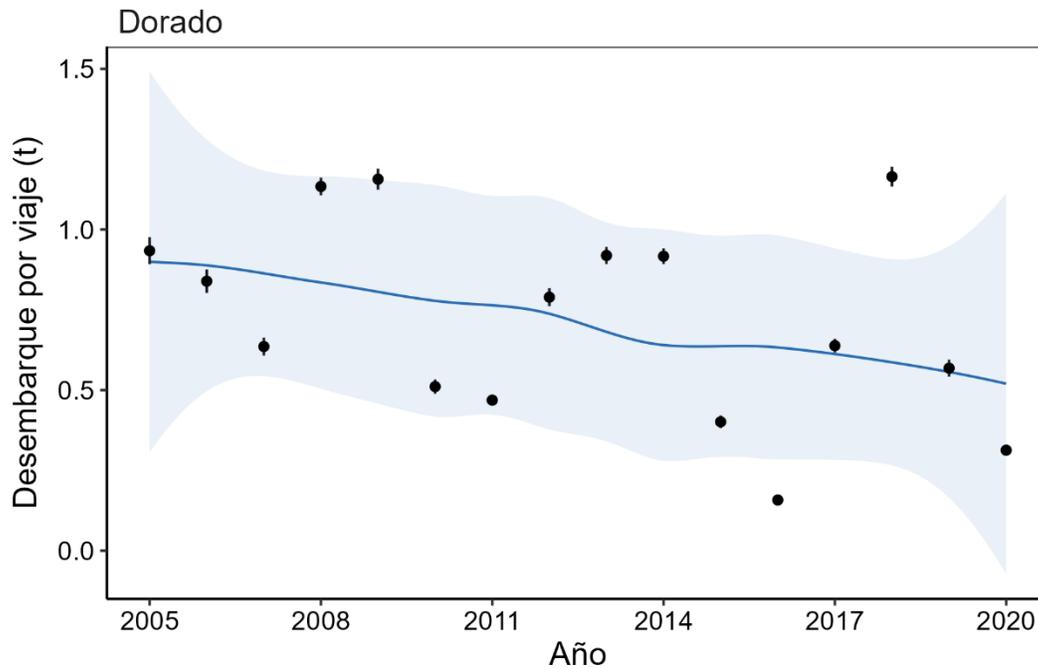


Figura 24. Desembarques promedio por viaje de dorado por parte de las flotas de mediana y avanzada en los puertos del Pacífico de Costa Rica de 2005–2020.

3.2.3.3 Desembarques promedio por viaje y año para atunes

Como era de esperarse, la variación interanual de los desembarques promedio por viaje de atunes en general, representa lo ocurrido con el atún aleta amarilla. Es posible que los últimos años estén influenciados por la dinámica de la pesquería y las faenas de desembarque. La segunda especie más importante en el grupo de los atunes es el wahoo, que mostró un incremento notable en sus desembarques promedio durante 2010–2011, seguido de una reducción y consecuente incremento a volúmenes similares a los registrados en años previos a 2010. Los datos de albacora son mínimos ($n= 2$) y los de barrilete, atún negro y atún ojo grande dibujan patrones relativamente difusos o aleatorios durante el periodo de estudio (Figura 25).

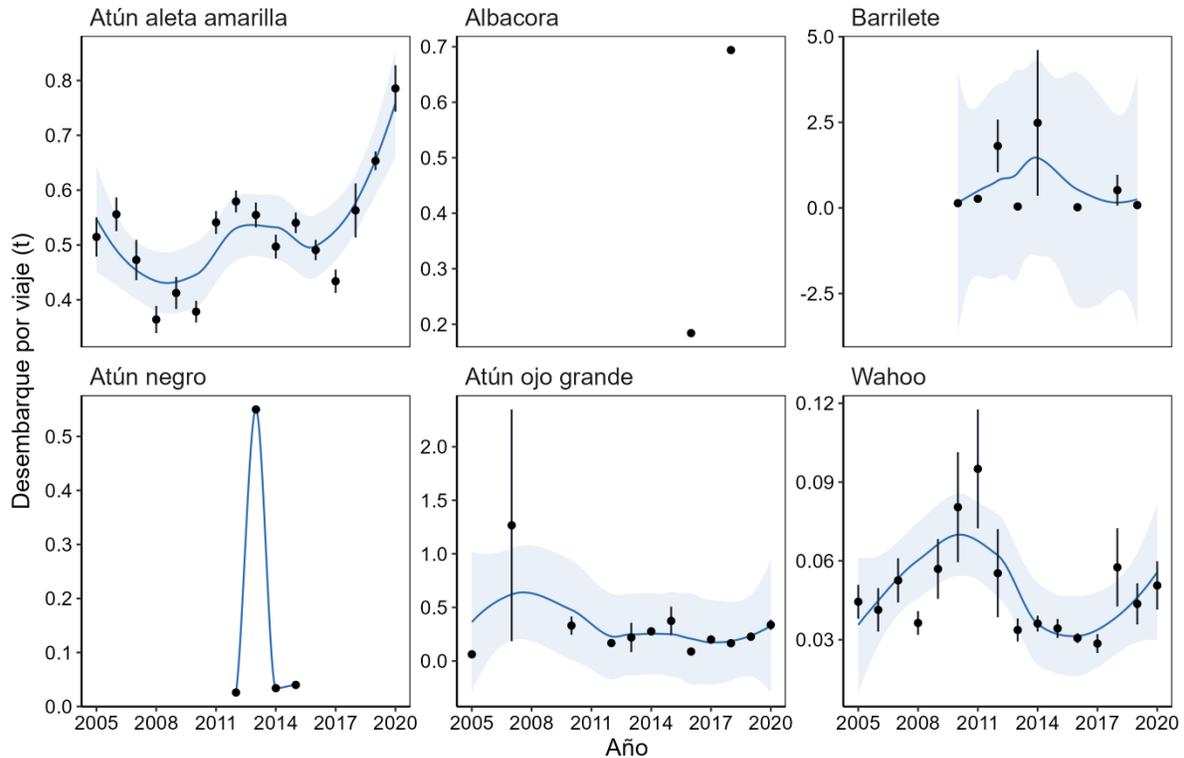


Figura 25. Desembarques promedio por viaje de dorado por parte de las flotas de mediana y avanzada en los puertos del Pacífico de Costa Rica de 2005–2020.

3.2.3.4 Desembarques promedio por viaje y año para picudos

Los desembarques promedio de picudos muestran una tendencia anual bien diferenciada entre las principales especies. El marlín blanco mostró una tendencia general de reducción de 2005–2011, seguida de una estabilización hacia 2020, patrón relativamente similar al marlín rosado y al pez vela, este último con una tendencia de reducción y estabilización mucho más marcadas. Probablemente, la estabilización de los registros de desembarque del pez vela se asocia con las medidas regulatorias del acuerdo AJDIP/476-2008 que limita su captura al 15% de la captura total por viaje. En contraste, los desembarques promedio de pez espada mostraron un patrón inverso, incrementándose gradualmente hasta alcanzar su máximo en 2015, seguido de una reducción hacia 2020 (Figura 26).

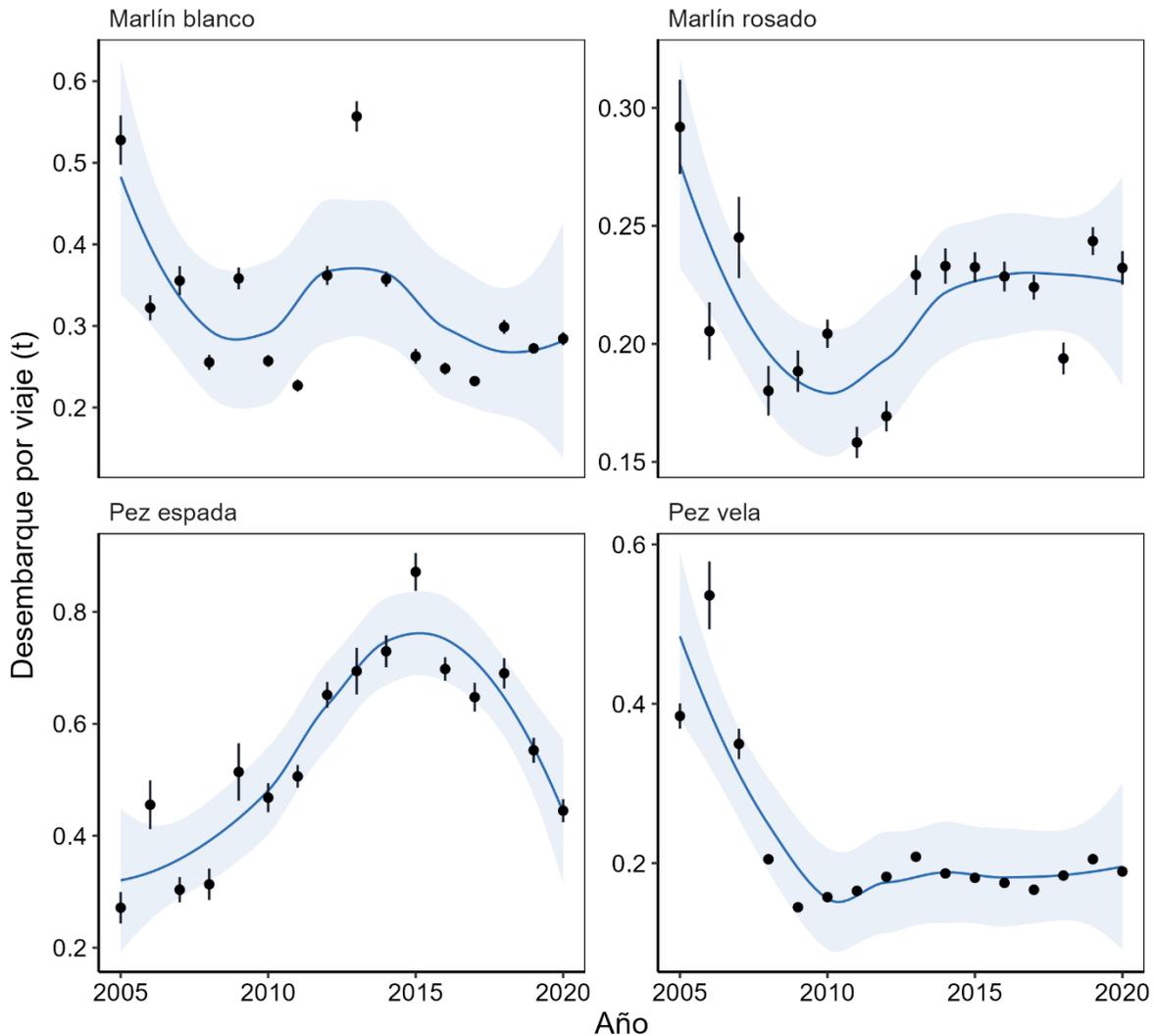


Figura 26. Desembarques promedio por viaje de picudos por parte de las flotas de mediana y avanzada en los puertos del Pacífico de Costa Rica de 2005–2020.

3.2.4 Desembarques promedio por viaje y mes por grupo

Los desembarques promedio por viaje por mes permiten inferir la estacionalidad en la disponibilidad de un recurso pesquero en el Pacífico de Costa Rica. Es importante considerar que no solamente reflejan la abundancia relativa de la especie, sino que también está influenciada por otros factores administrativos como vedas temporales, el cambio temporal de objetivos de pesca, variaciones en la demanda de ciertos productos, entre otros.

La estacionalidad de los desembarques mensuales promedio por viaje para atunes muestra un patrón casi lineal de reducción anual con máximos en enero y mínimos en diciembre. En el caso del dorado, se observa un marcado patrón estacional con valores

máximos en los meses de octubre–febrero y mínimos en los meses de marzo–septiembre. Patrón contrario al observado para picudos, cuyos desembarques promedio mensuales se incrementan en el pico del periodo cálido (mayo–agosto) y descienden durante el periodo frío. En el caso de los tiburones se observan dos fases anuales, una tendencia de reducción desde sus niveles máximos en enero hacia los mínimos en junio, seguida de un incremento y estabilización de agosto–diciembre (Figura 27).

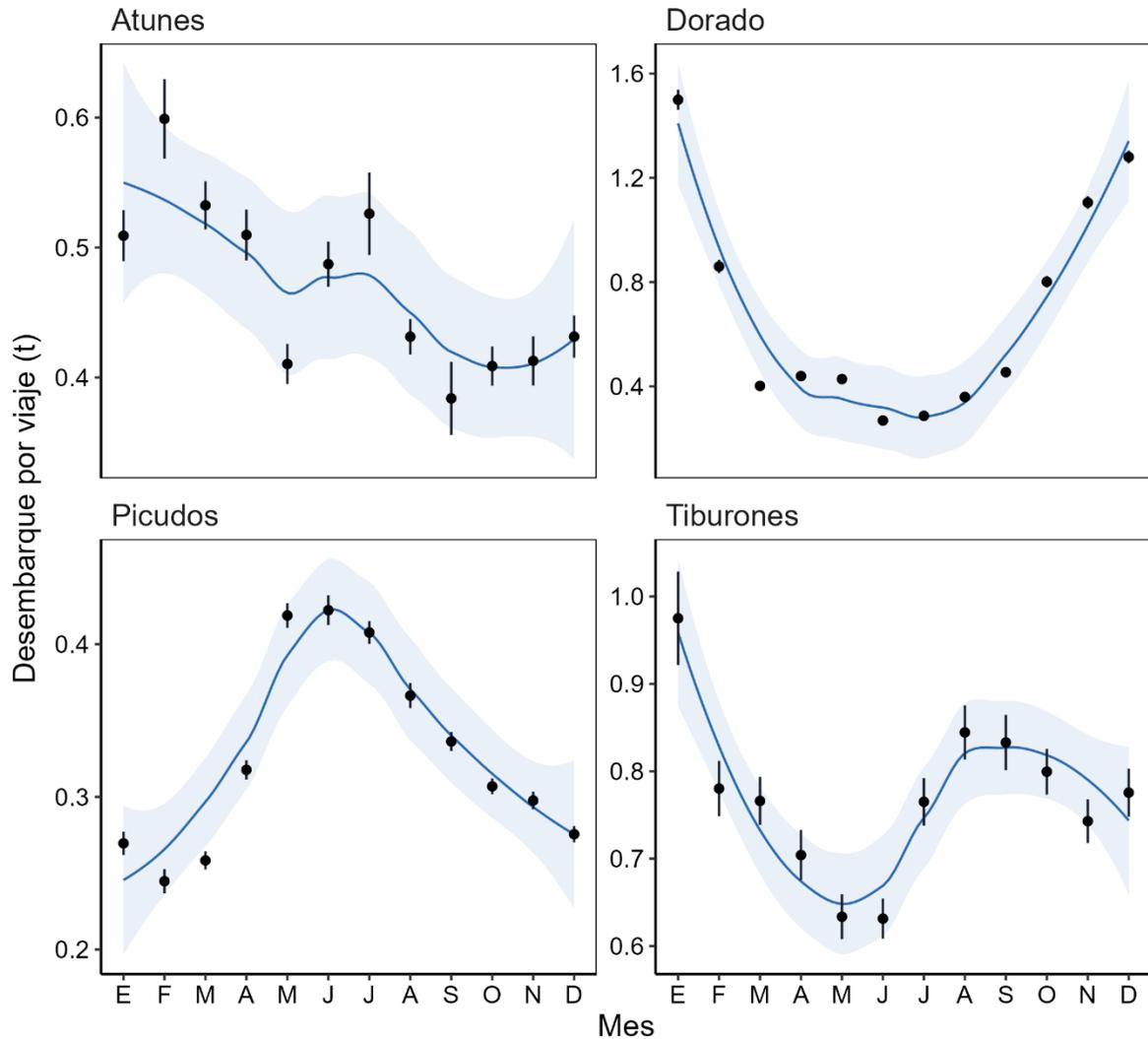


Figura 27. Variabilidad mensual en los desembarques promedio por viaje por grupo de especies desembarcado por la flota palangrera de mediana y avanzada en los puertos del Pacífico de Costa Rica durante 2005–2020.

3.2.4.1 Desembarques promedio por viaje y mes para tiburones

La estacionalidad en los desembarques del grupo de tiburones, en definitiva, está representada por la estacionalidad del tiburón sedoso, que es similar a la del conjunto de tiburones zorro, recursos dominantes en el grupo de tiburones. Otras especies muestran patrones estacionales diversos, por ejemplo: La cornuda blanca muestra mayores desembarques promedio por viaje en enero, y la cornuda rosada en abril. Por su parte, los mayores desembarques de tiburón azul se obtienen en enero-febrero, mientras que los de mako en octubre-noviembre. Resalta el incremento de los desembarques de tiburón perro y tigre durante junio (Figura 28).

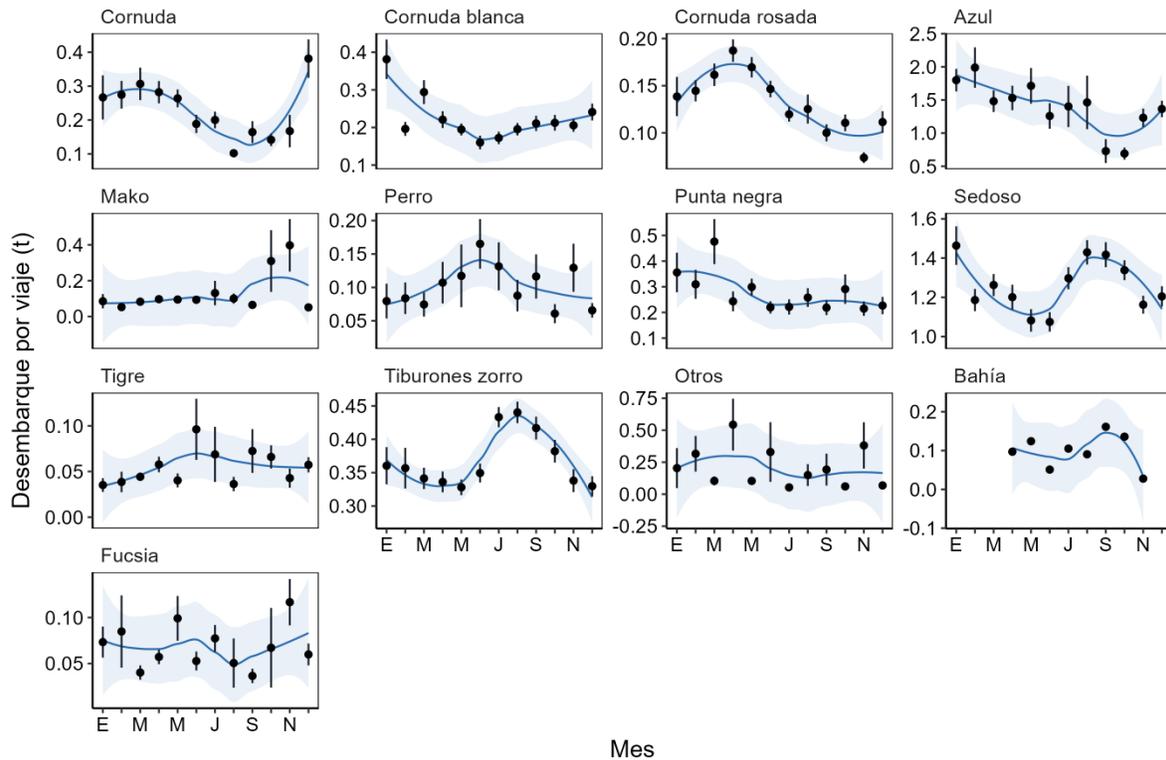


Figura 28. Variabilidad mensual en los desembarques promedio por viaje por cada especie dentro del grupo de tiburones desembarcado por la flota palangrera de mediana y avanzada en los puertos del Pacífico de Costa Rica durante 2005–2020.

3.2.4.2 Desembarques promedio por viaje y mes para dorado

En el caso del dorado, se observa un marcado patrón estacional con valores máximos en los meses de octubre–febrero y mínimos en los meses de marzo–septiembre. Es importante considerar que esta variación puede deberse a la abundancia del recurso en la región para esos meses (Figura 29).

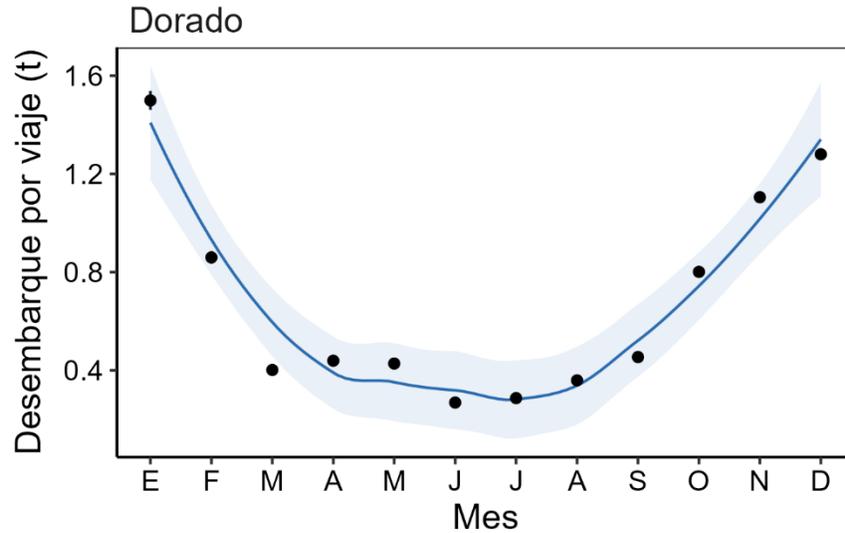


Figura 29. Variabilidad mensual en los desembarques promedio por viaje de dorado desembarcado por la flota palangrera de mediana y avanzada en los puertos del Pacífico de Costa Rica durante 2005–2020.

3.2.4.3 Desembarques promedio por viaje y mes para atunes

En definitiva, la estacionalidad de la captura de atunes se define por el patrón estacional del atún aleta amarilla, en el caso de la albacora, los registros son mínimos y no es posible inferir su estacionalidad. Los desembarques de barrilete muestran un sesgo debido a un promedio de desembarques muy alto en enero (de 2014). Sin embargo, en términos generales, los mayores valores se registran de enero–marzo, seguido de un valor estable de desembarques promedio a lo largo del año. En el caso del atún ojo grande, los registros indican un promedio estable a lo largo del año y para el wahoo, los valores máximos se observan durante junio y julio (Figura 30).

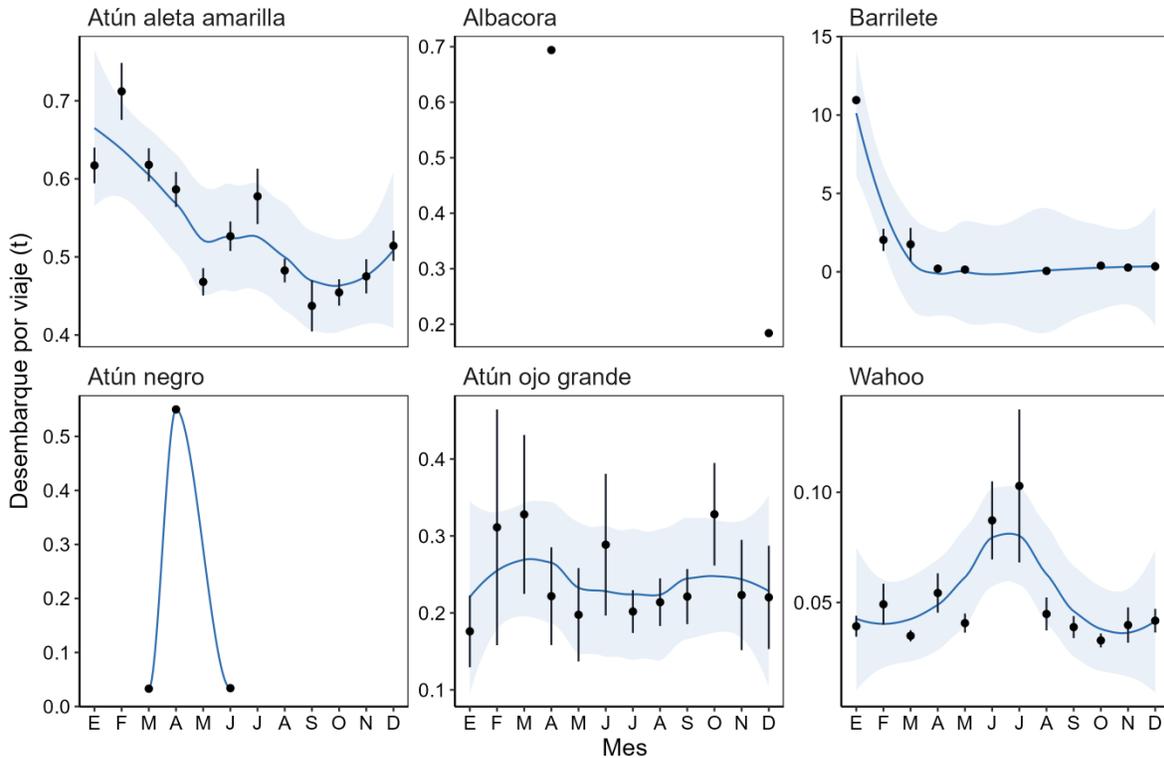


Figura 30. Variabilidad mensual en los desembarques promedio por viaje por cada especie dentro del grupo de atunes desembarcado por la flota palangrera de mediana y avanzada en los puertos del Pacífico de Costa Rica durante 2005–2020.

3.2.4.4 Desembarques promedio por viaje y mes para picudos

La estacionalidad de los picudos difiere entre las especies que lo conforman. Los desembarques promedio por viaje de marlín blanco se incrementan en los meses de junio–agosto y se reduce en los meses de noviembre–marzo, patrón similar al de la estacionalidad del pez espada, cuyos valores máximos se registran entre mayo y junio. Por su parte, los desembarques promedio por viaje de marlín rosado se incrementan casi linealmente a lo largo del año y el pez vela se mantiene relativamente estable a lo largo del año, con valores máximos en febrero (Figura 31).

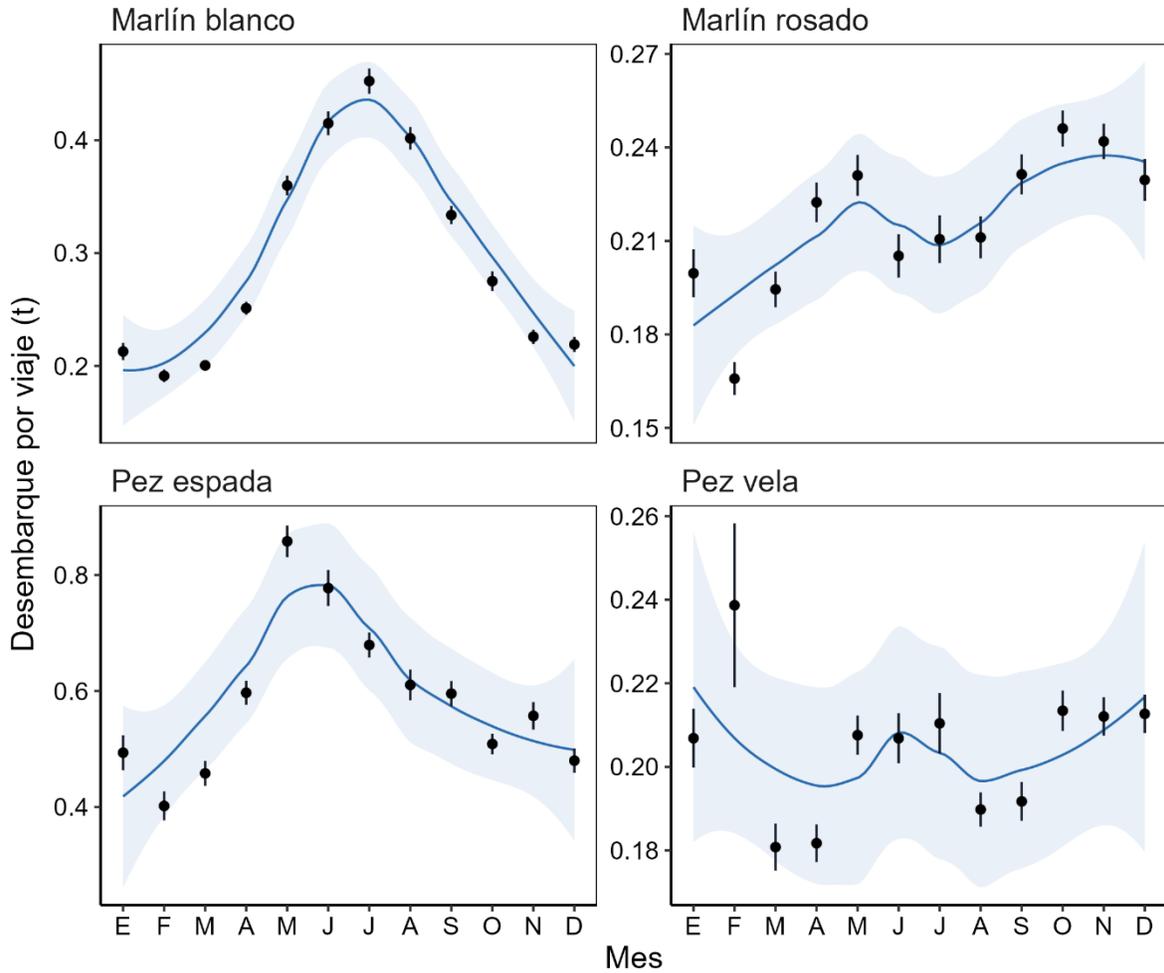


Figura 31. Variabilidad mensual en los desembarques promedio por viaje por cada especie dentro del grupo de picudos desembarcado por la flota palangrera de mediana y avanzada en los puertos del Pacífico de Costa Rica durante 2005–2020.

3.3 Indicadores biológicos de las principales especies

3.3.1 Riqueza de especies capturadas

La presencia de las especies registradas ha sido consistente con los años. El resultado del análisis de Bootstrap para determinar si se ha logrado representar la riqueza de especies registradas revela un abrupto incremento al inicio y se aproxima a su nivel máximo rápidamente (Figura 32). La curva de riqueza parece alcanzar un punto de inflexión a partir de los 100 desembarques. Este tipo de patrón es representativo de una disponibilidad constante del complejo de pelágicos mayores en los caladeros de pesca. La ocurrencia de nuevas especies en los desembarques sería inusual, ya que la serie de tiempo utilizada para el análisis incluye varios años, temporadas y zona de operación de la flota. Se considera que

el número de remuestreos fue suficiente para determinar el patrón del promedio de especies y su variabilidad.

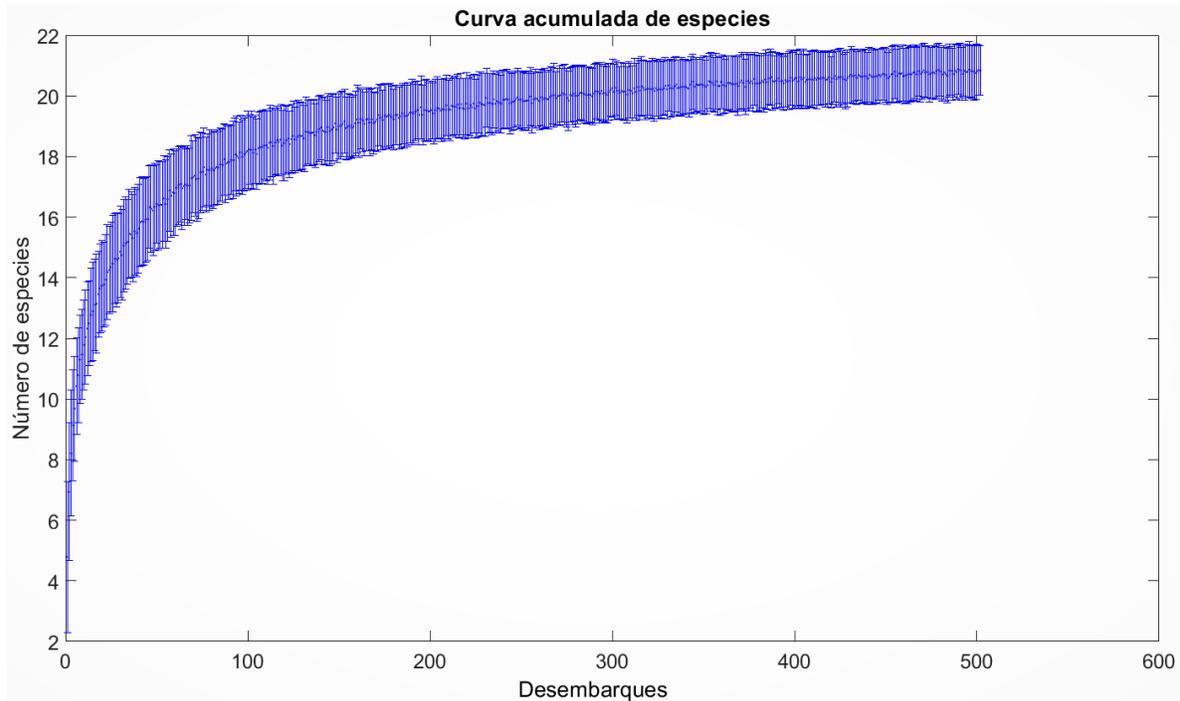


Figura 32. Curva de riqueza de especies registradas en los desembarques de las flotas de mediana escala y avanzada en el litoral del Océano Pacífico de Costa Rica. Se presenta la estimación promedio de las especies y el error estándar resultado de 200 remuestreos en más de 500 desembarques.

Para todos los resultados siguientes, el año 2020 no fue tomado en cuenta dada su poca representatividad en los muestreos, esto debido a que fue un año en el que se tuvo muchas restricciones debido al COVID-19. El total de organismos analizados durante el 2015-2019 ($n=16,878$), correspondieron a 22 especies. 6,934 pertenecieron a tiburones, 2,875 individuos fueron atunes, 4,251 a dorados y los 2,818 restante, a picudos (Figura 33).

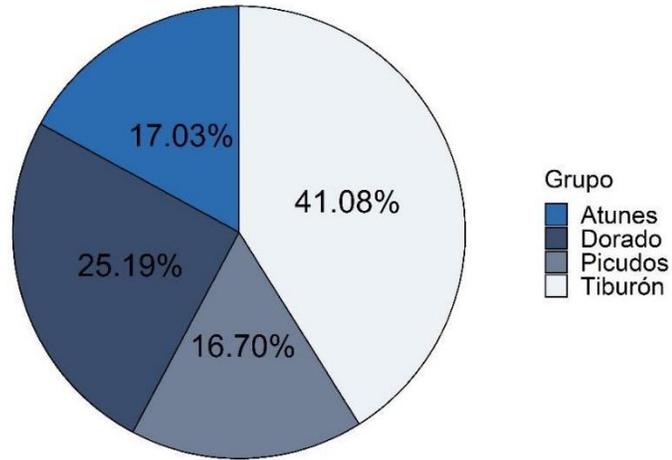


Figura 33. Proporción de organismos capturados agrupados por grupo funcional por la flota palangrera de Costa Rica durante los años 2015-2019.

3.3.2 Tiburones

Los 6,934 tiburones analizados pertenecen a 12 especies. Únicamente 13 registros no contenían información de talla. La estadística descriptiva para sexos combinados de cada especie se muestra en la Tabla 7. Los análisis subsiguientes se realizaron únicamente en especies con $n > 30$ (Zar, 2010).

Tabla 7. Estadística descriptiva de la longitud total de las especies de tiburón capturadas por la flota palangrera de Costa Rica. DE= desviación estándar, C.V.=Coeficiente de variación, Min= valor mínimo, Max= valor máximo, n= Número de organismos con registro de talla.

Nombre común	Especie	n	Promedio (cm)	Moda (cm)	DE (cm)	Max (cm)	DE (cm)	C.V.
Tiburón sedoso	<i>Carcharhinus falciformis</i>	5,702	139.5	134.7	33.3	257	33.3	24%
Tiburón zorro pelágico	<i>Alopias pelagicus</i>	545	263.3	275	23.6	339.4	23.6	9%
Cornuda rosada	<i>Sphyrna lewini</i>	398	172.4	158	39	342.4	39	23%
Cornuda blanca	<i>Sphyrna zygaena</i>	104	227.8	201.5	42.9	318.3	42.9	19%
Tiburón azul	<i>Prionace glauca</i>	67	198.6	200.2	19.9	250.2	19.9	10%
Tiburón puntas negras	<i>Carcharhinus limbatus</i>	52	129.3	68.8	62.6	250.9	62.6	48%
Tiburón coyote	<i>Nasolamia velox*</i>	28	85	83.5	8.9	110	8.9	11%
Tiburón tigre	<i>Galeocerdo cuvier*</i>	13	133.5	122	37.3	191	37.3	28%
Tiburón mamón	<i>Mustelus henlei*</i>	8	55.50	49	14	77	14	25%
Tiburón toro	<i>Carcharhinus leucas*</i>	2	144		22.6	160	22.6	16%
Tiburón de Galápagos	<i>Carcharhinus galapagensis*</i>	1	130	130	-	130	-	-
Mako de aletas cortas	<i>Isurus oxyrinchus*</i>	1	95	95	-	95	-	-

Los valores de las especies con * fueron calculados a partir de la longitud del troncho (LTR)

3.3.2.1 Tiburón sedoso (*Carcharhinus falciformis*)

De 5,702 registros del tiburón sedoso, 5,658 contenían información de sexo. El 44.85% pertenecieron a hembras y el 55.15% restante a machos. La proporción sexual en general se aleja de la esperada de 1M: 1H ($X^2=59.45$, g.l=1, $p<0.05$), ya que se están capturando 122 machos por cada 100 hembras. La proporción sexual a través de los años estuvo más representada por machos (Figura 34), y estadísticamente, sólo el año 2018 resultó en lo esperado de 1H: 1M (Tabla 8).

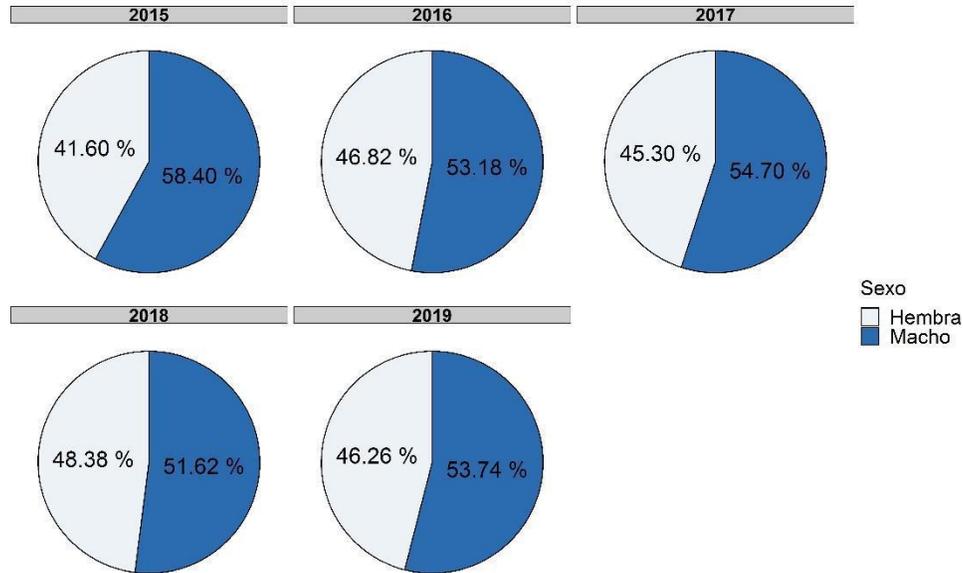


Figura 34. Gráfico de pastel de las proporciones sexuales del tiburón sedoso (*C. falciiformis*) capturados por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante los años 2015-2019.

Tabla 8. Resultados de la proporción sexual mediante la prueba χ^2 por año del tiburón sedoso. χ^2 =Valor de la prueba. p = Valor de probabilidad de ser 1H: 1M.

Año	Hembras	Machos	Proporción (H:M)	χ^2	p
2015	837	1175	1:1.40	56.78	<0.05
2016	478	543	1:1.13	4.13	<0.05
2017	313	378	1:1.20	6.11	<0.05
2018	373	398	1:1.06	0.81	0.36
2019	538	625	1:1.16	6.50	<0.05

La proporción sexual a través de los meses estuvo más representada por machos (Figura 35), sin embargo, solo en los meses de mayo, julio, septiembre, octubre y diciembre la proporción sexual fue estadísticamente diferente (Tabla 9).

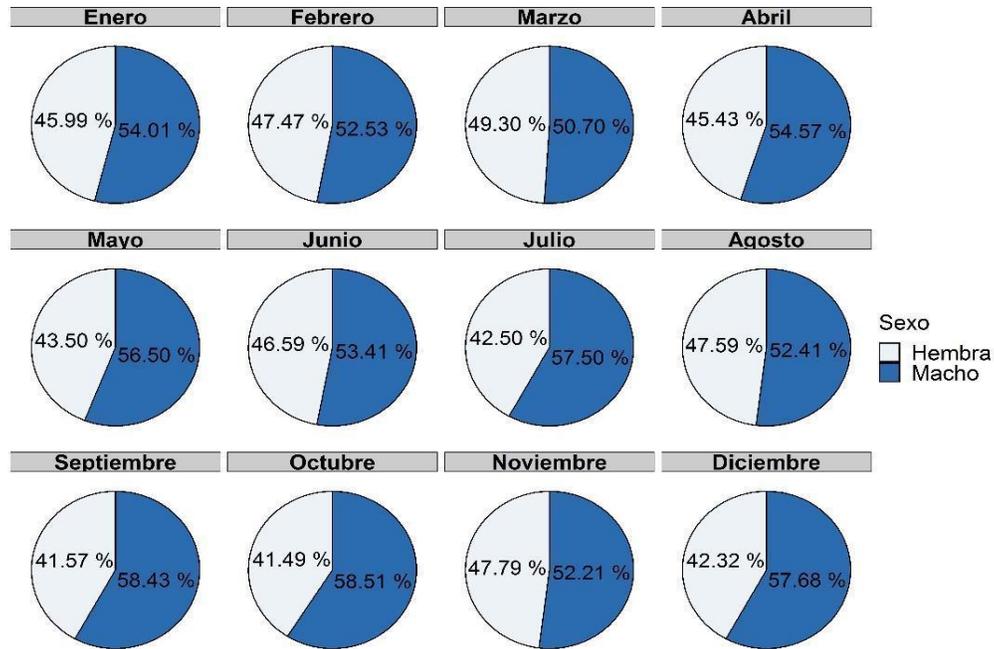


Figura 35. Gráfico de pastel de las proporciones sexuales del tiburón sedoso (*C. falciformis*) capturados por flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica a través de los meses durante los años 2015-2019.

Tabla 9. Resultados de la proporción sexual mediante la prueba χ^2 por meses durante los años 2015-2019 del tiburón sedoso. χ^2 =Valor de la prueba. p = Valor de probabilidad de ser 1H: 1M.

Año	Hembras	Machos	Proporción (H:M)	χ^2	p
Enero	86	101	1:1.17	1.20	0.27
Febrero	122	135	1:1.11	0.65	0.41
Marzo	245	252	1:1.03	0.09	0.73
Abril	149	179	1:1.20	2.74	0.09
Mayo	154	200	1:1.30	5.97	<0.05
Junio	198	227	1:1.15	1.97	0.15
Julio	255	345	1:1.35	13.5	<0.05
Agosto	178	196	1:1.10	0.86	0.35
Septiembre	276	388	1:1.41	18.89	<0.05
Octubre	273	385	1:1.41	19.06	<0.05
Noviembre	410	448	1:1.09	1.68	0.19
Diciembre	193	263	1:1.36	10.74	<0.05

La longitud total promedio de captura de machos fue de 141.55 cm LT (DE=32.81) y 137.20 cm LT (DE=33.74) para hembras. La prueba *t-Student* aplicada a los promedios por viaje de pesca indicó que no existen diferencias estadísticas entre la talla de captura y los sexos ($t=-0.16$, $g.l=607$, $p=0.868$). Debido a lo anterior, la frecuencia de tallas se realizó para

sexos combinados ($n=5,702$) por año y trimestres. Por año, se observa una tendencia cercana a la normal, en donde la frecuencia de organismos >150 cm LT disminuye considerablemente (Figura 36).

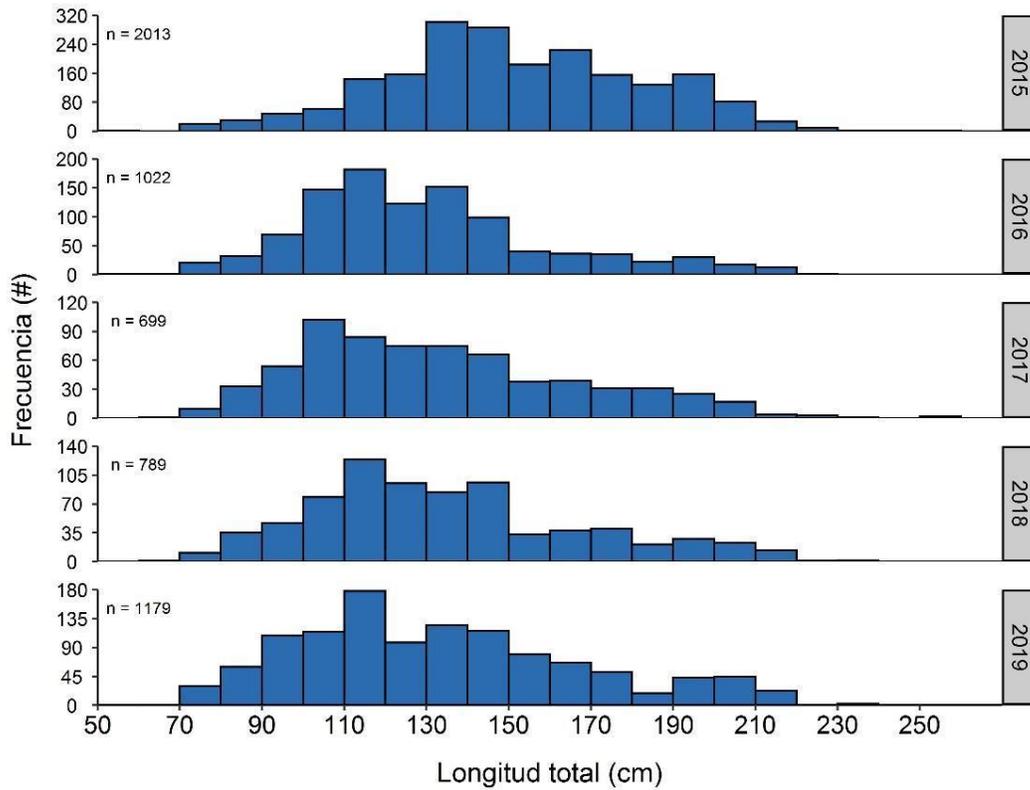


Figura 36. Histograma de frecuencias por sexos combinados de la longitud total de captura del tiburón sedoso (*C. falciformis*) capturadas por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante los años 2015-2019. n= número de organismos.

Por trimestre, se observa una tendencia similar, aunque la frecuencia de capturar organismos de talla mayor aumenta en los últimos dos. Los muestreos tuvieron mayor representatividad en el último trimestre a lo largo de los cinco años (Figura 37).

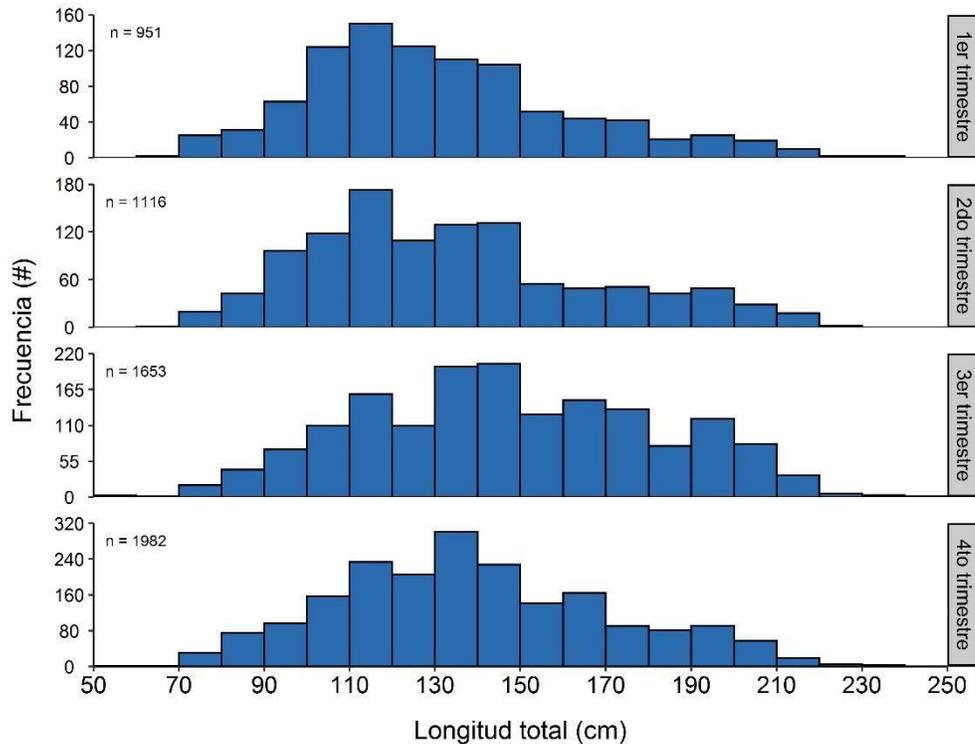


Figura 37. Histograma de frecuencias por sexos combinados de la longitud total de captura del tiburón sedoso (*C. falciformis*) capturadas por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica por trimestre durante los años 2015-2019. n= número de organismos.

El análisis de varianza indicó que las tallas promedio de captura fueron estadísticamente diferentes a través de los años ($F=10.72$, $g.l=4$, $p<0.05$). La prueba Tukey HSD mostró que el año que provoca dichas diferencias es el 2015. La tendencia del promedio fue similar a partir del 2016, sin reflejar una tendencia de disminución y en todos los años, el promedio de captura estuvo por encima de la Talla Legal de Primera Captura (TLPC) de 100 cm LT (Figura 38).

El análisis de varianza indicó que no existen diferencias estadísticas entre la talla promedio de captura y los meses ($F=1.768$, $g.l=11$, $p=0.058$). La tendencia del promedio de captura muestra un ligero aumento en los meses de junio-septiembre, reflejando capturas de organismos más grandes (Figura 39).

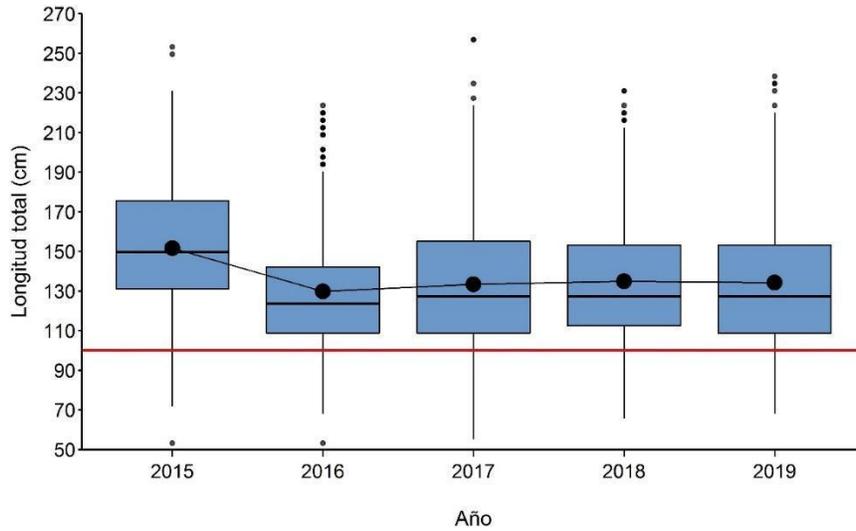


Figura 38. Diagrama de caja y bigotes de la longitud total de captura del tiburón sedoso (*C. falciformis*) capturadas por flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante los años 2015-2019. La caja azul muestra el primer y tercer cuartil (25% y 75%). El valor promedio se representa como un punto negro dentro de la caja, y la línea horizontal dentro de la caja representa la mediana. Las líneas verticales inferiores y superiores de las cajas representan el 95% de los datos. Los datos atípicos se representan con puntos negros fuera de las cajas. La línea horizontal roja representa la TLPC (100 cm LT).

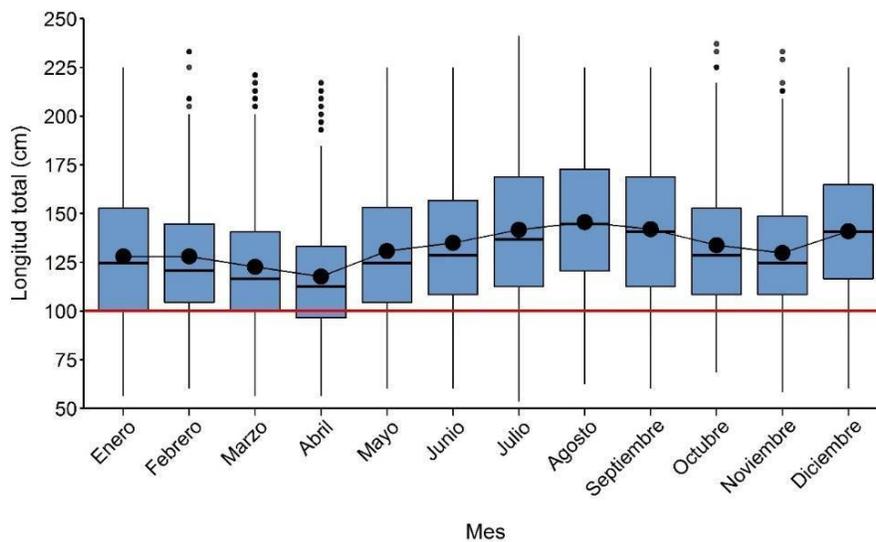


Figura 39. Diagrama de caja y bigotes de la longitud total de captura del tiburón sedoso (*C. falciformis*) capturadas por flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica por meses durante los años 2015-2019. La caja azul muestra el primer y tercer cuartil (25% y 75%). El valor promedio se representa como un punto negro dentro de la caja, y la línea horizontal representa la mediana. Las líneas verticales inferiores y superiores de las cajas representan el 95% de los datos. Los datos atípicos se representan con puntos negros fuera de las cajas. La línea horizontal roja representa la TLPC (100 cm LT).

De manera general, se capturó un total de 10.9% (n=621) organismos por debajo de la Talla Legal de Primera Captura (TLPC). A través de los años, dicho porcentaje varió, resultando en el valor más bajo en el 2015 (4.82%) y el más alto en el 2019 (17%). En ningún año se sobrepasó el 20% permitido de acuerdo con lo establecido por la junta directiva del INCOPESCA (AJDIP-026-2018) (Figura 40).

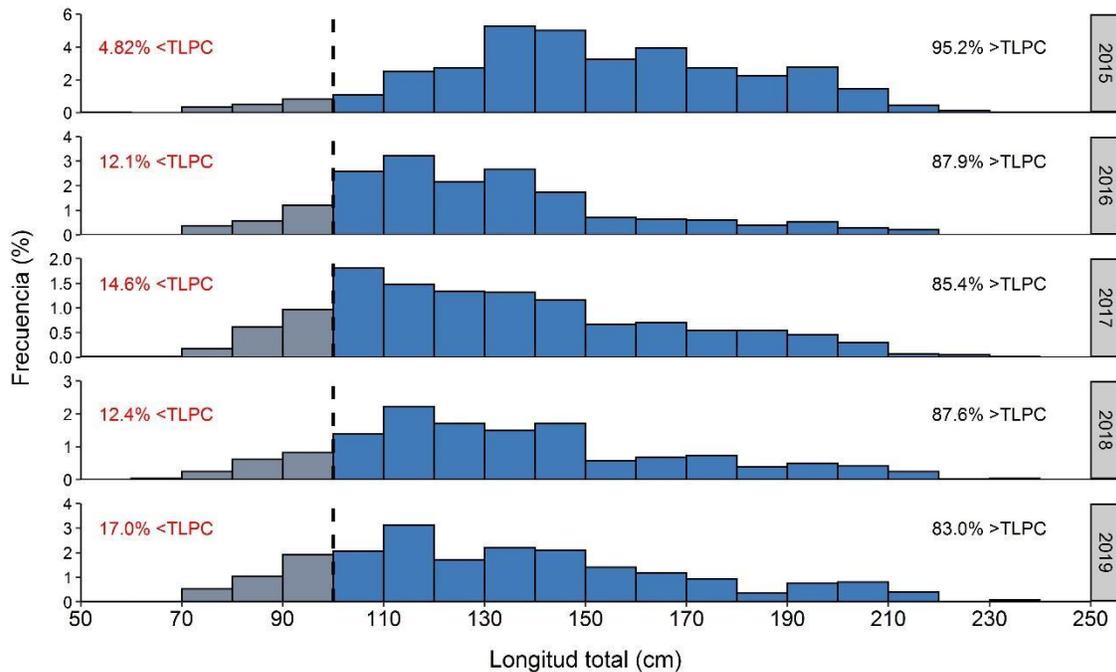


Figura 40. Histograma de frecuencias de la longitud total de captura del tiburón sedoso (*C. falciformis*) capturadas por flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante los años 2015-2019. Las barras grises representan la frecuencia de tallas por debajo de la talla legal de primera captura (TLPC) y las azules, la frecuencia de tallas de organismos por encima de la TLPC. La línea vertical negra representa la TLPC (100 cm LT).

La tendencia de las diferencias entre la talla máxima y varias tallas de referencia de *C. falciformis* es diferente. Al usar la TLPC de 100 cm LT, definida por la junta directiva del INCOPESCA (AJDIP-026-2018), se muestra una tendencia a disminuir al 2016, para aumentar de manera gradual en los años restantes. Sin embargo, al usar los valores del primer cuartil por año como TLPC, la tendencia de las diferencias promedio por año se muestra más estable. El ANOVA indicó que existen diferencias estadísticas entre las diferencias (Δ) promedio entre años ($F=6.52$, $g.l=4$, $p<0.05$). Dicha diferencia es causada por el año 2015. Al no mostrar una tendencia a disminuir, la población pareciera encontrarse en buena salud, pues aparentemente, los organismos grandes no han sido removidos del stock (Figura 41).

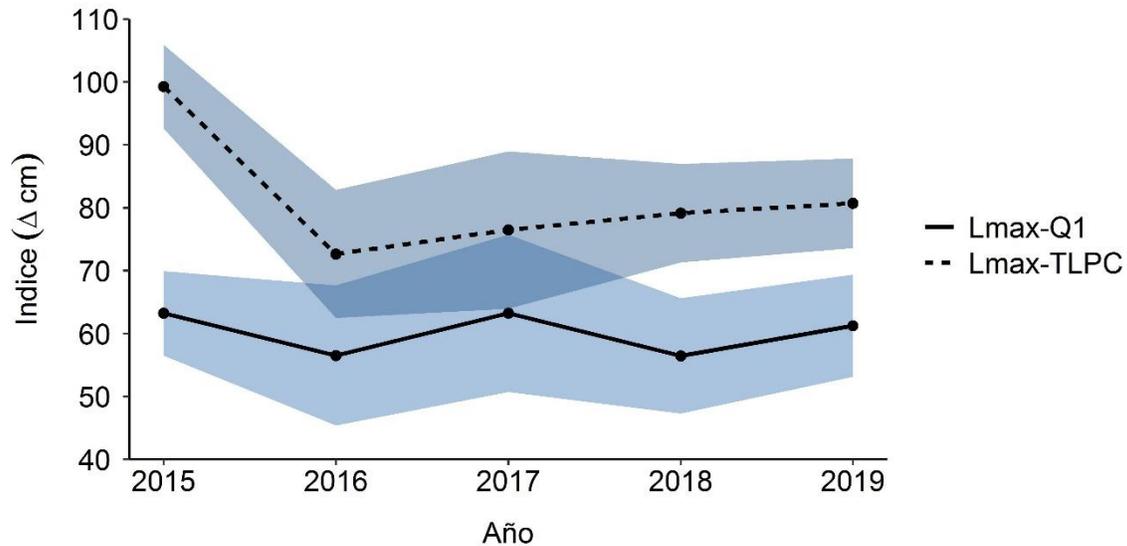


Figura 41. Índice de la tendencia de las diferencias (Δ) promedio entre la talla máxima y diversas tallas de referencia del tiburón sedoso (*C. falciformis*) capturadas por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante los años 2015-2019. La línea continua negra representa la tendencia de las diferencias entre la talla máxima y el primer cuartil por año. Los puntos negros representan la diferencia promedio por año. La línea negra punteada representa la tendencia de las diferencias entre la talla máxima y la talla legal de primera captura (100 cm, LT). Las zonas azules representan el intervalo de confianza al 95% de cada índice.

El tiburón sedoso habita tanto en aguas costeras como en alta mar y es uno de los tiburones más abundantes y ampliamente distribuidos del mundo. Con base en los datos del historial de vida, existen distintas poblaciones de tiburón sedoso en el Océano Pacífico Oriental (OPO). De acuerdo con la última evaluación de stock completa en el OPO, la biomasa del tiburón sedoso en el 2016 se encuentra por debajo de la biomasa que produce el máximo rendimiento sostenible (B_{MRS}). Sin embargo, estas estimaciones están fuertemente influenciadas por los índices de CPUE, que a su vez están influenciados por las condiciones oceanográficas predominantes, en lugar de cambios en la abundancia de la población. De forma general, la población de tiburón sedoso en el OPO se ha mantenido estable por los últimos 20 años (Clarke *et al.*, 2018).

3.3.2.2 Tiburón zorro pelágico (*Alopias pelagicus*)

De 545 registros de sexo del tiburón zorro pelágico, 540 contenían información de sexo. El 49.81% pertenecieron a hembras y el 50.18% restante a machos. La proporción sexual en general no fue estadísticamente diferente de la esperada de 1M: 1H ($X^2=0.007$, $g.l=1$, $p=0.93$), ya que se están capturando 100.7 machos por cada 100 hembras.

La proporción sexual a través de los años mostró una tendencia de capturar la misma proporción de sexos (Figura 42), y estadísticamente, todos los años se apegaron a la proporción esperada de 1H: 1M (Tabla 10).

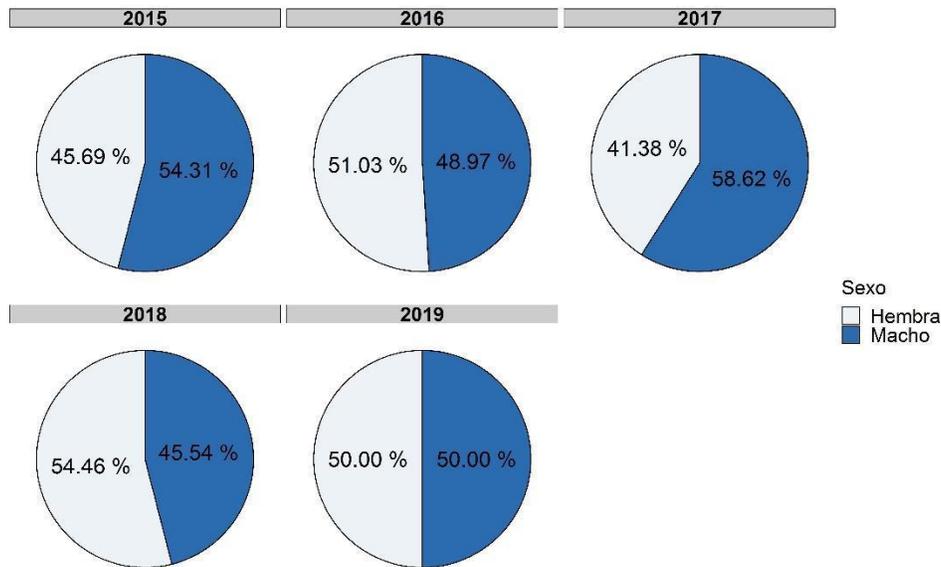


Figura 42. Gráfico de pastel de las proporciones sexuales del tiburón zorro pelágico (*A. pelagicus*) capturados por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante los años 2015-2019.

Tabla 10. Resultados de la proporción sexual mediante la prueba χ^2 por año del tiburón zorro pelágico. χ^2 =Resultado de la prueba. p = Valor de probabilidad de ser 1H: 1M.

Año	Hembras	Machos	Proporción (H:M)	χ^2	p
2015	53	63	1:1.19	0.86	0.35
2016	99	95	1:0.96	0.08	0.77
2017	12	17	1:1.42	0.86	0.35
2018	55	46	1:0.83	0.80	0.37
2019	50	50	1:1	0	1

La proporción sexual a través de los meses estuvo equitativamente representada (Figura 43), sin embargo, en los meses de enero y marzo dicha proporción sexual fue estadísticamente diferente (Tabla 11). La amplia diferencia en capturar organismos machos en enero podría indicar un periodo de reproducción.

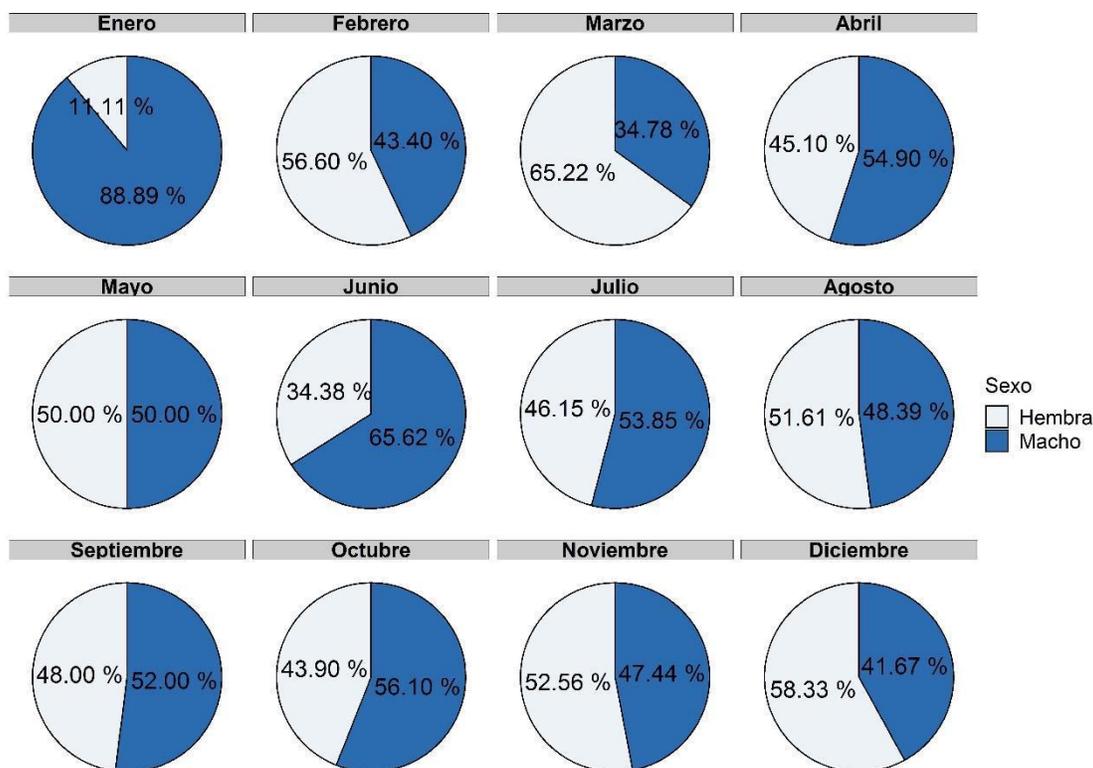


Figura 43. Gráfico de pastel de las proporciones sexuales del tiburón zorro pelágico (*A. pelagicus*) capturados por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica a través de los meses durante los años 2015-2019.

Tabla 11. Resultados de la proporción sexual mediante la prueba χ^2 por mes durante los años 2015-2019 del tiburón zorro pelágico. χ^2 =Resultado de la prueba. p = Valor de probabilidad de ser 1H: 1M.

Año	Hembras	Machos	Proporción (H:M)	χ^2	p
Enero	1	8	1:8	5.44	<0.05
Febrero	30	23	1:0.76	0.92	0.33
Marzo	30	16	1:0.53	4.29	<0.05
Abril	23	28	1:1.22	0.49	0.48
Mayo	30	30	1:1	0	1
Junio	11	21	1:1.91	3.12	0.07
Julio	36	42	1:1.17	0.46	0.49
Agosto	16	15	1:0.93	0.03	0.85
Septiembre	12	13	1:1.08	0.04	0.84
Octubre	18	23	1:1.28	0.60	0.43
Noviembre	41	37	1:0.90	0.20	0.65
Diciembre	21	15	1:0.71	1	0.31

La longitud total promedio de captura por machos fue de 264.88 cm LT (DE=24.52) y 261.88 cm LT (DE=22.66) para hembras. La prueba *t-Student* aplicada a los promedios de

tallas por viaje indicó que no existen diferencias estadísticas entre la talla de captura y los sexos ($t=-0.32$, $g.l.=188$, $p=0.185$). Debido a lo anterior, la frecuencia de tallas se realizó para sexos combinados por año y trimestres ($n=545$). La distribución de frecuencias varió en función de los años, en donde en el 2015 se capturó el organismo más grande, y en el 2017 se registró la menor cantidad de tiburones zorros pelágicos. Organismos >290 cm LT son muy poco frecuentes en la captura (Figura 44).

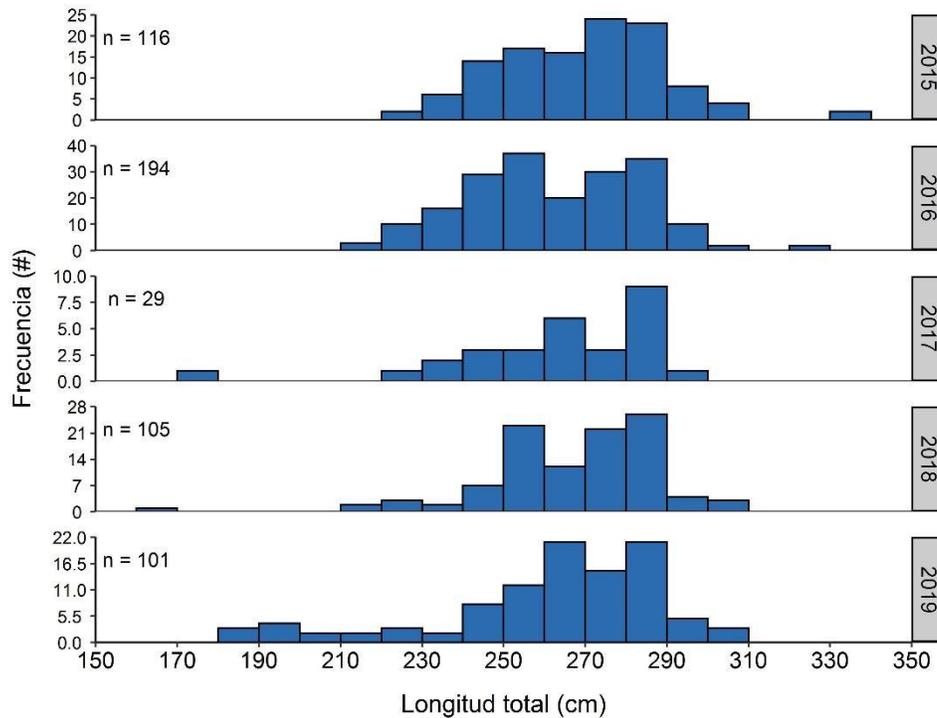


Figura 44. Histograma de frecuencias por sexos combinados de la longitud total de captura del tiburón zorro pelágico (*A. pelagicus*) capturadas por flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante los años 2015-2019.

Se observa una tendencia similar a través de los trimestres, aunque los organismos más grandes fueron capturados en el tercer trimestre del periodo analizado. Los muestreos tuvieron mayor representatividad en el último trimestre a lo largo de los cinco años. Organismos >290 cm LT son muy poco frecuentes en la captura, y no se observa una remoción selectiva de la talla en el periodo analizado (Figura 45).

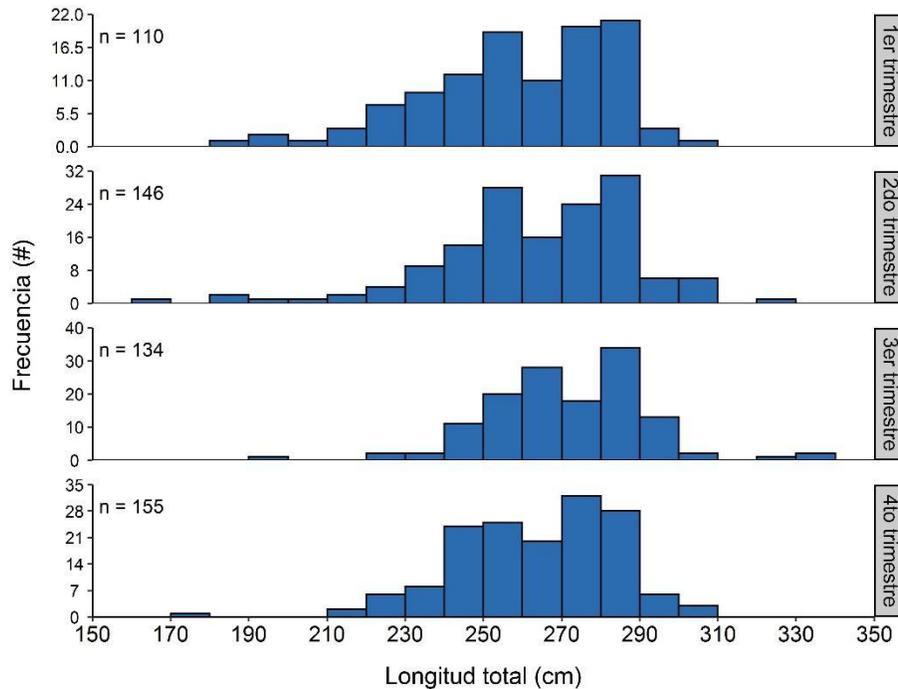


Figura 45. Histograma de frecuencias por sexos combinados de la longitud total de captura del tiburón zorro pelágico (*A. pelagicus*) capturadas por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica por trimestre durante los años 2015-2019. n= número de organismos.

El análisis de varianza indicó que las tallas promedio de captura no fueron estadísticamente diferentes a través de los años ($F=1.598$, $g.l=4$, $p=0.179$). Dicha tendencia se mantiene constante a través de los años (Figura 46). El análisis de varianza por mes mostró que existen diferencias marginales estadísticas entre la talla promedio de captura y los meses ($F=1.938$, $g.l=11$, $p=0.041$). La tendencia de la talla promedio de captura muestra un patrón estable, aunque en los meses de enero las tallas fueron más homogéneas en comparación con las del resto del año (Figura 47).

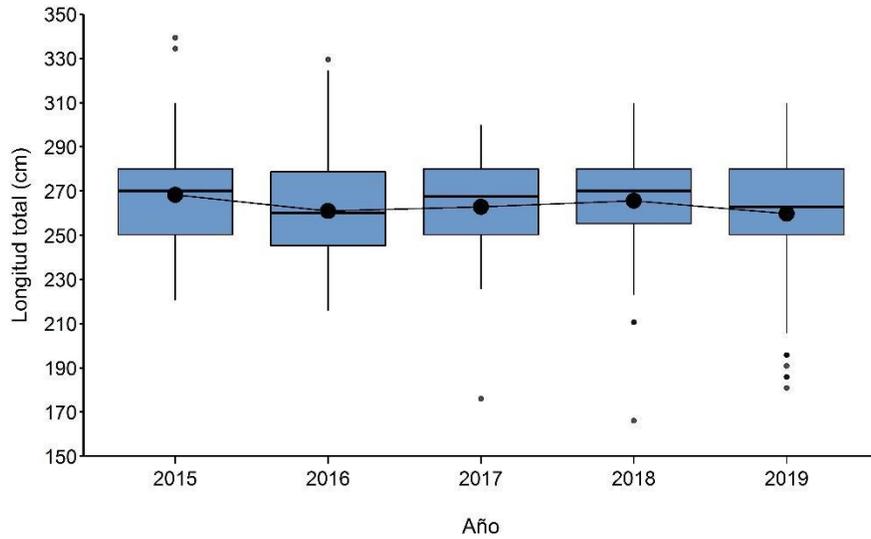


Figura 46. Diagrama de caja y bigotes de la longitud total de captura del tiburón zorro pelágico (*A. pelagicus*) capturadas por flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante los años 2015-2019. La caja azul muestra el primer y tercer cuartil (25% y 75%). El valor promedio se representa como un punto negro dentro de la caja, y la línea horizontal dentro de la caja representa la mediana. Las líneas verticales inferiores y superiores de las cajas representan el 95% de los datos. Los datos atípicos se representan con puntos negros fuera de las cajas.

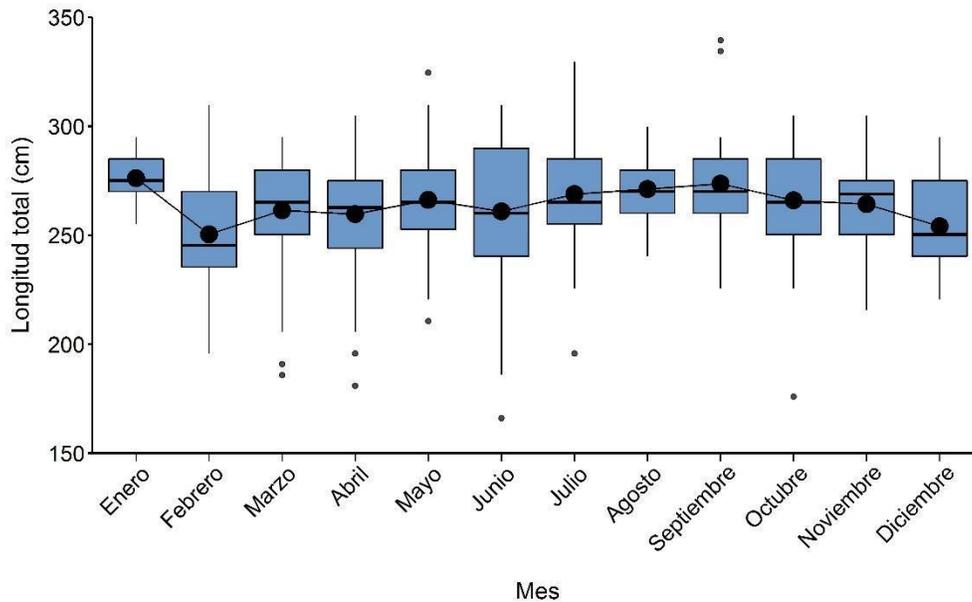


Figura 47. Diagrama de caja y bigotes de la longitud total de captura del tiburón zorro pelágico (*A. pelagicus*) capturadas por flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica por meses durante los años 2015-2019. La caja azul muestra el primer y tercer cuartil (25% y 75%). El valor promedio se representa como un punto negro dentro de la caja, y la línea horizontal representa la mediana. Las líneas verticales inferiores y superiores de las cajas representan el 95% de los datos. Los datos atípicos se representan con puntos negros fuera de las cajas.

El tiburón zorro pelágico no tiene definida una Talla Legal de Primera Captura. El promedio de las diferencias (Δ) entre la Lmax y la talla al primer cuartil por año mostró una tendencia similar durante el periodo analizado, encontrando el valor más alto en el 2016, para luego estabilizarse (Figura 48). El análisis de varianza indicó que no existen diferencia estadísticas entre las Δ promedio entre años ($F=3.65$, $g.l=4$, $p=0.058$). El no encontrar diferencias estadísticas sugiere que no ha habido una disminución en las tallas de captura. Preliminarmente, podría considerarse como en buena salud el stock.

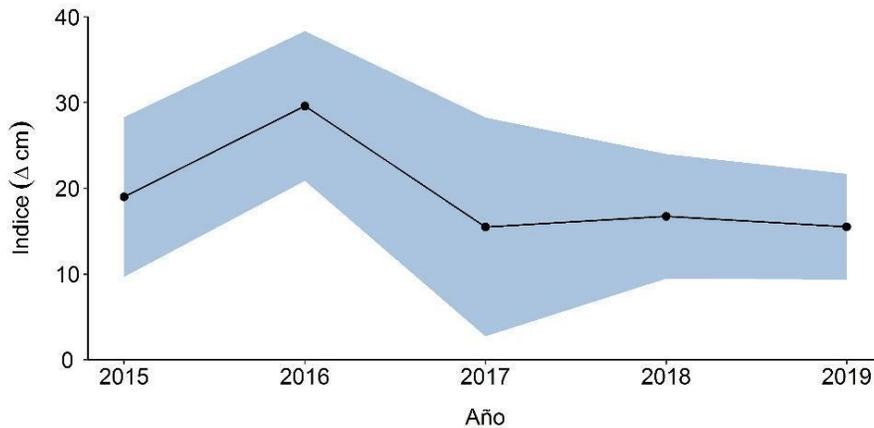


Figura 48. Índice de la tendencia de las diferencias promedio entre la talla máxima la talla al primer cuartil de referencia del tiburón zorro pelágico (*A. pelagicus*) capturadas por flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante los años 2015-2019. La línea continua negra representa la tendencia de las diferencias entre la talla máxima y el primer cuartil por año. Los puntos negros representan la diferencia promedio por año. El polígono azul representa el intervalo de confianza al 95%.

3.3.2.3 Cornuda rosada (*Sphyrna lewini*)

De 398 registros de la cornuda rosada (*S. lewini*), 391 contenían información de sexo. El 31.45% pertenecieron a hembras y el 68.55% restante a machos. La proporción sexual en general fue estadísticamente diferente de la esperada de 1M: 1H ($\chi^2=53.77$, $g.l=1$, $p<0.05$), ya que se están capturando 217 machos por cada 100 hembras. La proporción sexual a través de los años estuvo dominada por los machos (Figura 49), y estadísticamente, solo los años 2017 y 2019 se apegaron a la proporción esperada (Tabla 12).

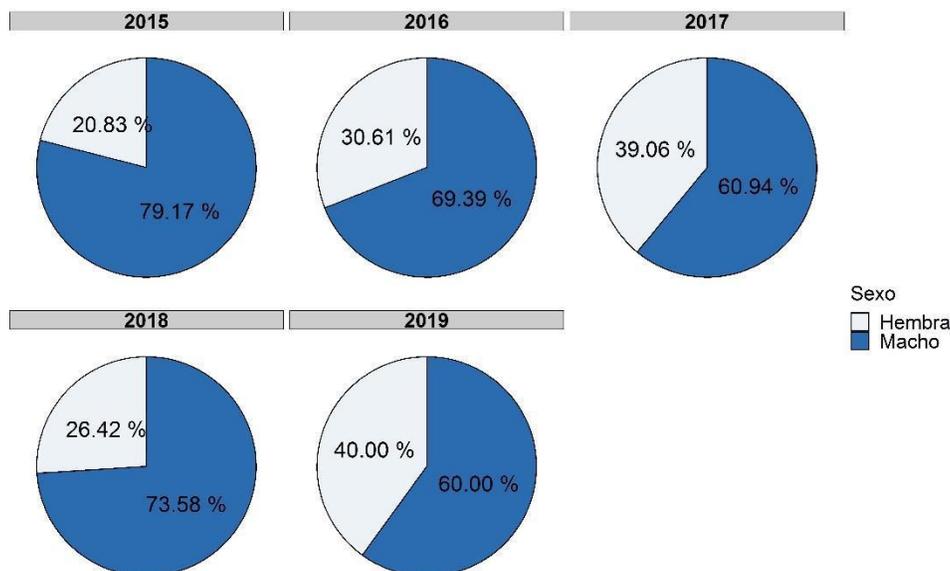


Figura 49. Gráfico de pastel de las proporciones sexuales de la cornuda rosada (*S. lewini*) capturados por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante los años 2015-2019.

Tabla 12. Resultados de la proporción sexual mediante la prueba X^2 por año de la cornuda rosada. X^2 =Resultado de la prueba. p = Valor de probabilidad de ser 1H: 1M.

Año	Hembras	Machos	Proporción (H:M)	X^2	p
2015	5	19	1:3.8	8.16	<0.05
2016	45	102	1:2.27	22.10	<0.05
2017	25	39	1:1.56	3.06	0.08
2018	28	78	1:2.79	23.58	<0.05
2019	20	30	1:1.5	2	0.15

La proporción sexual a través de los meses estuvo representada en su mayoría por machos. No se registraron capturas en enero (Figura 50). Únicamente en los meses de marzo, septiembre y diciembre, estadísticamente la proporción resultó en la esperada (1 H: 1 M) (Tabla 13).

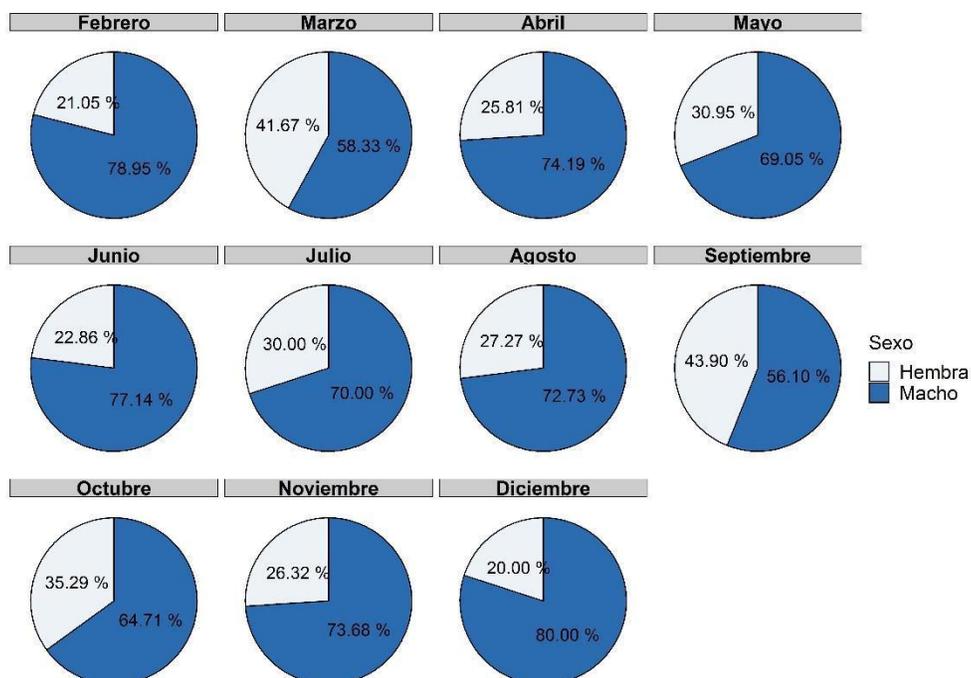


Figura 50. Gráfico de pastel de las proporciones sexuales de la cornuda rosada (*S. lewini*) capturados por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica a través de los meses durante los años 2015-2019.

Tabla 13. Resultados de la proporción sexual mediante la prueba χ^2 por mes durante los años 2015-2019 de la cornuda rosada. χ^2 =Resultado de la prueba. p = Valor de probabilidad de ser 1H: 1M.

Año	Hembras	Machos	Proporción (H:M)	χ^2	p
Enero	0	0	-	-	-
Febrero	4	15	1:3.75	6.36	<0.05
Marzo	20	28	1:1.4	1.33	0.24
Abril	8	23	1:2.88	7.25	<0.05
Mayo	13	29	1:2.23	6.09	0.01
Junio	8	27	1:3.38	10.31	<0.05
Julio	12	28	1:2.33	6.4	0.01
Agosto	6	16	1:2.67	4.54	0.03
Septiembre	18	23	1:1.28	0.60	0.43
Octubre	18	33	11.83	4.41	0.03
Noviembre	15	42	1:2.8	12.78	<0.05
Diciembre	1	4	1:4	1.8	0.17

La longitud total promedio de captura por machos fue de 175.4 cm LT (DE=39.83 cm) y 165.48 cm LT (DE=37.42 cm) para hembras. La prueba *t-Student* aplicada a los promedios por viaje indicó que existen diferencias estadísticas entre la talla de captura por sexo ($t=-3.01$, $g.l=146$, $p<0.05$). Debido a lo anterior, la frecuencia de tallas se realizó para sexos

separados por año y trimestres. Por años, los machos alcanzan frecuencias más altas en todos los intervalos. Para mejorar la visualización, la amplitud de cada intervalo fue de 20 cm (Figura 51).

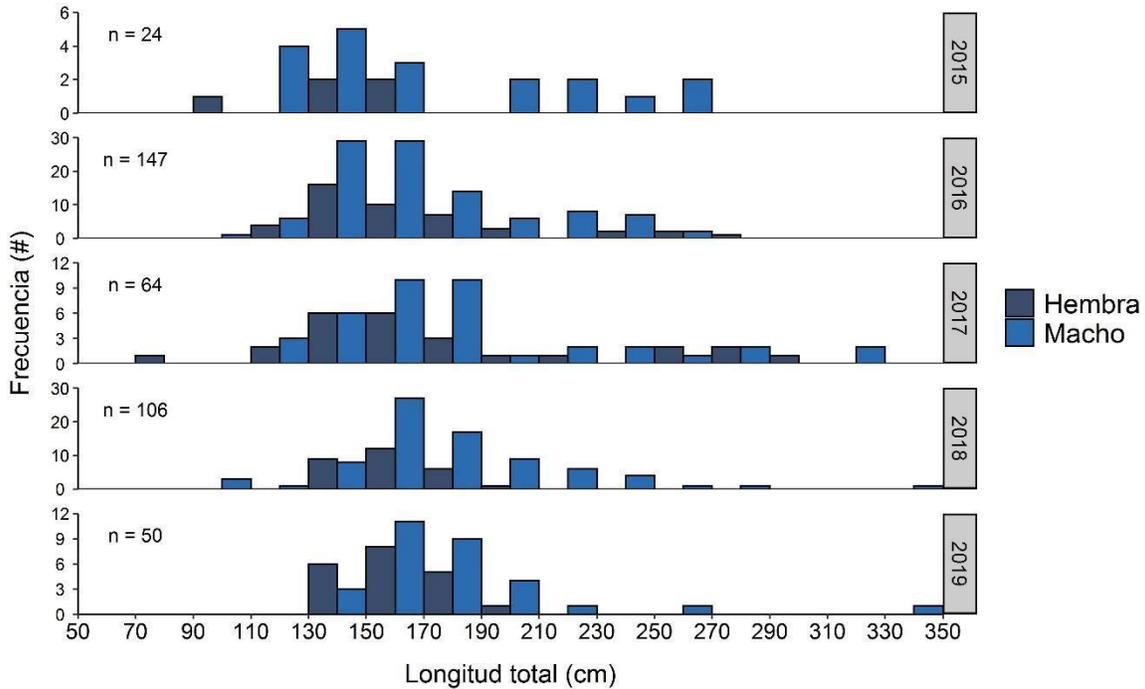


Figura 51. Histograma de frecuencias por sexos separados de la longitud total de captura de la cornuda rosada (*S. lewini*) capturadas por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante los años 2015-2019.

Por trimestre, se observa una tendencia de capturar organismos más grandes en el tercer trimestre del año, en donde los machos mostraron la mayor frecuencia en cada intervalo. Los muestreos tuvieron mayor representatividad en el último trimestre a lo largo de los cinco años. Para mejorar la visualización, la amplitud de cada intervalo fue de 20 cm (Figura 52).

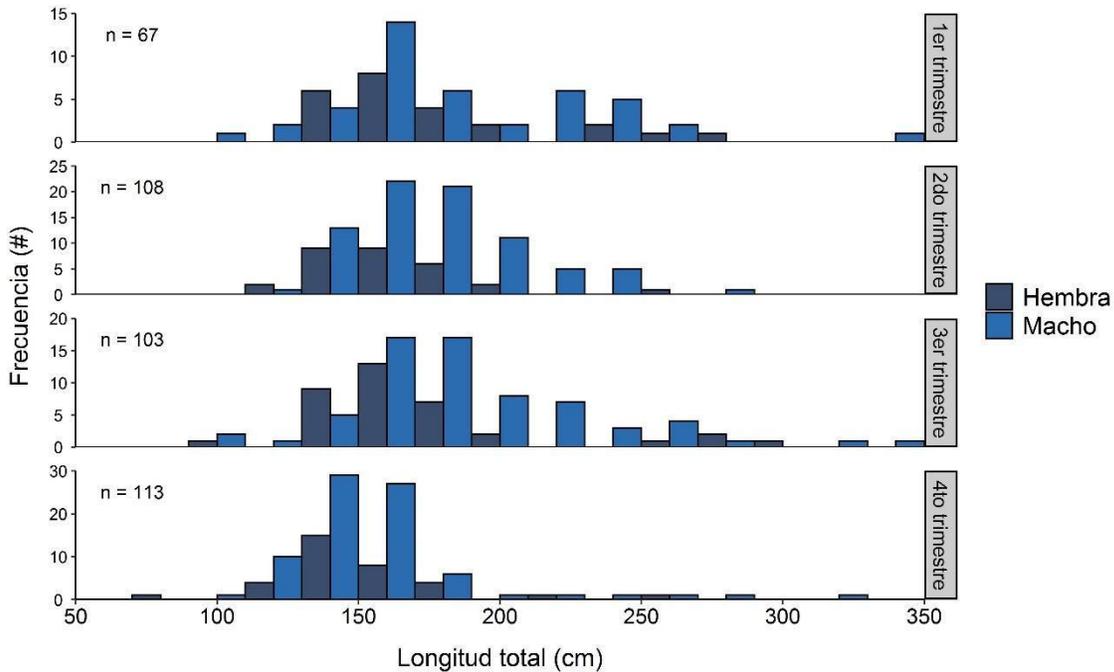


Figura 52. Histograma de frecuencias por sexos separados de la longitud total de la cornuda rosada (*S. lewini*) capturadas por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica por trimestre durante los años 2015-2019.

A pesar de las diferencias entre las tallas por sexos, se realizó el análisis de la tendencia de las tallas promedio de captura para sexos combinados. El análisis de varianza indicó que las tallas promedio de captura no fueron estadísticamente diferentes a través de los años ($F=1.671$, $g.l=4$, $p=0.16$). Dicha tendencia se mantiene constante (Figura 53). Se observa que las tallas más grandes en promedio fueron encontradas en el 2017. La Talla Legal de Primera Captura definida en la junta directiva del INCOPECA (AJDIP-026-2018) es de 85 cm longitud dorsoprecaudal (LDP). Al usar el método geométrico descrito anteriormente, fue posible convertir dicha talla a LT: $LT=2.406(LDP)$. En promedio, se están capturando organismos por debajo de dicha TLPC en todos los años.

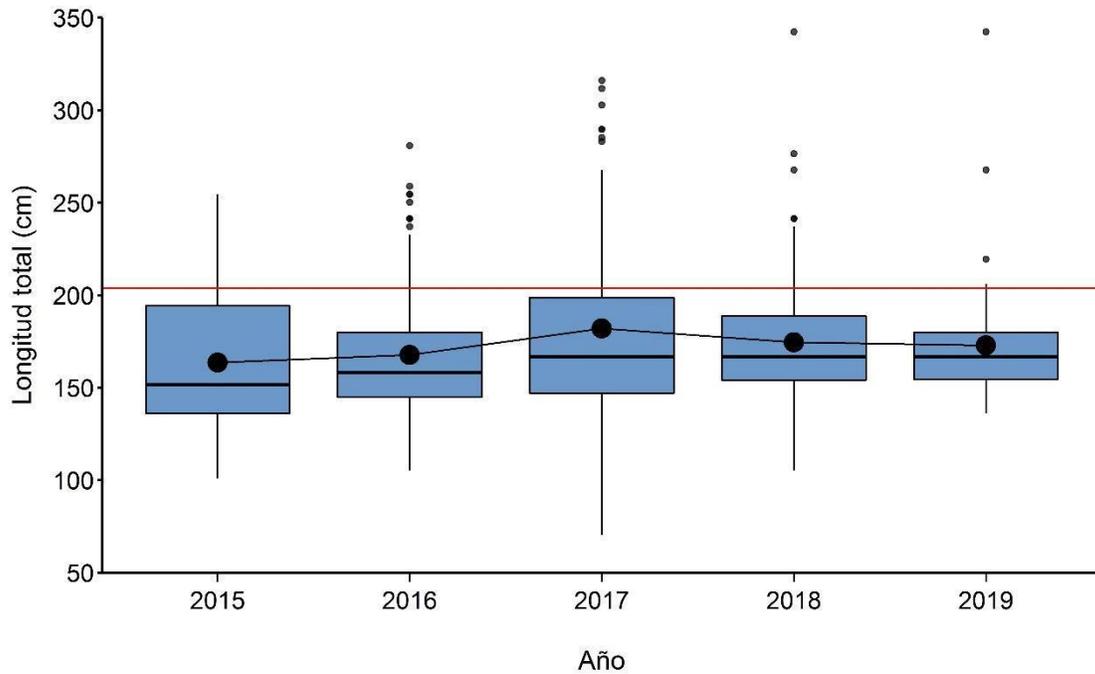


Figura 53. Diagrama de caja y bigotes de la longitud total de captura de la cornuda rosada (*S. lewini*) capturadas por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante los años 2015-2019. La caja azul muestra el primer y tercer cuartil (25% y 75%). El valor promedio se representa como un punto negro dentro de cada caja, y la línea horizontal dentro de cada caja representa la mediana. Las líneas verticales inferiores y superiores de las cajas representan el 95% de los datos. Los datos atípicos se representan con puntos negros fuera de las cajas. La línea roja vertical representa la TLPC (LT=204 cm).

El análisis de varianza indicó que existen diferencias estadísticas entre la talla promedio de captura y los meses ($F=2.26$, $g.l=10$, $p<0.05$). La tendencia de la talla promedio muestra una ligera disminución en los meses de octubre y noviembre. En diciembre, las tallas fueron más heterogéneas en comparación con las del resto de los meses, y solo en ese año, el promedio de captura estuvo por encima de la TLPC (Figura 54).

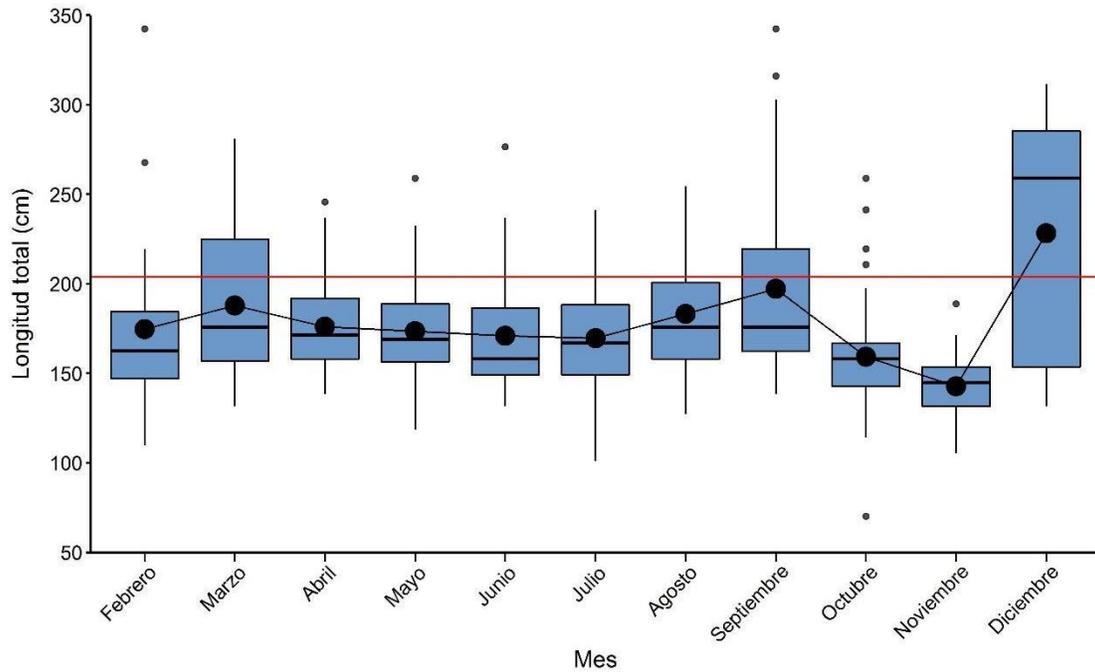


Figura 54. Diagrama de caja y bigotes de la longitud total de captura de la cornuda rosada (*S. lewini*) capturadas por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica por meses durante los años 2015-2019. La caja azul muestra el primer y tercer cuartil (25% y 75%). El valor promedio se representa como un punto negro dentro de la caja, y la línea horizontal representa la mediana. Las líneas verticales inferiores y superiores de las cajas representan el 95% de los datos. Los datos atípicos se representan con puntos negros fuera de las cajas. La línea roja vertical representa la TLPC (LT=204 cm).

De manera general, se capturaron en total 329 (84.1%) organismos por debajo de la TLPC. A través de los años, dicho porcentaje varió, siendo el valor más bajo en el 2017 (76.6 %) y el más alto en el 2019 (92%) (Figura 55).

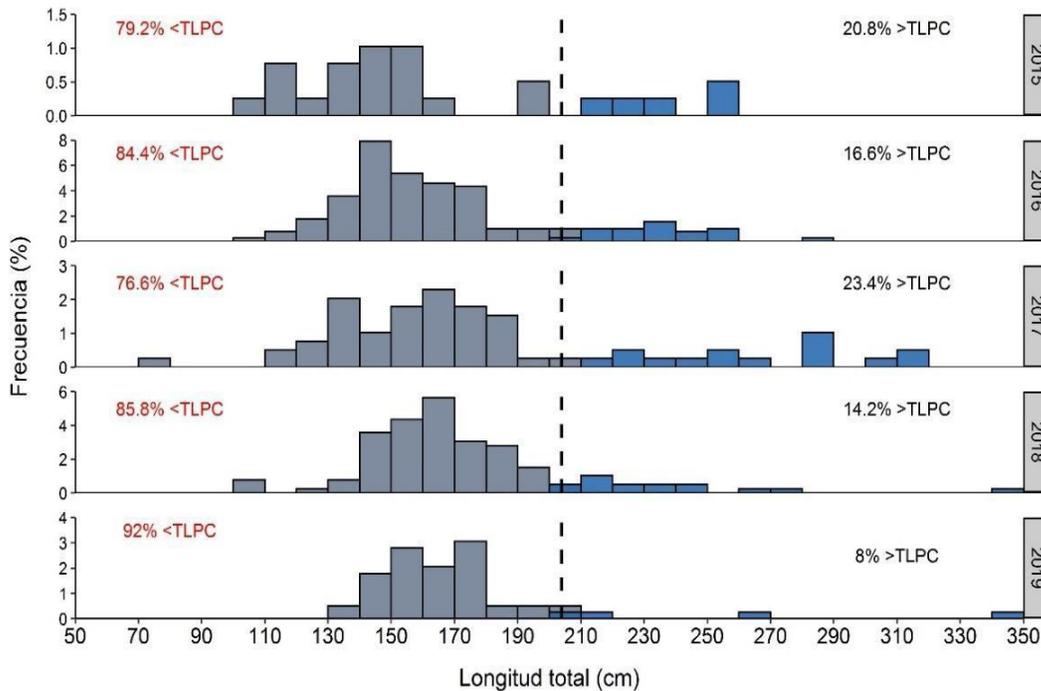


Figura 55. Histograma de frecuencias de la longitud total de captura de la cornuda rosada (*S. lewini*) capturadas por la flota de avanzada en el Pacífico de Costa Rica durante los años 2015-2019. Las barras grises representan la frecuencia de tallas por debajo de la talla legal de primera captura (TLPC) y las azules, la frecuencia de tallas de organismos por encima de la TLPC. La línea vertical negra representa la TLPC (204 cm LT).

La tendencia de las diferencias (Δ) entre la talla máxima y distintas tallas de referencia es diferente. Al usar la TLPC de 204 cm LT, definida por la junta directiva del INCOPECSA (AJDIP-026-2018), se muestra una tendencia oscilatoria de aumento y disminución (Figura 56). El ANOVA mostró diferencias estadísticas a través de los años ($F=2.75$, $g.l=4$, $p<0.05$) causadas únicamente por la permutación 2018-2017.

Al usar la talla del primer cuartil de cada viaje en promedio por mes, se muestra una tendencia a aumentar hasta el 2017, para luego disminuir (Figura 56). El ANOVA mostró diferencias estadísticas a través de los años ($F=2.83$, $g.l=4$, $p<0.05$). Dichas diferencias son causadas únicamente por la permutación 2017-2015. En ambos casos, no se muestra una tendencia de remoción de organismos grandes de la población. Para mejorar la visualización, se muestran los índices en paneles separados.

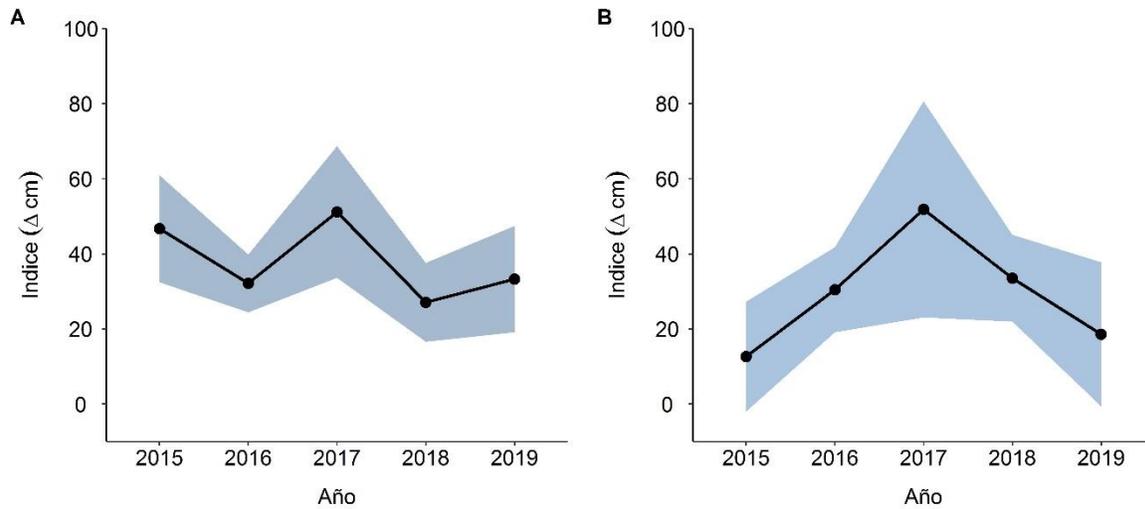


Figura 56. Índice de la tendencia de las diferencias (Δ) promedio entre la talla máxima y diversas tallas de referencia de la cornuda rosada (*S. lewini*) capturadas por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante los años 2015-2019. A) Diferencias entre Lmax y la TLPC definida en la junta directiva del INCOPECA (AJDIP-026-2018) de 204 cm LT. B) Diferencias entre Lmax y el cuartil promedio de cada año. La línea continua negra representa la tendencia de las diferencias por año. Los puntos negros representan la diferencia promedio por año. Las áreas azules representan el intervalo de confianza al 95% de cada índice.

3.3.2.4 Cornuda blanca (*Sphyrna zygaena*)

De 104 registros de la cornuda blanca (*S. zygaena*), 101 contenían información de sexo. El 25% pertenecieron a hembras y el 75% restante a machos. La proporción sexual en general fue estadísticamente diferente de la esperada 1M: 1H ($X^2=23.77$, g.l=1, $p<0.05$), ya que se están capturando 3 machos por cada hembra. La proporción sexual a través de los años estuvo dominada por los machos (Figura 57), sin embargo, solo los años 2015 y 2016 fueron estadísticamente diferentes de lo esperado (Tabla 14).

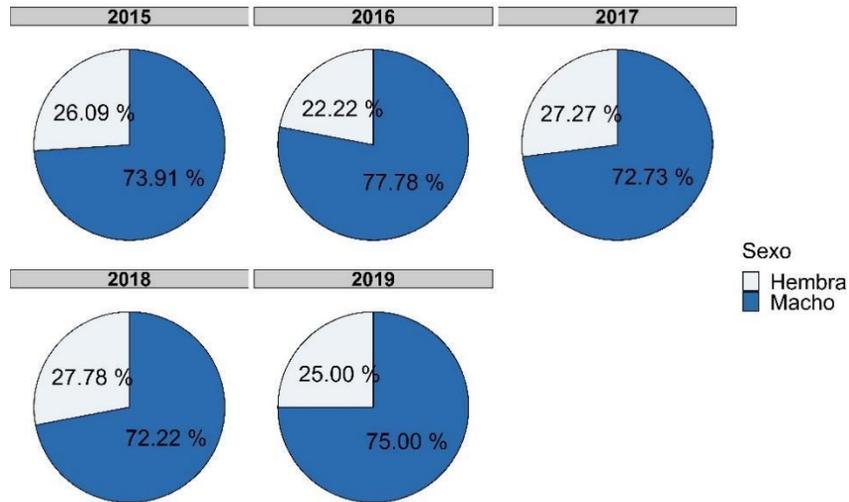


Figura 57. Gráfico de pastel de las proporciones sexuales de la cornuda blanca (*S. zygaena*), capturados por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante los años 2015-2019.

Tabla 14. Resultados de la proporción sexual mediante la prueba X^2 por año de la cornuda blanca. X^2 =Resultado de la prueba. p = Valor de probabilidad de ser 1H: 1M.

Año	Hembras	Machos	Proporción (H:M)	X^2	p
2015	12	34	1:2.83	10.52	<0.05
2016	4	14	1:3.5	5.61	<0.05
2017	3	8	1:2.67	2.36	0.12
2018	5	13	1:2.6	3.55	0.059
2019	2	6	1:3	2.13	0.14

La proporción sexual a través de los meses estuvo representada mayormente por machos. No se registraron capturas de hembras en enero, noviembre y diciembre (Figura 58). Debido al número de datos por cada mes, y a pesar de haber usado la corrección de Yates, en ningún mes la proporción resultó estadísticamente diferente a la esperada (1 H: 1 M) (Tabla 15).

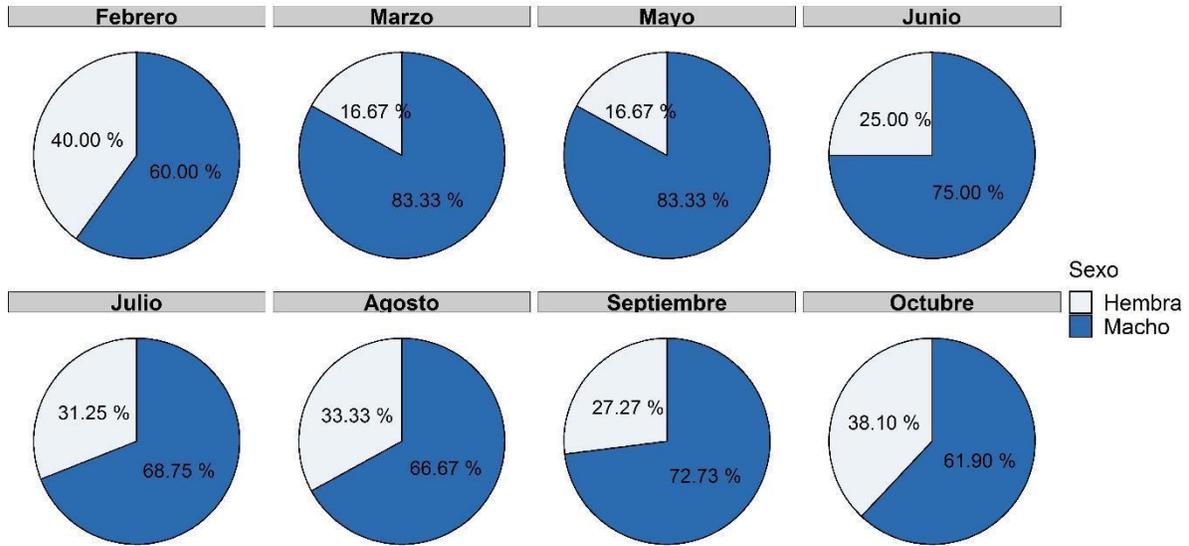


Figura 58. Gráfico de pastel de las proporciones sexuales de la cornuda blanca (*S. zygaena*) capturados por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica a través de los meses durante los años 2015-2019.

Tabla 15. Resultados de la proporción sexual mediante la prueba χ^2 por mes durante los años 2015-2019 de la cornuda blanca. χ^2 =Resultado de la prueba. p = Valor de probabilidad de ser 1H: 1M.

Año	Hembras	Machos	Proporción (H:M)	χ^2	p
Enero	0	1	-	-	-
Febrero	4	6	1:1.5	0.50	0.48
Marzo	1	5	1:5	2.83	0.09
Abril	-	-	-	-	-
Mayo	1	5	1:5	2.83	0.09
Junio	1	3	1:3	1.25	0.26
Julio	5	11	1:2.2	0.14	0.707
Agosto	3	6	1:2	1.11	0.29
Septiembre	3	8	1:2.67	2.36	0.12
Octubre	8	13	1:1.62	0.05	0.81
Noviembre	0	12			
Diciembre	0	5			

La longitud total promedio de captura por machos fue de 231.14 cm LT (DE=41.22 cm) y 221.65 cm LT (DE=43.07 cm) para hembras. La prueba *t-Student* aplicada a los promedios por viaje indicó que no existen diferencias estadísticas entre la talla de captura por sexo ($t=-0.61$, $g.l=146$, $p=0.539$). Debido a lo anterior, y a que existen pocos registros en el periodo analizado, la frecuencia de tallas se realizó para sexos combinados de manera general. Se observa una estructura de tallas parecida a la normal, con la mayor frecuencia en

el intervalo 225-240 cm LT. Para mejorar la visualización, la amplitud de cada intervalo fue de 15 cm (Figura 59).

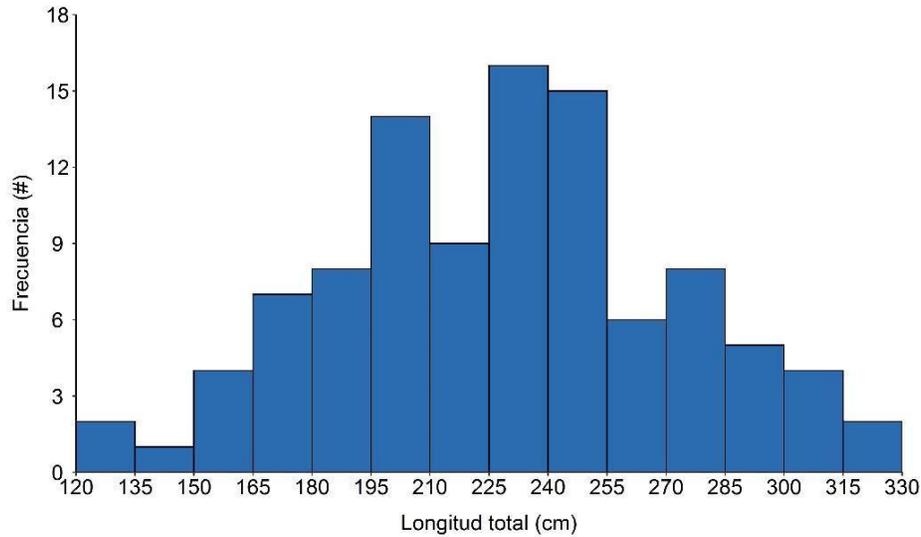


Figura 59. Histograma de frecuencias por sexos combinados de la longitud total de captura de la cornuda blanca (*S. zygaena*) capturadas por flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante los años 2015-2019.

El análisis de varianza indicó que las tallas promedio de captura no fueron estadísticamente diferentes a través de los años ($F=2.17$, $g.l=4$, $p=0.08$). Dicha tendencia muestra una ligera disminución en el año 2017 (Figura 60). Se observa que las tallas más grandes en promedio fueron encontradas en el 2015.

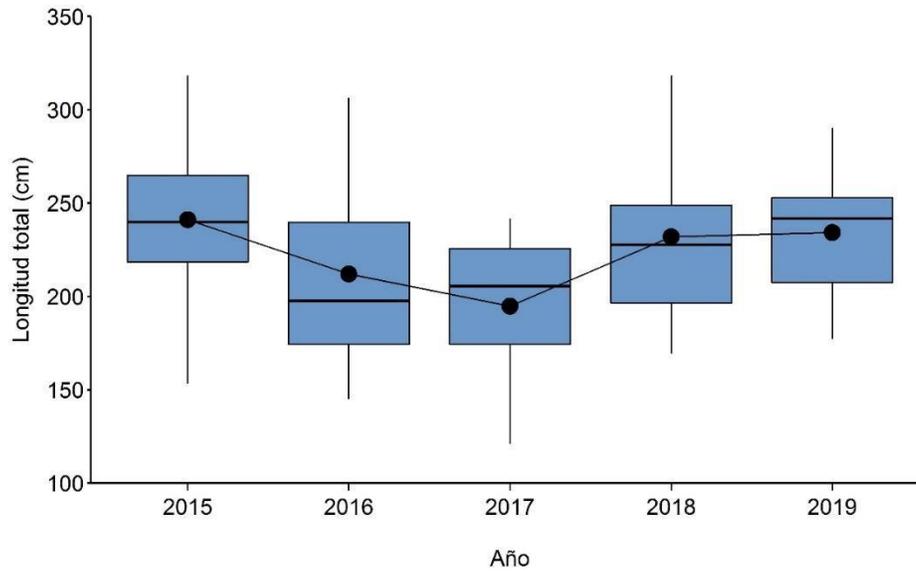


Figura 60. Diagrama de caja y bigotes de la longitud total de captura de la cornuda blanca (*S. zygaena*) capturadas por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante los años 2015-2019. La caja azul muestra el primer y tercer cuartil (25% y 75%). El valor promedio se representa como un punto negro dentro de cada caja, y la línea horizontal dentro de cada caja representa la mediana. Las líneas verticales inferiores y superiores de las cajas representan el 95% de los datos. Los datos atípicos se representan con puntos negros.

El análisis de varianza mostró que no existen diferencias estadísticas entre la talla promedio de captura y los meses ($F=1.16$, $g.l=10$, $p=0.342$). La tendencia de la talla promedio de captura muestra un patrón oscilatorio, disminuyendo en los meses de mayo-junio, para aumentar gradualmente los meses siguientes. En los meses de enero, noviembre y diciembre, únicamente los machos están representados (Figura 61).

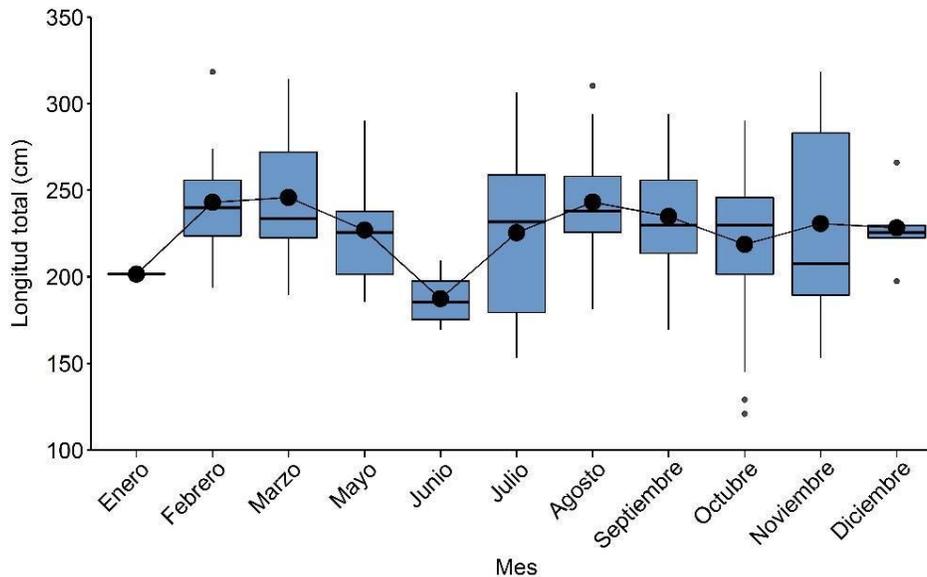


Figura 61. Diagrama de caja y bigotes de la longitud total de captura de la cornuda blanca (*S. zygaena*) capturadas por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica por meses durante los años 2015-2019. La caja azul muestra el primer y tercer cuartil (25% y 75%). El valor promedio se representa como un punto negro dentro de la caja, y la línea horizontal representa la mediana. Las líneas verticales inferiores y superiores de las cajas representan el 95% de los datos. Los datos atípicos se representan con puntos negros fuera de las cajas.

La cornuda blanca no cuenta con ninguna Talla Legal de Primera Captura definida. La tendencia de los cambios (Δ) entre la talla máxima y la talla al primer cuartil por año mostraron una disminución gradual pequeña al inicio, para luego tener un pico máximo en el 2018, y luego volver a disminuir (Figura 62). El análisis de varianza indicó que no existieron diferencias estadísticas entre los promedios de los Δ por año ($F=1.08$, $g.l=4$, $p=0.376$).

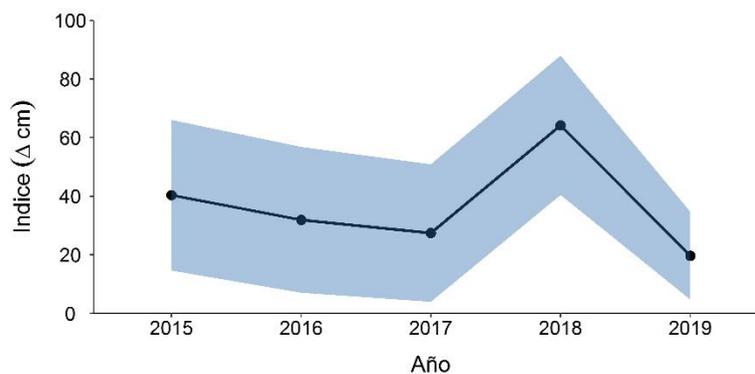


Figura 62. Índice de la tendencia de las diferencias promedio entre la talla máxima y los cuartiles por año de la cornuda blanca (*S. zygaena*) capturadas por la flota de avanzada en el Pacífico de Costa Rica durante los años 2015-2019. La línea continua negra representa la tendencia de las diferencias entre la talla máxima y el primer cuartil. Los puntos negros representan la diferencia (Δ) promedio por año. El área azul representa la desviación estándar del promedio por año.

3.3.2.5 Tiburón azul (*Prionace glauca*)

De 67 registros del tiburón azul (*P. glauca*), únicamente 19 contaban con información de sexo, debido a que en los desembarques se carece del área ventral, en donde se encuentra las estructuras genitales externas, lo cual imposibilita la determinación sexual. De tal manera que la proporción sexual se calculó de manera general para todo el periodo analizado. El 26% pertenecieron a hembras (n=5) y el 74% restante a machos (n=14). La proporción sexual fue estadísticamente diferente de la esperada 1M: 1H ($\chi^2=4.26$, g.l.=1, $p<0.05$), ya que se están capturando 28 machos por cada 10 hembras (Figura 63).

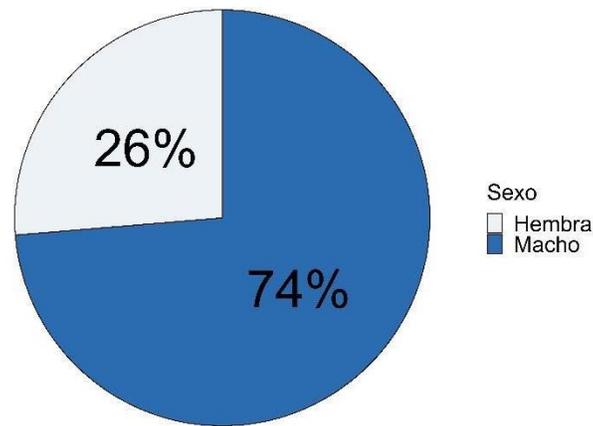


Figura 63. Gráfica de pastel de la proporción sexual del tiburón azul (*P. glauca*) capturados por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante los años 2015-2019.

La longitud total promedio de captura por machos fue de 199.22 cm LT (DE=17.77 cm) y 196.56 cm LT (DE=20.20 cm) para hembras. La talla legal de primera captura definida en la junta directiva del INCOPEPESCA (AJDIP-026-2018) es de 46 cm longitud interdorsal (LID). Al usar el método geométrico descrito anteriormente, fue posible convertir dicha talla a LT: $LT=4.55(LID)$ resultando en 210 cm LT. De manera general, se están capturando 76% de organismos por debajo de la TLPC (Figura 64). La prueba *t-Student* indicó que no existen diferencias estadísticas entre la talla de captura por sexo ($t=-0.27$, g.l.=17 $p=0.784$). Debido a lo anterior, y a que existen pocos registros en el periodo analizado, la frecuencia de tallas se realizó para sexos combinados de manera general. Se observa una estructura de tallas con la mayor frecuencia de organismos en el intervalo 200-210 cm LT. Organismos <230 cm LT son muy poco frecuentes (Figura 64).

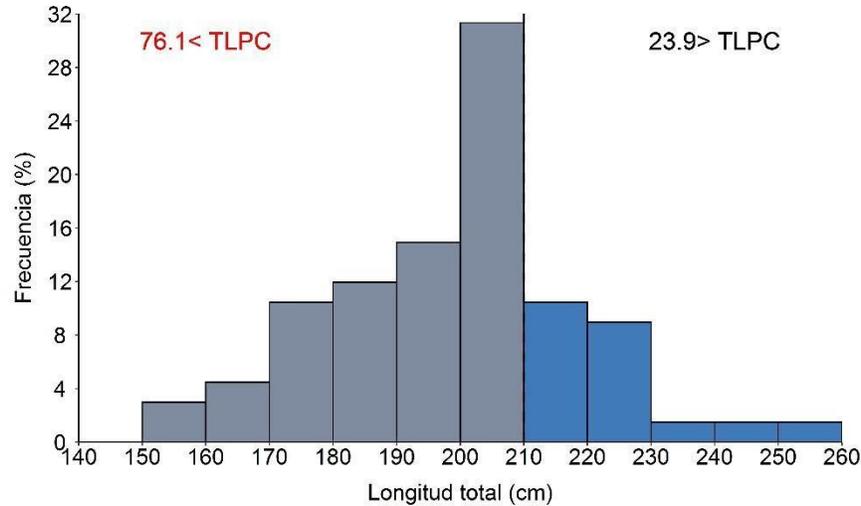


Figura 64. Histograma de frecuencias por sexos combinados de la longitud total de captura del tiburón azul (*P. glauca*) capturados por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante los años 2015-2019. Las barras grises representan la frecuencia de tallas por debajo de la Talla Legal de Primera Captura (TLPC) y las azules, la frecuencia de tallas de organismos por encima de la TLPC. La línea vertical negra representa la TLPC (210 cm LT).

El análisis de varianza indicó que las tallas promedio de captura no fueron estadísticamente diferentes a través de los años ($F=0.507$, $g.l=3$, $p=0.679$). No se registraron capturas en el 2019. De manera general, los promedios de captura son más pequeños que la TLPC. Se observa un ligero aumento en las tallas en el año 2017 (Figura 65).

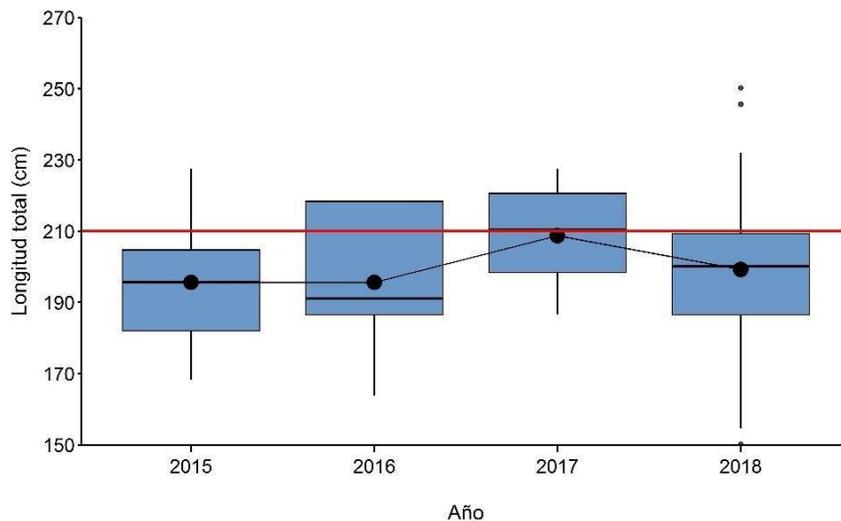


Figura 65. Diagrama de caja y bigotes de la longitud total de captura del tiburón azul (*P. glauca*) capturadas por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante los años 2015-2019. La caja azul muestra el primer y tercer cuartil (25% y 75%). Las barras grises representan la frecuencia de tallas por debajo de la talla legal de primera captura (TLPC) y las azules, la frecuencia de tallas de organismos por encima de la TLPC. La línea vertical negra representa la TLPC (210 cm LT).

El análisis de varianza arrojó que no existen diferencias estadísticas entre la talla promedio de captura y los meses ($F=1.04$, $g.l.=8$, $p=0.413$). La tendencia de la talla promedio de captura muestra un patrón oscilatorio, disminuyendo en los meses de mayo-junio, para aumentar posteriormente. En los meses de enero, noviembre y diciembre, únicamente los machos están representados (Figura 66). En todos los años, se están capturando organismos por debajo de la TLPC.

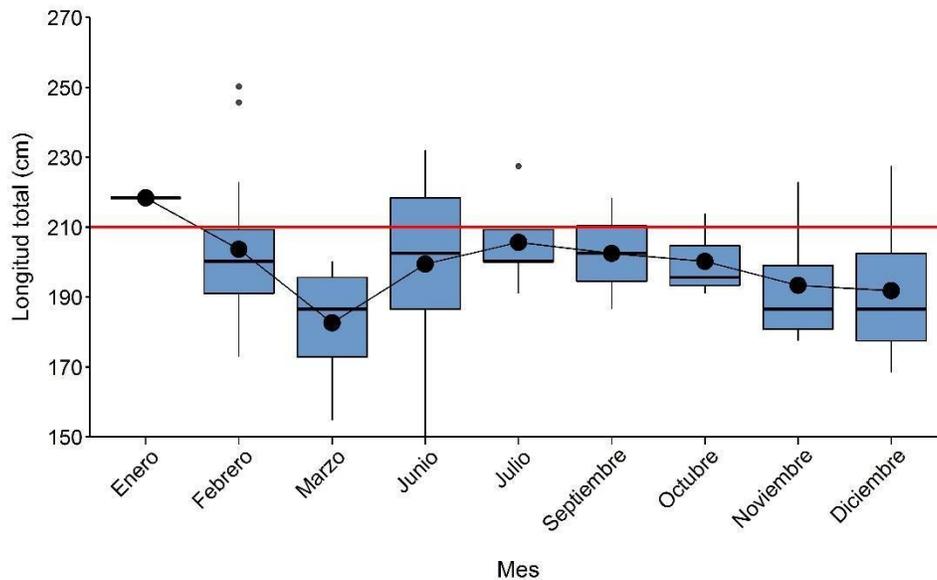


Figura 66. Diagrama de caja y bigotes de la longitud total de captura del tiburón azul (*P. glauca*) capturadas por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica por meses durante los años 2015-2019. La caja azul muestra el primer y tercer cuartil (25% y 75%). Las barras grises representan la frecuencia de tallas por debajo de la talla legal de primera captura (TLPC) y las azules, la frecuencia de tallas de organismos por encima de la TLPC. La línea vertical negra representa la TLPC (210 cm LT).

3.3.3 Dorado

Para todos los resultados siguientes, el año 2020 no fue tomado en cuenta debido a su poca representatividad en los muestreos. La estadística descriptiva se muestra en la Tabla 16.

Tabla 16. Estadística descriptiva de la longitud total del dorado (*Coryphaena hippurus*) capturados por la flota palangrera de Costa Rica. DE= desviación estándar, C.V.=Coeficiente de variación, Min= valor mínimo, Max=valor máximo, n= Número de organismos con registro de talla.

Nombre común	Especie	n	Promedio (cm)	Moda (cm)	Min (cm)	Max (cm)	DE (cm)	C.V.
Dorado	<i>Coryphaena hippurus</i>	4, 193	125.4	117.8	45.3	191.5	19.3	15%

Para todos los resultados siguientes, el año 2020 no fue tomado en cuenta debido a su poca representatividad en los muestreos. De 4,398 registros del dorado, 4,173 contenían información de sexo. El 48.45% pertenecieron a hembras y el 51.55% restante a machos. La proporción sexual en general fue estadísticamente diferente de la esperada 1M: 1H ($\chi^2=3.98$, g.l=1, $p<0.05$), ya que se están capturando 106 machos por cada 100 hembras. La proporción sexual a través de los años fue variada (Figura 67). Los primeros años dominaron las hembras, para luego cambiar a una dominancia de los machos. Estadísticamente, en todos los años la proporción sexual se alejó a la esperada de 1H: 1M (Tabla 17).

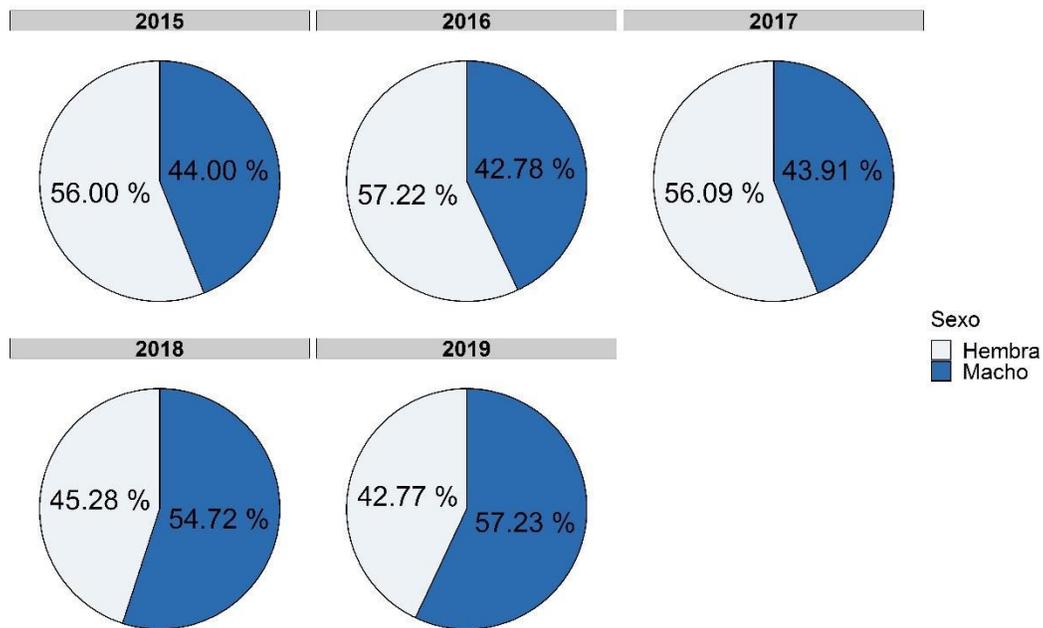


Figura 67. Gráfico de pastel de las proporciones sexuales del dorado (*C. hippurus*) capturados por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante los años 2015-2019.

Tabla 17. Resultados de la proporción sexual mediante la prueba χ^2 por año del dorado. χ^2 =Resultado de la prueba. p = Valor de probabilidad de ser 1H: 1M.

Año	Hembras	Machos	Proporción (H:M)	χ^2	p
2015	266	209	1:0.76	6.84	<0.05
2016	111	83	1:0.74	4.04	<0.05
2017	456	357	1:0.78	12.05	<0.05
2018	686	829	1:1.21	13.49	<0.05
2019	503	673	1:1.34	24.57	<0.05

La proporción sexual a través de los meses mostró un patrón en donde existe una dominancia de los machos de mayo a agosto, para posteriormente ser más dominantes las hembras (Figura 68). En los meses en los que dominaron los machos, la proporción sexual fue estadísticamente diferente a lo esperado (1H: 1M) (Tabla 18).

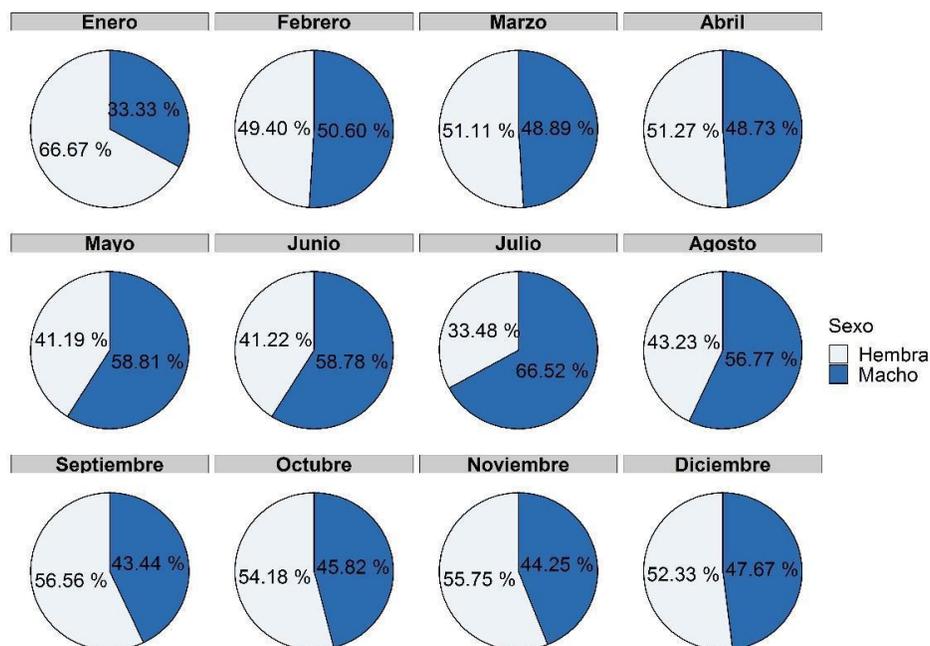


Figura 68. Gráfico de pastel de las proporciones sexuales del dorado (*C. hippurus*) capturados por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica a través de los meses durante los años 2015-2019.

Tabla 18. Resultados de la proporción sexual mediante la prueba χ^2 por mes durante los años 2015-2019 del dorado. χ^2 =Resultado de la prueba. p = Valor de probabilidad de ser diferente a la esperada 1H: 1M.

Año	Hembras	Machos	Proporción (H:M)	χ^2	p
Enero	14	7	1:0.5	2.33	0.126
Febrero	289	296	1:1.02	0.08	0.77
Marzo	230	220	1:0.95	0.22	0.63
Abril	181	172	1:0.95	0.22	0.63
Mayo	187	267	1:1.43	14.09	<0.05
Junio	61	87	1:1.43	4.54	<0.05
Julio	151	300	1:1.99	49.22	<0.05
Agosto	99	130	1:1.31	4.19	<0.05
Septiembre	69	53	1:0.76	2.09	0.145
Octubre	188	159	1:0.84	2.42	0.119
Noviembre	373	296	1:0.79	8.86	<0.05
Diciembre	180	164	1:0.91	0.74	0.388

La longitud total promedio de captura de machos fue de 131.18 cm LT (DE=19.98 cm) y 119.22 cm LT (DE=16.34 cm) para hembras. La prueba *t-Student* aplicada a los promedios por viaje indicó que existen diferencias estadísticas entre la talla de captura y los sexos ($t=-9.65$, $g.l=567$, $p<0.05$). Debido a lo anterior, la frecuencia de tallas se realizó para sexos separados ($n=4,173$) por año y trimestres. El año menos representado fue el 2016 (Figura 69).

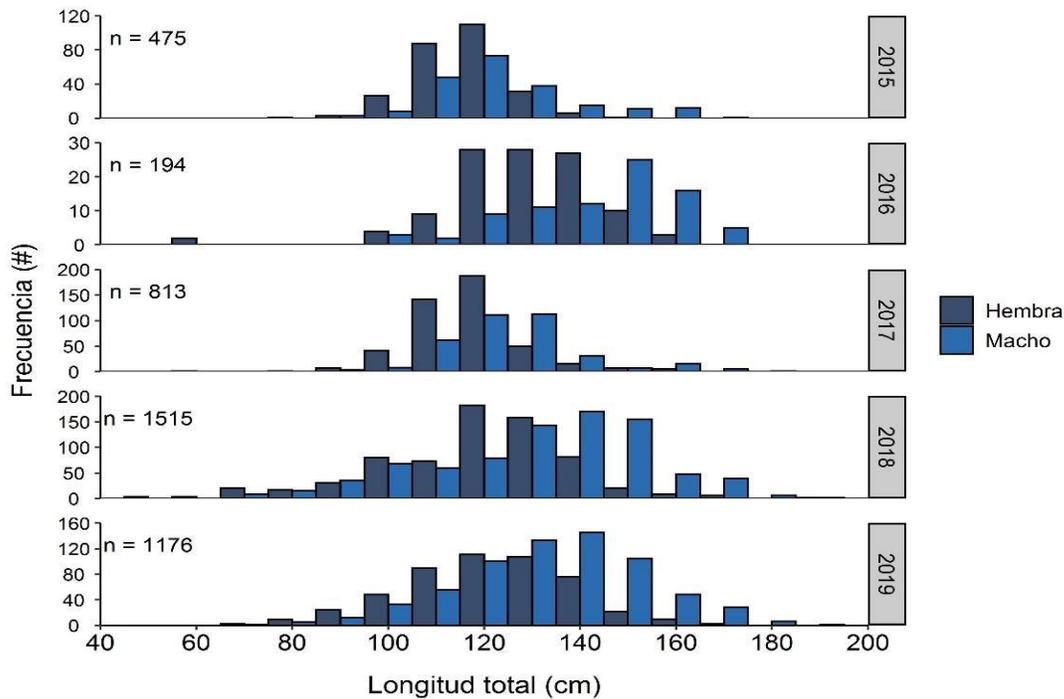


Figura 69. Histograma de frecuencias por sexos separados de la longitud total de captura del dorado (*C. hippurus*) capturadas por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante los años 2015-2019. n= número de organismos.

Por trimestre, se observa que el rango de tallas fue más grande en el segundo trimestre del periodo muestreado, a diferencia del último trimestre, en donde las tallas están concentradas en el intervalo de 100-110 cm LT, asemejando a una distribución normal (Figura 70).

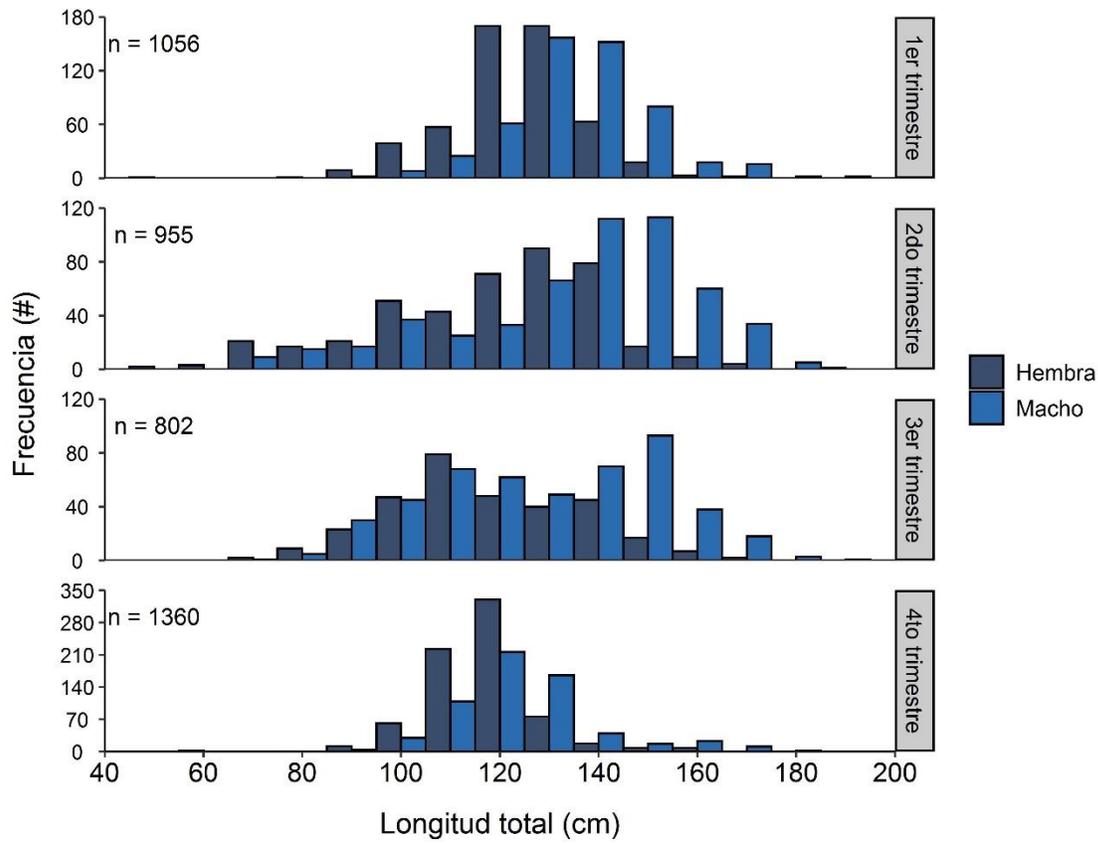


Figura 70. Histograma de frecuencias por sexos separados de la longitud total de captura del dorado (*C. hippurus*) capturadas por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica por trimestre durante los años 2015-2019. n= número de organismos.

El análisis de varianza indicó que las tallas promedio de captura fueron estadísticamente diferentes a través de los años ($F=10.21$, $g.l=4$, $p<0.05$). La prueba Tukey HSD demostró que los años que provocan dichas diferencias son el 2015 y 2017. La tendencia del promedio no mostró una disminución clara, y en todos los años, las capturas se encontraron por encima de la talla legal de primera captura (Figura 71) de 80 cm LT, definida en la junta directiva del INCOPECA (AJDIP-026-2018).

El análisis de varianza indicó que existen diferencias estadísticas entre la talla promedio de captura y los meses ($F=6.36$, $g.l=11$, $p<0.05$). A pesar de lo anterior, la tendencia del promedio de captura no muestra algún cambio importante, se mantiene estable a lo largo de los meses. La prueba Tukey HSD mostró que los últimos meses son los que causan dichas diferencias estadísticas. En todos los meses, los promedios están por encima de la TLPC de 80 cm (Figura 72).

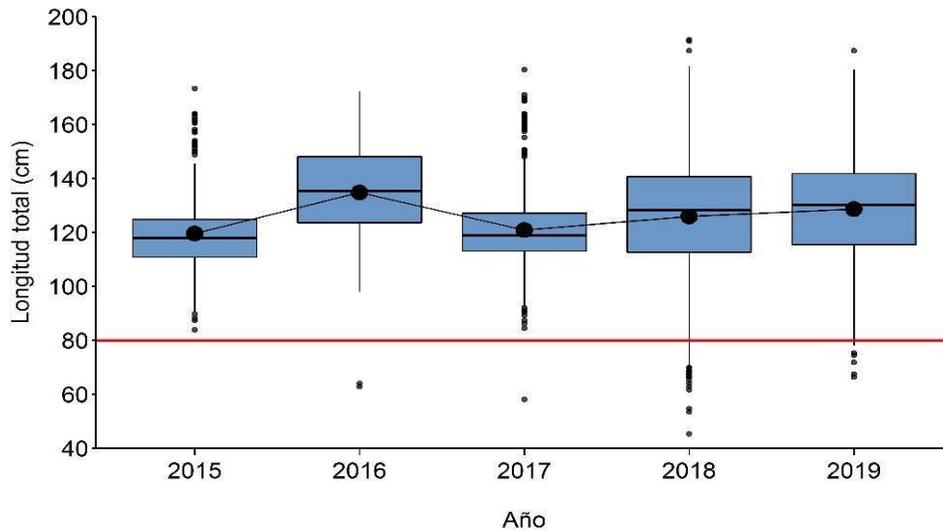


Figura 71. Diagrama de caja y bigotes de la longitud total de captura del dorado (*C. hippurus*) capturadas por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante los años 2015-2019. La caja azul muestra el primer y tercer cuartil (25% y 75%). El valor promedio se representa como un punto negro dentro de la caja, y la línea horizontal dentro de la caja representa la mediana. Las líneas verticales inferiores y superiores de las cajas representan el 95% de los datos. Los datos atípicos se representan con puntos negros fuera de las cajas. La línea horizontal roja representa la TLPC (80 cm LT).

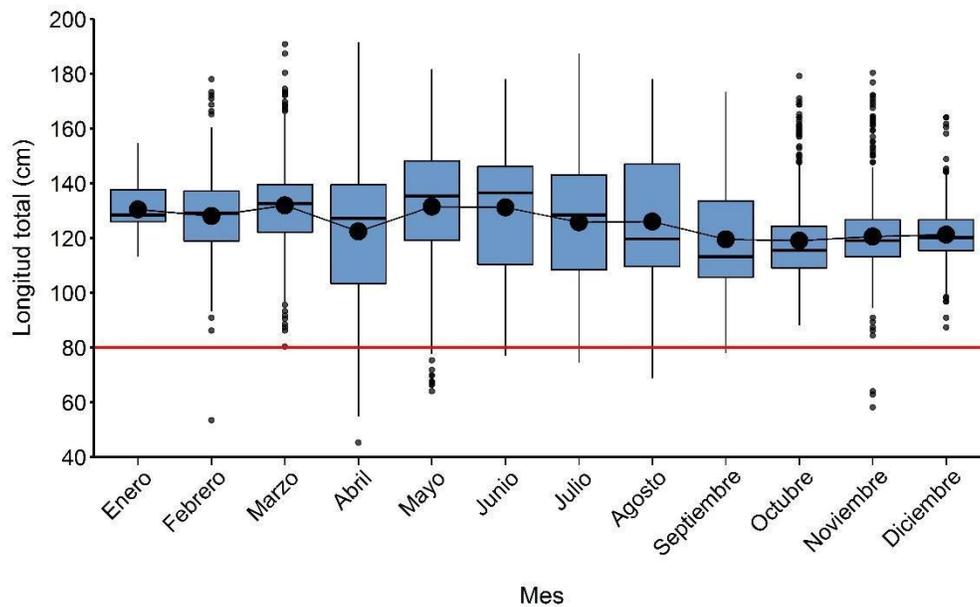


Figura 72. Diagrama de caja y bigotes de la longitud total de captura del dorado (*C. hippurus*) capturados por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica por meses durante los años 2015-2019. La caja azul muestra el primer y tercer cuartil (25% y 75%). El valor promedio se representa como un punto negro dentro de la caja, y la línea horizontal representa la mediana. Las líneas verticales inferiores y superiores de las cajas representan el 95% de los datos. Los datos atípicos se representan con puntos negros fuera de las cajas. La línea horizontal roja representa la TLPC (80 cm LT).

De manera general, se capturó un total de 1.5% (n=63) organismos por debajo de la Talla Legal de Primera Captura (TLPC). A través de los años, dicho porcentaje varió, siendo el valor más bajo en el 2015 (0%) y el más alto en el 2018 (3.3%). En ningún año se sobrepasó el 10% permitido de acuerdo con lo establecido por la junta directiva del INCOPECA (AJDIP-026-2018) (Figura 73).

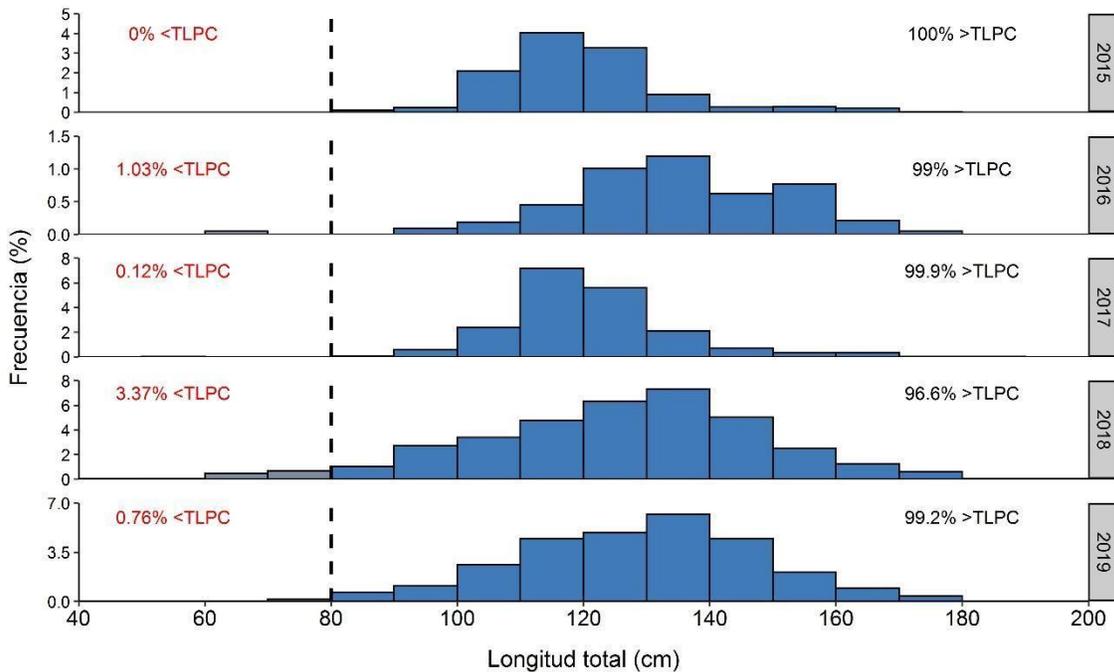


Figura 73. Histograma de frecuencias de la longitud total de captura del dorado (*C. hippurus*) capturados por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante los años 2015-2019. Las barras grises representan la frecuencia de tallas por debajo de la talla legal de primera captura (TLPC) y las azules, la frecuencia de tallas de organismos por encima de la TLPC. La línea vertical negra representa la TLPC (80 cm LT).

La tendencia de los cambios entre la talla máxima y distintas tallas de referencia es diferente. Al usar la TLPC de 80 cm LT, definida por la junta directiva del INCOPECA (AJDIP-026-2018), muestra una tendencia estable, aumentando gradualmente a través de los años. Los promedios de las diferencias por año fueron estadísticamente diferentes ($F=16.46$, $g.l=4$, $p<0.05$). Al usar la talla al primer cuartil por año, la tendencia es similar, con cambios más marcados a través de los años, siendo estadísticamente diferentes ($F=16.21$, $g.l=4$, $p<0.05$). En ambos casos, el valor más alto fue encontrado en el 2018, con una tendencia de incremento. Temporalmente, con dichas tendencias, se podría concluir que las tallas de captura no han disminuido, mostrando un stock saludable (Figura 74).

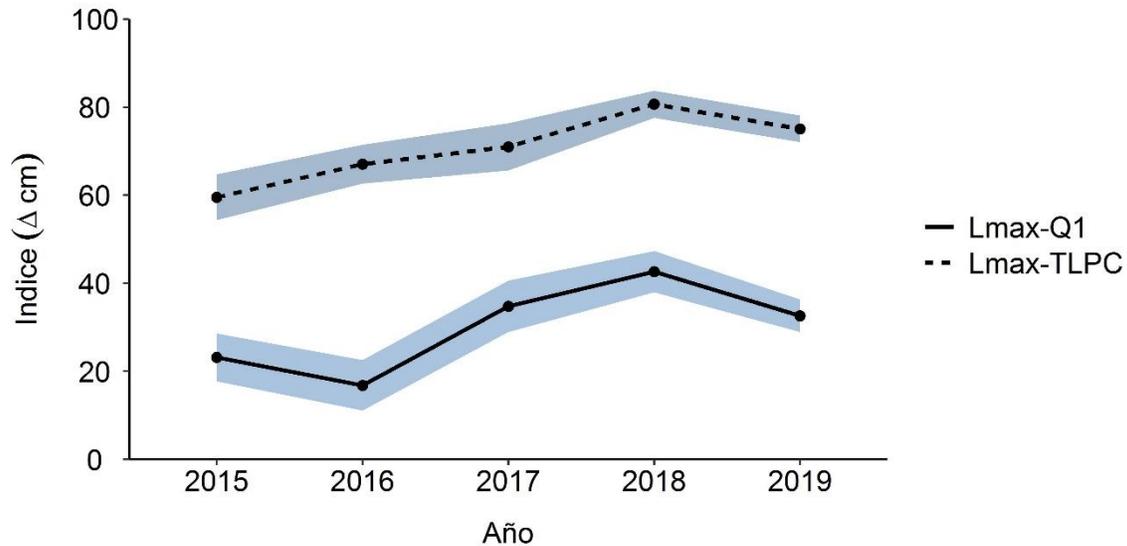


Figura 74. Índice de la tendencia de las diferencias (Δ) promedio entre la talla máxima y diversas tallas de referencia del dorado (*C. hippurus*) capturadas por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante los años 2015-2019. Los puntos negros representan la diferencia promedio por año. La línea negra punteada representa la tendencia de las diferencias entre la talla máxima y la talla legal de primera captura (80 cm, LT). Las áreas azules representan el intervalo de confianza al 95% de cada índice.

3.3.4 Atunes

Para todos los resultados siguientes, el año 2020 no fue tomado en cuenta debido a su poca representatividad en los muestreos por motivo del Covid-19. Los 2,875 atunes analizados pertenecen a tres especies. 2,697 registros contenían datos de talla. La estadística descriptiva de cada especie se muestra en la Tabla 19.

Tabla 19. Estadística descriptiva de la longitud total de las especies de atún capturadas por la flota palangrera de Costa Rica. DE= desviación estándar, C.V.=Coeficiente de variación, Min= valor mínimo, Max=valor máximo, n= Número de organismos con registro de talla

Nombre común	Especie	n	Promedio (cm)	Moda (cm)	Min (cm)	Max (cm)	DE (cm)	C.V.
Atún aleta amarilla	<i>Thunnus albacares</i>	2,567	151.08	147.93	85.23	326.47	23.05	15%
Atún ojón	<i>Thunnus obesus</i>	104	162.62	143.58	72.34	215.91	27.08	17%
Wahoo	<i>Acanthocybium solandri</i>	26	145.56	156.89	114.22	169.08	14.17	10%

3.3.4.1 Atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*)

Debido a que no se contó con registros de sexo para la especie, el análisis de proporción sexual no fue realizado. La distribución de tallas varió entre 80-340 cm LT. Únicamente en el año 2019 se registraron los organismos más grandes (>240 cm LT), sin embargo, para una mejor visualización, no fueron incluidos en el gráfico (Figura 75). En la mayoría de los años, el intervalo 151-160 cm LT es el más representativo.

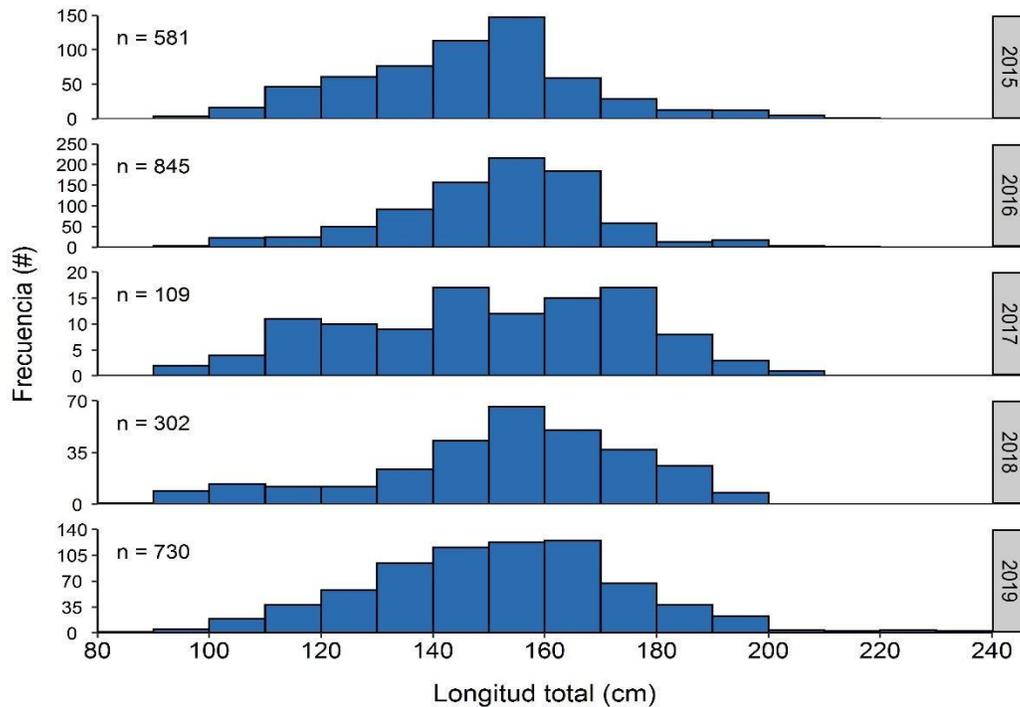


Figura 75. Histograma de frecuencias por sexos combinados de la longitud total de captura del atún aleta amarilla (*T. albacares*) capturadas por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante los años 2015-2019. n= número de organismos.

A través de los trimestres, las tallas de los organismos capturados mostraron un patrón similar, en donde en la mayoría de los casos, el intervalo de 150-160 cm LT fue el más representativo. Todos los trimestres tuvieron un número de organismos muestreados homogéneo (Figura 76).

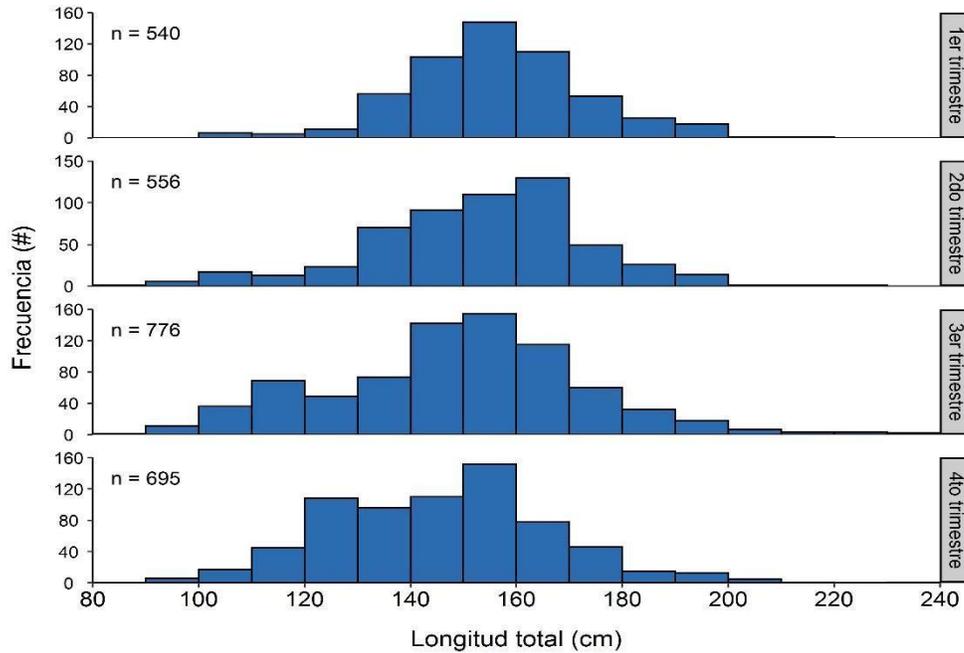


Figura 76. Histograma de frecuencias por sexos combinados de la longitud total de captura del atún aleta amarilla (*T. albacares*) capturadas por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica por trimestre durante los años 2015-2019. n= número de organismos.

El análisis de varianza indicó que las tallas promedio de captura no fueron estadísticamente diferentes a través de los años ($F=0.445$, $g.l=4$, $p=0.776$). La tendencia del promedio no mostró una disminución clara, y en todos los años, las capturas se encontraron por encima de la Talla Legal de Primera Captura (Figura 77) de 60 cm LT, definido en la junta directiva del INCOPECA (AJDIP-026-2018). En el último año (2019), se registraron organismos de tallas mayores.

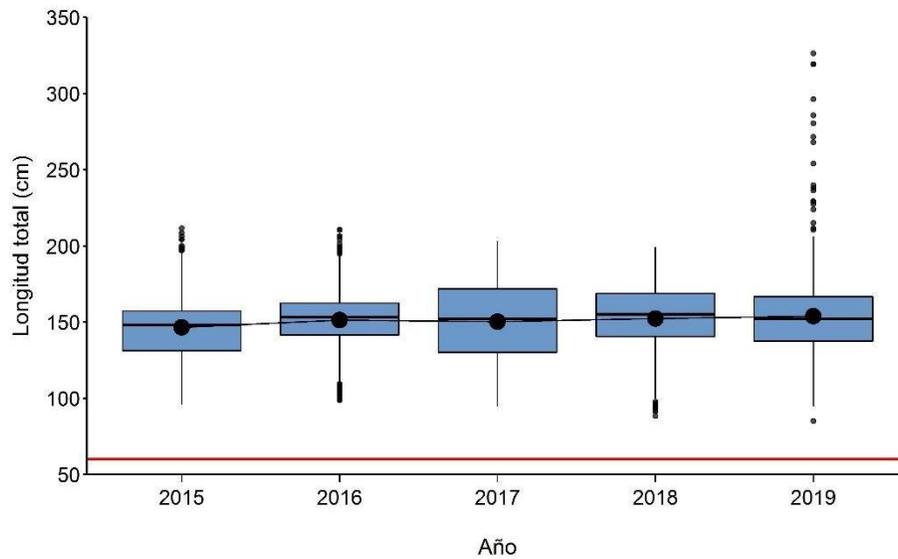


Figura 77. Diagrama de caja y bigotes de la longitud total de captura del atún aleta amarilla (*T. albacares*) capturadas por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante los años 2015-2019. La caja azul muestra el primer y tercer cuartil (25% y 75%). El valor promedio se representa como un punto negro dentro de la caja, y la línea horizontal dentro de la caja representa la mediana. Las líneas verticales inferiores y superiores de las cajas representan el 95% de los datos. Los datos atípicos se representan con puntos negros fuera de las cajas. La línea horizontal roja representa la TLPC (60 cm LT).

El análisis de varianza arrojó que existen diferencias estadísticas entre la talla promedio de captura y los meses ($F=2.76$, $g.l=11$, $p<0.05$). A pesar de lo anterior, la tendencia del promedio de captura no muestra ninguna tendencia de disminución. La prueba Tukey HSD mostró que las diferencias estadísticas son causadas por las permutaciones entre noviembre y algunos meses (marzo, abril y junio). En todos los meses, los promedios están por encima de la TLPC de 60 cm (Figura 78).

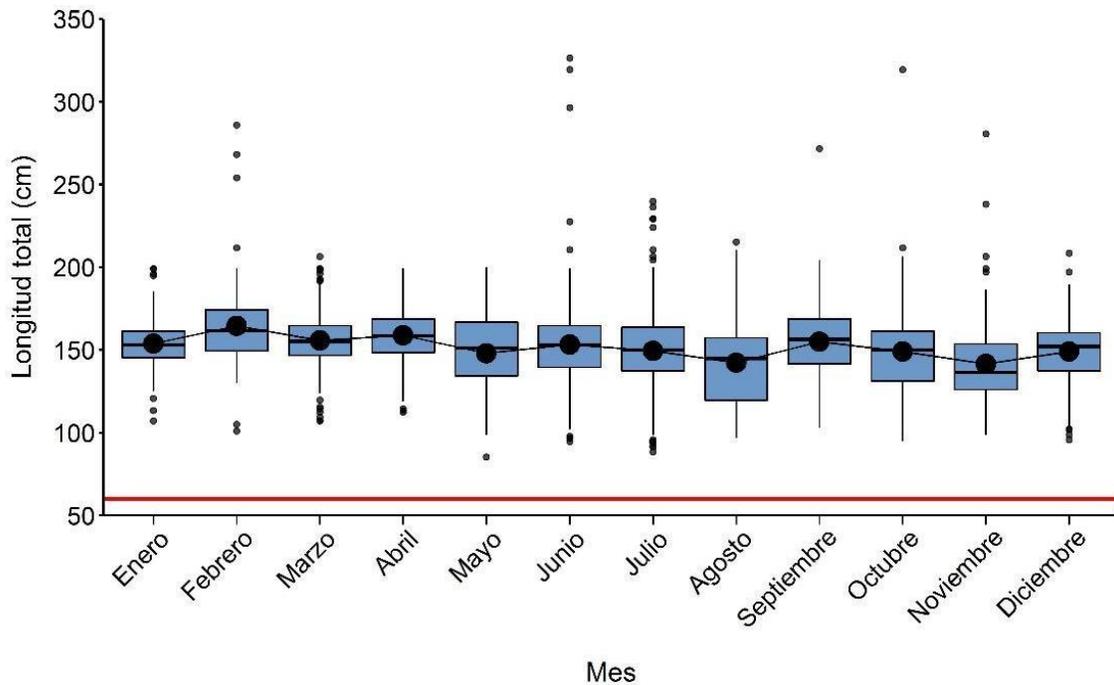


Figura 78. Diagrama de caja y bigotes de la longitud total de captura del atún aleta amarilla (*T. albacares*) capturadas por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica por meses durante los años 2015-2019. La caja azul muestra el primer y tercer cuartil (25% y 75%). El valor promedio se representa como un punto negro dentro de la caja, y la línea horizontal dentro de la caja representa la mediana. Las líneas verticales inferiores y superiores de las cajas representan el 95% de los datos. Los datos atípicos se representan con puntos negros fuera de las cajas. La línea horizontal roja representa la TLPC (60 cm LT).

De manera general, todos los organismos muestreados se encuentran por encima de la Talla Legal de Primera Captura (TLPC) de 60 cm LT. En ningún año se sobrepasó el 10% permitido de acuerdo con lo establecido por la junta directiva del INCOPECA (AJDIP-026-2018) (Figura 79).

La tendencia de las diferencias (Δ) entre la talla máxima varía en función de la talla de referencia utilizada. Al usar la TLPC de 60 cm LT, definida por la junta directiva del INCOPECA (AJDIP-026-2018), se muestra una tendencia estable, con una ligera disminución en el año 2017, sin mostrar ningún cambio significativo. Lo anterior fue sustentado con el análisis de varianza, el cual indicó que los promedios de las Δ por año no fueron estadísticamente diferentes ($F=2.04$, $g.l=4$, $p=0.089$). Al usar la talla al primer cuartil por año, la tendencia de las diferencias es similar, con los Δ en menor dimensión, no siendo estadísticamente diferentes entre años ($F=1.41$, $g.l=4$, $p=0.23$). En ambos casos, el valor más pequeño fue en el 2017, y la tendencia fue estable, lo que implica que las tallas promedio se mantuvieron constantes, sin remoción selectiva de organismos grandes (Figura 80).

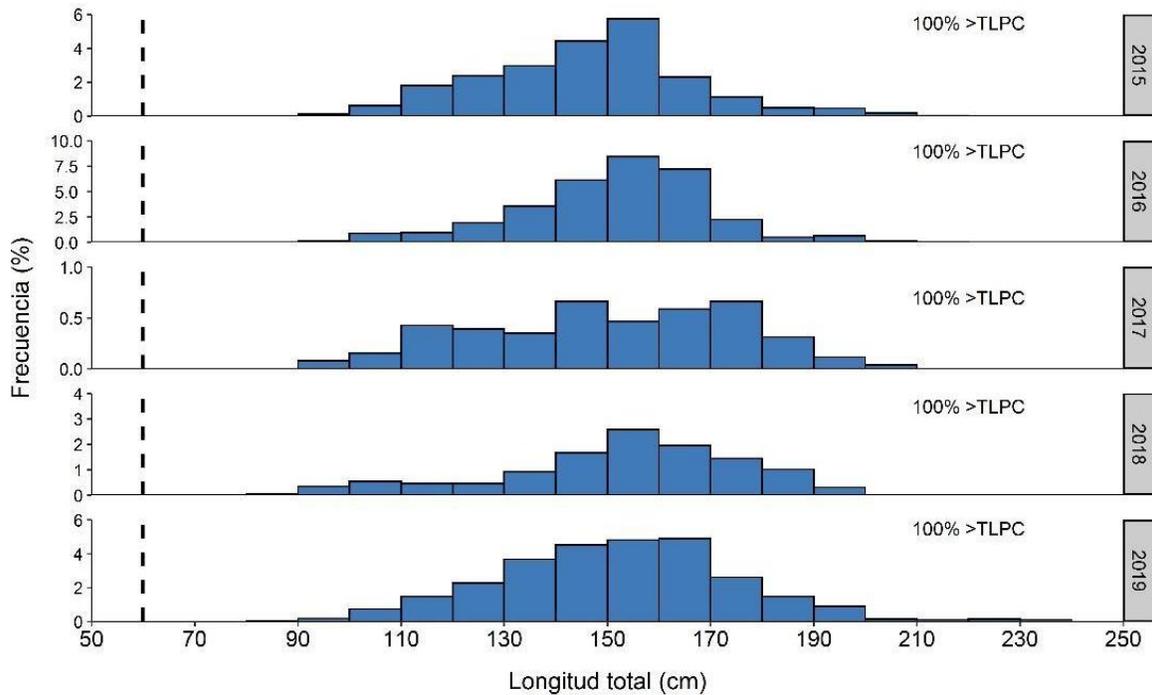


Figura 79. Histograma de frecuencias de la longitud total de captura del atún aleta amarilla (*T. albacares*) por sexos combinados capturados por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante los años 2015-2019. Las barras azules representan la frecuencia de tallas por encima de la talla legal de primera captura (TLPC). La línea vertical negra representa la TLPC (60 cm LT).

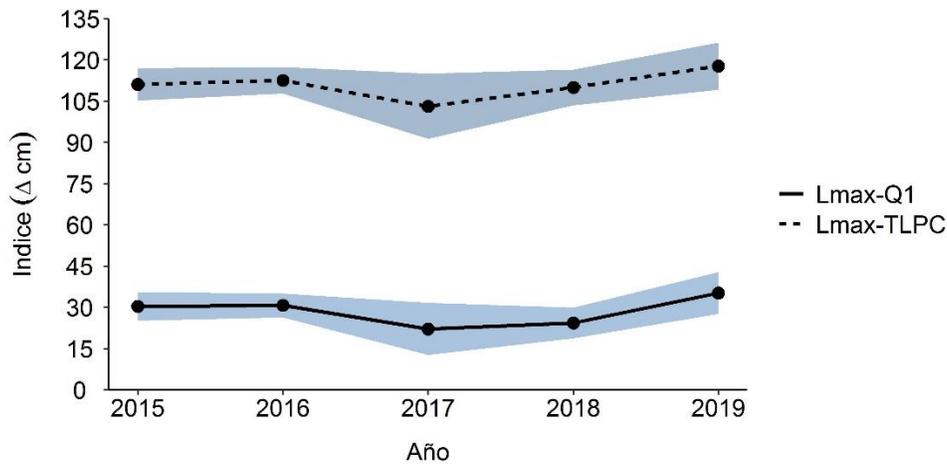


Figura 80. Índice de la tendencia de las diferencias promedio entre la talla máxima y diversas tallas de referencia del atún aleta amarilla (*T. albacares*) capturadas por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante los años 2015-2019. La línea continua negra representa la tendencia de las diferencias entre la talla máxima y el primer cuartil por año. Los puntos negros representan la diferencia promedio por año. La línea negra punteada representa la tendencia de las diferencias entre la talla máxima y la talla legal de primera captura (60 cm, LT). Las áreas azules representan el intervalo de confianza al 95% de cada índice.

3.3.4.2 Atún patudo. Ojón (*Thunnus obesus*)

Debido a que no se contó con registros de sexo para esta especie, el análisis de proporción sexual no fue realizado. La distribución de tallas varió entre 72.34-215.91 cm LT. Debido a la poca representatividad de la especie en los muestreos ($n=104$), se realizó un histograma general. Se observa la máxima frecuencia en el intervalo de 130-150 cm LT. Organismos < 130 cm LT y > 210 cm LT son menos frecuentes (Figura 81).

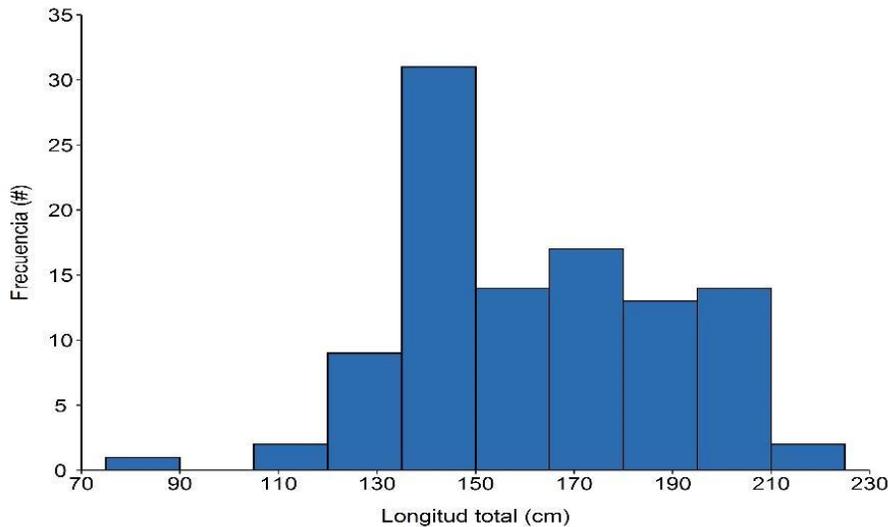


Figura 81. Histograma de frecuencias por sexos combinados de la longitud total de captura del atún ojón (*T. obesus*) capturados por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante los años 2015-2019.

El análisis de varianza indicó que las tallas promedio de captura no fueron estadísticamente diferentes a través de los años ($F=1.588$, $g.l=4$, $p=0.227$). La tendencia del promedio muestra una ligera disminución en los últimos dos años, sin embargo, esto podría ser un efecto del bajo número de muestras ($n=5$ en cada año). En el 2017 no se contó con registros del atún ojón en los muestreos (Figura 82).

El análisis de varianza mostró que no existen diferencias estadísticas entre la talla promedio de captura y los meses ($F=1.28$, $g.l=11$, $p=0.32$). No es posible definir un patrón de tallas promedio a través de los meses debido a la nula representatividad en cinco meses a través del periodo analizado (Figura 83).

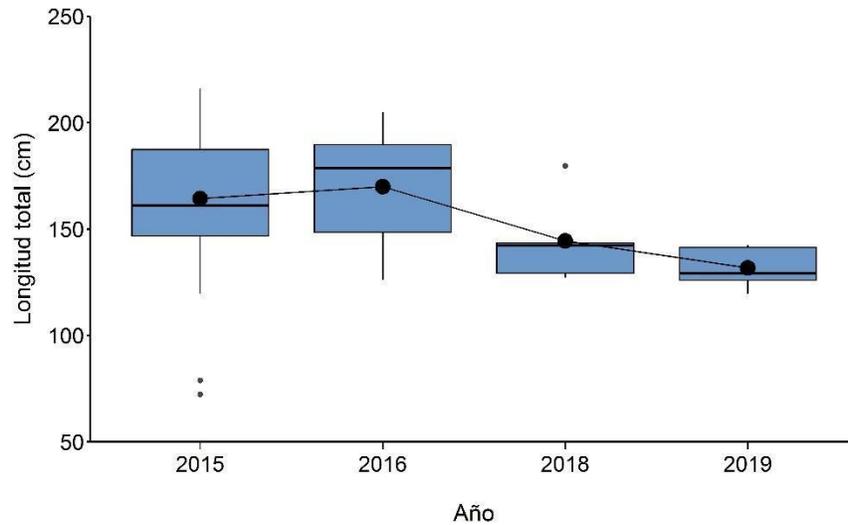


Figura 82. Diagrama de caja y bigotes de la longitud total de captura del atún ojón (*T. obesus*) capturadas por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante los años 2015-2019. La caja azul muestra el primer y tercer cuartil (25% y 75%). El valor promedio se representa como un punto negro dentro de la caja, y la línea horizontal dentro de la caja representa la mediana. Las líneas verticales inferiores y superiores de las cajas representan el 95% de los datos. Los datos atípicos se representan con puntos negros fuera de las cajas.

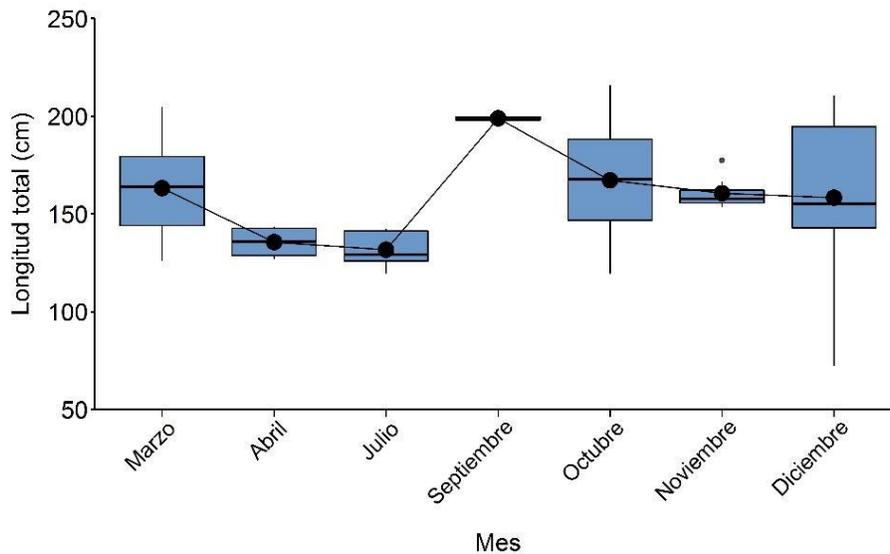


Figura 83. Diagrama de caja y bigotes de la longitud total de captura del atún ojón (*T. obesus*) capturadas por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica por meses durante los años 2015-2019. La caja azul muestra el primer y tercer cuartil (25% y 75%). El valor promedio se representa como un punto negro dentro de la caja, y la línea horizontal dentro de la caja representa la mediana. Las líneas verticales inferiores y superiores de las cajas representan el 95% de los datos. Los datos atípicos se representan con puntos negros fuera de las cajas.

El atún ojón no cuenta con una Talla Legal de Primera Captura. El índice fue realizado comparando las tallas máximas y las tallas al primer cuartil por año. Se observa una tendencia a capturar organismo cada vez más pequeños a partir del 2015, pues las diferencias (Δ) fueron cada vez menores, sin embargo, debido a la baja representatividad de tallas a lo largo del periodo analizado (2015-2019) del atún ojón en aguas costarricenses, no es posible definir una tendencia clara de los Δ entre la talla máxima y los cuartiles (Figura 84). No se cuenta con registros en el 2017.

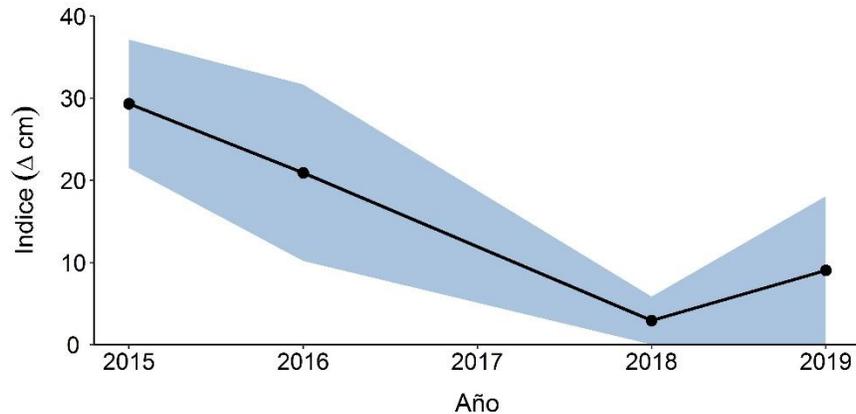


Figura 84. Índice de la tendencia de las diferencias promedio entre la talla máxima y el primer cuartil de las tallas del atún ojón (*T. obesus*) capturados por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante los años 2015-2019. La línea continua negra representa la tendencia de las diferencias entre la talla máxima y el primer cuartil por año. Los puntos negros representan la diferencia promedio por año. El polígono azul representa el error estándar.

3.3.4.3 Wahoo (*Acanthocybium solandri*)

Debido a que únicamente se contaron con 29 registros de talla de *Acanthocybium solandri*, no fue posible realizar ningún análisis.

3.3.5 Picudos

Para todos los resultados siguientes, el año 2020 no fue tomado en cuenta debido a su poca representatividad en los muestreos. Los 2,818 picudos analizados pertenecen a seis especies. Únicamente 2,783 registros contenían datos de talla. La estadística descriptiva de cada especie se muestra en la Tabla 20. Para el pez vela (*Istiophorus platypterus*), en varios casos no fue posible el registro de la talla debido a que algunas veces los troncos son partidos a la mitad en corte transversal, para posteriormente revolverse con otras mitades de las otras especies de picudos.

Tabla 20. Estadística descriptiva de la longitud total de las especies de picudos capturadas por la flota palangrera de Costa Rica. DE= desviación estándar, C.V.=Coeficiente de variación, Min= valor mínimo, Max= valor máximo, n= Número de organismos con registro de talla.

Nombre común	Especie	n	Promedio (cm)	Moda (cm)	Min (cm)	Max (cm)	DE (cm)	C.V.
Pez espada	<i>Xiphias gladius</i>	1,348	209.6	195.5	89.8	337	37.0	18%
Marlín rosado o rayado	<i>Kajikia audax</i>	617	206.6	212.5	137.6	270	22.6	11%
Marlín blanco	<i>Makaira nigricans</i>	593	250.6	250.5	110.4	377.6	25.7	10%
Pez vela	<i>Istiophorus platypterus</i>	209	223.6	227.2	151.4	299.5	22	10%
Marlín negro	<i>Istiompax indica</i> *	12	149.6	150	124	165	11.5	8%
Marlín trompa corta o Marlincillo	<i>Tetrapturus angustirostris</i> *	4	97.5	89	89	107	7.5	8%

Los valores de las especies con * fueron calculados a partir de la longitud del troncho (LTR)
 Los registros del Marlín negro podrían incluir tanto *Makaira nigricans* como *Istiompax indica*

3.3.5.1 Pez espada (*Xiphias gladius*)

Debido a que no se contó con registros de sexo para esta especie, el análisis de proporción sexual no fue realizado. La distribución de tallas varió entre 90-337 cm LT. Ya que únicamente hay registros del pez espada en los años 2018-2019, se realizó un histograma de frecuencias para todo el periodo combinado. Se observa que las tallas del pez espada tienden a una distribución normal, con la máxima frecuencia en organismo de entre 200-210 cm LT (Figura 85).

A través de los trimestres, las tallas de los organismos capturados mostraron un amplio rango de valores. En los tres primeros, la frecuencia más alta fueron organismos del intervalo 200-210 cm LT. Se registraron mayores frecuencias en el segundo trimestre, a comparación del último, quien tuvo las menores frecuencias (Figura 86).

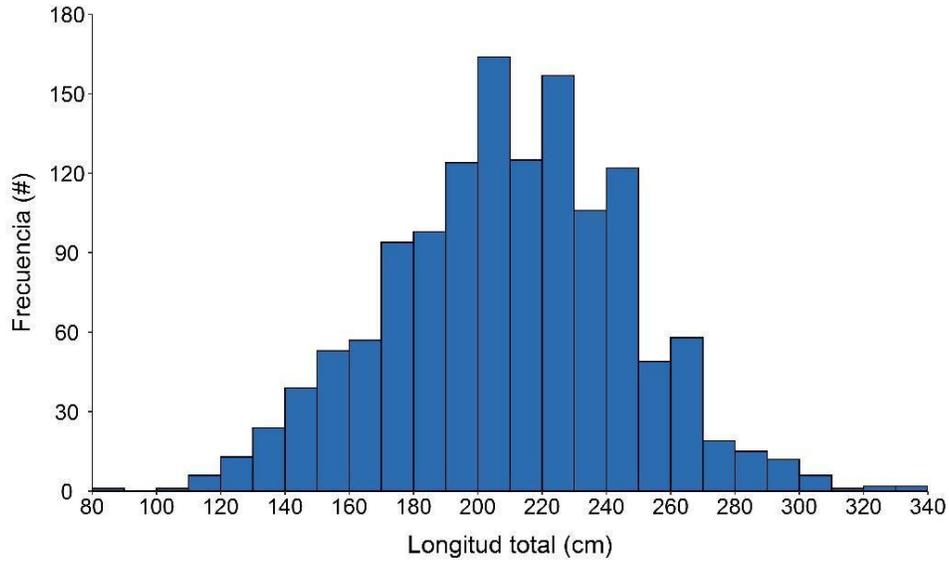


Figura 85. Histograma de frecuencias por sexos combinados de la longitud total de captura del pez espada (*X. gladius*) capturados por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante el 2018-2019.

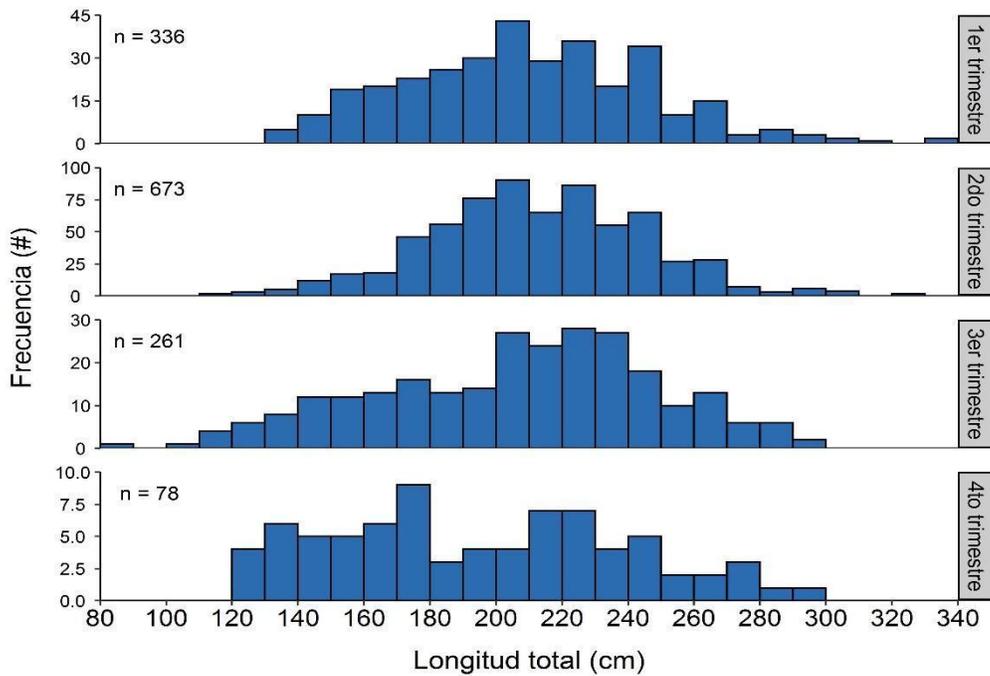


Figura 86. Histograma de frecuencias por sexos combinados de la longitud total de captura del pez espada (*X. gladius*) capturados por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica a través de los trimestres durante el 2018-2019.

El análisis de varianza indicó que las tallas promedio de captura no fueron estadísticamente diferentes a través de los años 2018-2019 ($F=3.405$, $g.l=1$, $p=0.06$). Debido

a la nula representatividad en otros años, no es posible definir un patrón claro del promedio de las tallas de captura (Figura 87).

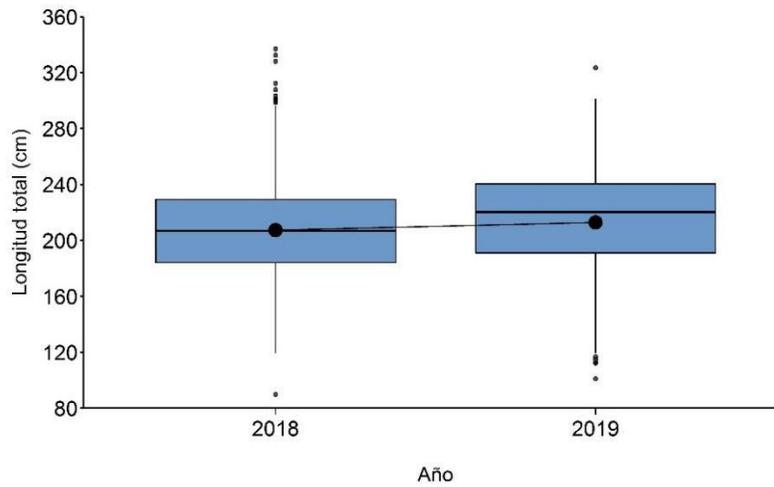


Figura 87. Diagrama de caja y bigotes de la longitud total de captura del pez espada (*X. gladius*) capturadas por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante el 2018-2019. La caja azul muestra el primer y tercer cuartil (25% y 75%). El valor promedio se representa como un punto negro dentro de la caja, y la línea horizontal dentro de la caja representa la mediana. Las líneas verticales inferiores y superiores de las cajas representan el 95% de los datos. Los datos atípicos se representan con puntos negros fuera de las cajas.

A través de los meses, no se registraron diferencias estadísticas entre la talla promedio de captura y los meses ($F=0.924$, $g.l=9$, $p=0.507$). La tendencia del promedio de las tallas no muestra algún cambio importante. De febrero a julio, las tallas y promedio de captura son bastante homogéneas, posterior a agosto, existe una mínima variación (Figura 88).

Hasta el momento, no se cuenta definida ninguna talla legal de primera captura para el pez espada (*X. gladius*). Debido a que solo se cuentan con registros de tallas durante los años 2018 y 2019, no fue posible realizar un índice basado en el promedio de las diferencias entre la talla máxima y el primer cuartil por año.

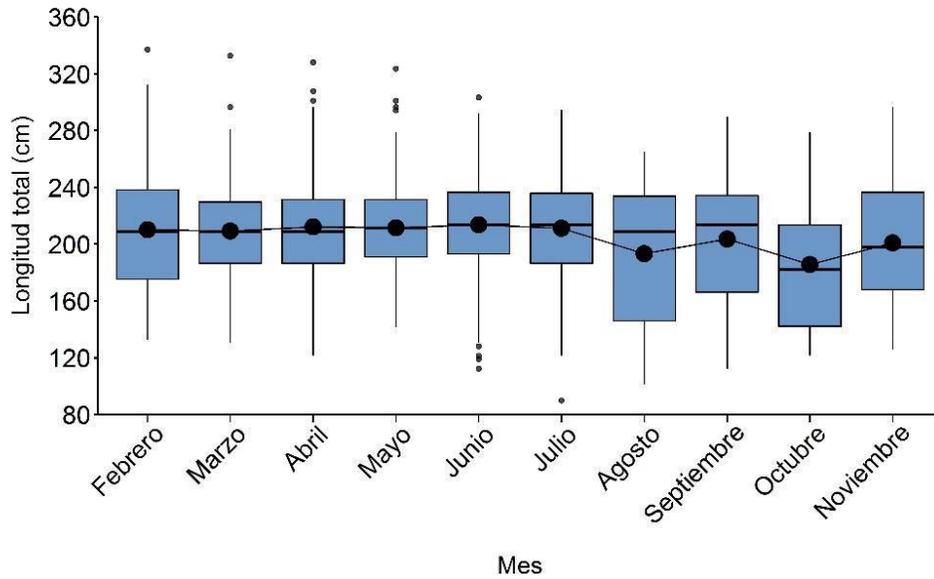


Figura 88. Diagrama de caja y bigotes de la longitud total de captura del pez espada (*X. gladius*) capturados por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica por meses durante el 2018-2019. La caja azul muestra el primer y tercer cuartil (25% y 75%). El valor promedio se representa como un punto negro dentro de la caja, y la línea horizontal dentro de la caja representa la mediana. Las líneas verticales inferiores y superiores de las cajas representan el 95% de los datos. Los datos atípicos se representan con puntos negros fuera de las cajas.

3.3.5.2 Marlín rosado o rayado (*Kajikia audax*)

Debido a que no se contó con registros de sexo para esta especie, el análisis de proporción sexual no fue realizado. La distribución de tallas varió entre 137-270 cm LT. Ya que únicamente hay registros del marlín rosado en los años 2018-2019, se realizó un histograma de frecuencias para todo el periodo combinado. Se observa que las tallas del marlín rosado se concentran entre los intervalos de 200-230 cm LT (Figura 89).

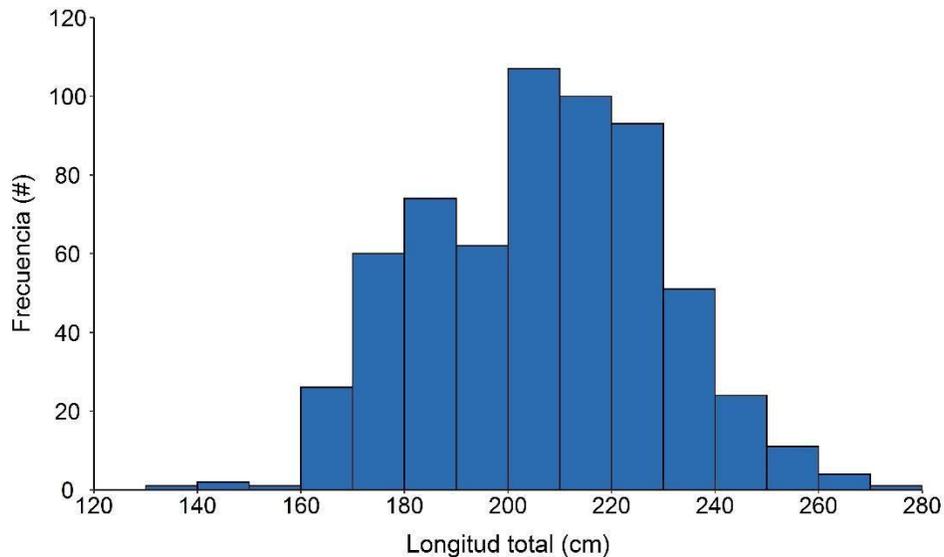


Figura 89. Histograma de frecuencias por sexos combinados de la longitud total de captura del marlín rosado (*K. audax*) capturados por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante el 2018-2019.

A través de los trimestres, las tallas de los organismos fueron bastante heterogéneas. En el primer trimestre se observa una tendencia bimodal. En el segundo trimestre se obtuvieron los mayores registros, con una distribución de las tallas parecida a una distribución normal. El último semestre resultó el menos representativo (Figura 90).

El análisis de varianza indicó que las tallas promedio de captura son estadísticamente diferentes entre los años 2018-2019 ($F=9.68$, $g.l=1$, $p<0.05$). De manera visual no se observa dicha diferencia, en donde el promedio de la talla de captura fue ligeramente mayor en el 2018 (Figura 91).

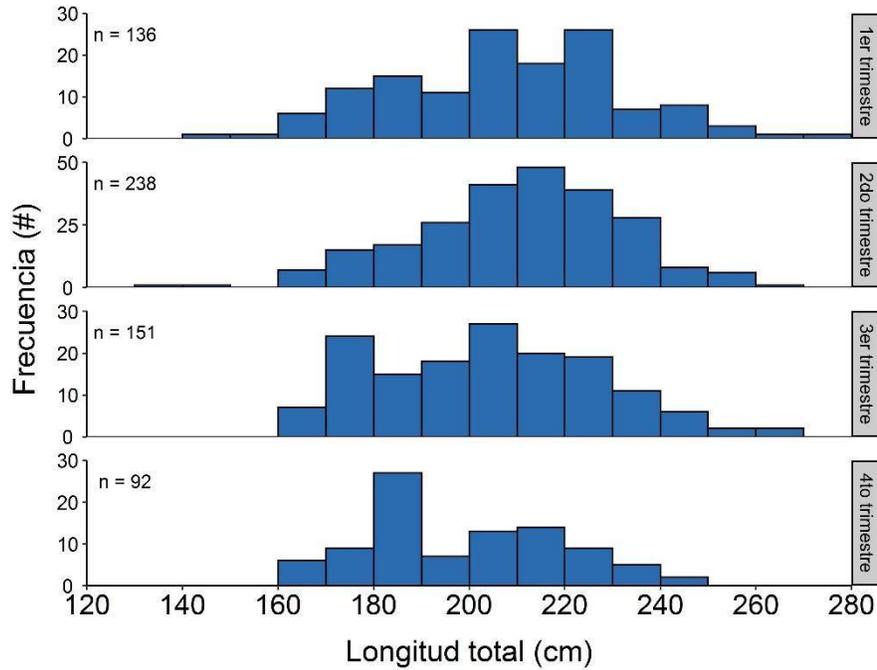


Figura 90. Histograma de frecuencias por sexos combinados de la longitud total de captura del marlín rosado (*K. audax*) capturados por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica a través de trimestres durante el 2018-2019.

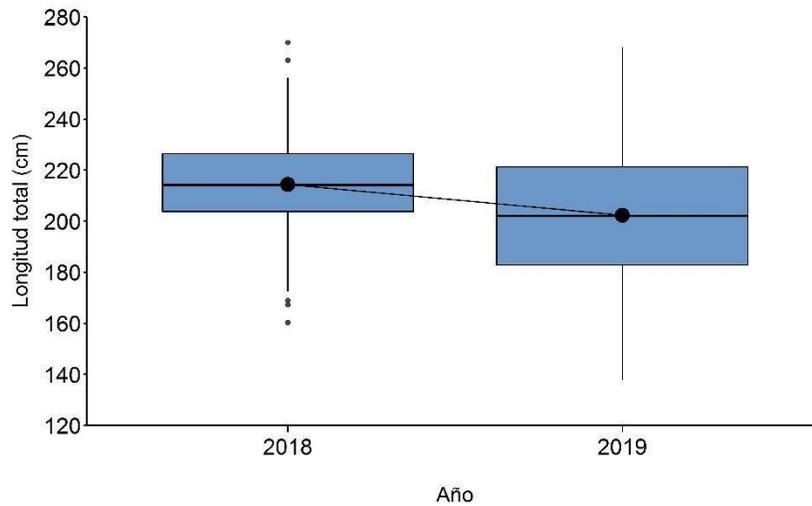


Figura 91. Diagrama de caja y bigotes de la longitud total de captura del marlín rosado (*K. audax*) capturados por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante el 2018-2019. La caja azul muestra el primer y tercer cuartil (25% y 75%). El valor promedio se representa como un punto negro dentro de la caja, y la línea horizontal dentro de la caja representa la mediana. Las líneas verticales inferiores y superiores de las cajas representan el 95% de los datos. Los datos atípicos se representan con puntos negros fuera de las cajas.

El análisis de varianza indicó que no existen diferencias estadísticas entre la talla promedio de captura y los meses ($F=1.71$, g.l.=10, $p=0.08$). La tendencia del promedio no muestra algún cambio importante. De febrero a agosto, las tallas y promedio de captura son bastante homogéneas, posterior a agosto, existe una mínima variación (Figura 92). No existieron registros de tallas en los meses de enero durante el periodo analizado.

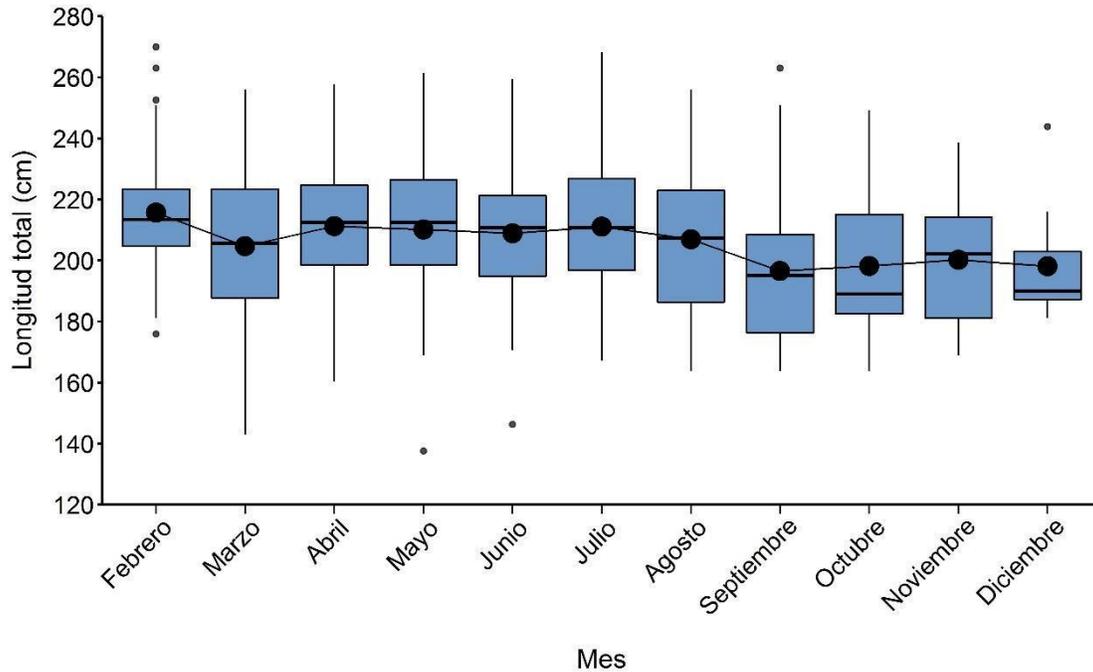


Figura 92. Diagrama de caja y bigotes de la longitud total de captura del marlín rosado (*K. audax*) capturados por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica por meses durante el 2018-2019. La caja azul muestra el primer y tercer cuartil (25% y 75%). El valor promedio se representa como un punto negro dentro de la caja, y la línea horizontal dentro de la caja representa la mediana. Las líneas verticales inferiores y superiores de las cajas representan el 95% de los datos. Los datos atípicos se representan con puntos negros fuera de las cajas.

Hasta el momento, no se cuenta definida ninguna talla legal de primera captura para el marlín rosado. Debido a que solo se cuentan con registros de tallas durante los años 2018 y 2019, no fue posible realizar un índice basado en el promedio de las diferencias entre la talla máxima y el primer cuartil por año.

3.3.5.3 Marlín blanco (*Makaira nigricans*)

Debido a que no se contó con registros de sexo para esta especie, el análisis de proporción sexual no fue realizado. La distribución de tallas varió entre 110-377 cm LT. Ya que únicamente hay registros del marlín blanco en los años 2018-2019, se realizó un histograma de frecuencias para todo el periodo combinado. Se observa que las tallas se

aproximan a una distribución normal, en donde la mayor frecuencia se da en el intervalo de 250-260 cm LT (Figura 93).

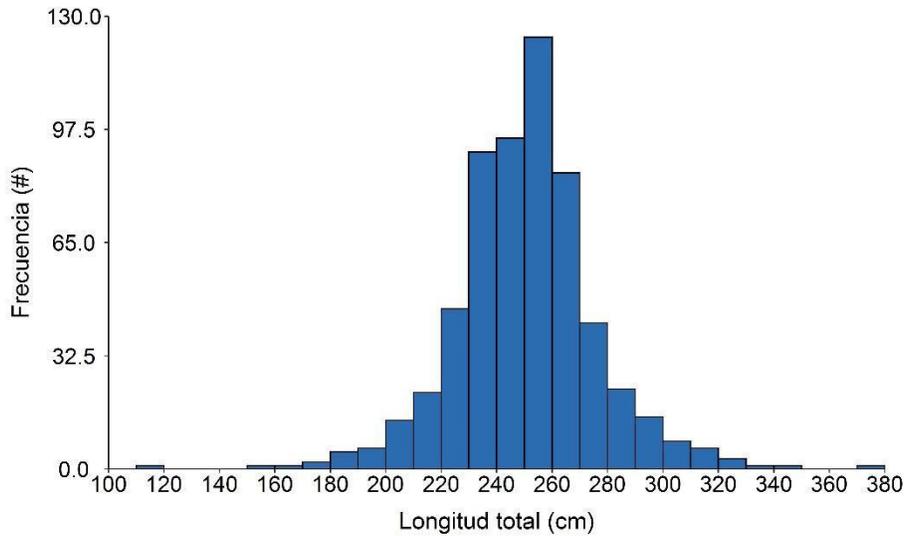


Figura 93. Histograma de frecuencias por sexos combinados de la longitud total de captura del marlín blanco (*M. nigricans*) capturados por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante el 2018-2019.

A través de los trimestres, las tallas de los organismos fueron muy homogéneas con tendencia a la normal. En el primer trimestre se observa un rango de tallas mayor que el resto. En el segundo y tercer trimestre, la mayor frecuencia de organismos ocurre en el intervalo de 250-260 cm LT. El último semestre resultó el menos representativo (Figura 94).

El análisis de varianza indicó que las tallas promedio de captura no son estadísticamente diferentes entre los años 2018-2019 ($F=1.413$, $g.l=1$, $p=0.237$). De manera visual, las tallas entre años son bastante parecidas, con un promedio entre el intervalo de 255-260 cm LT (Figura 95).

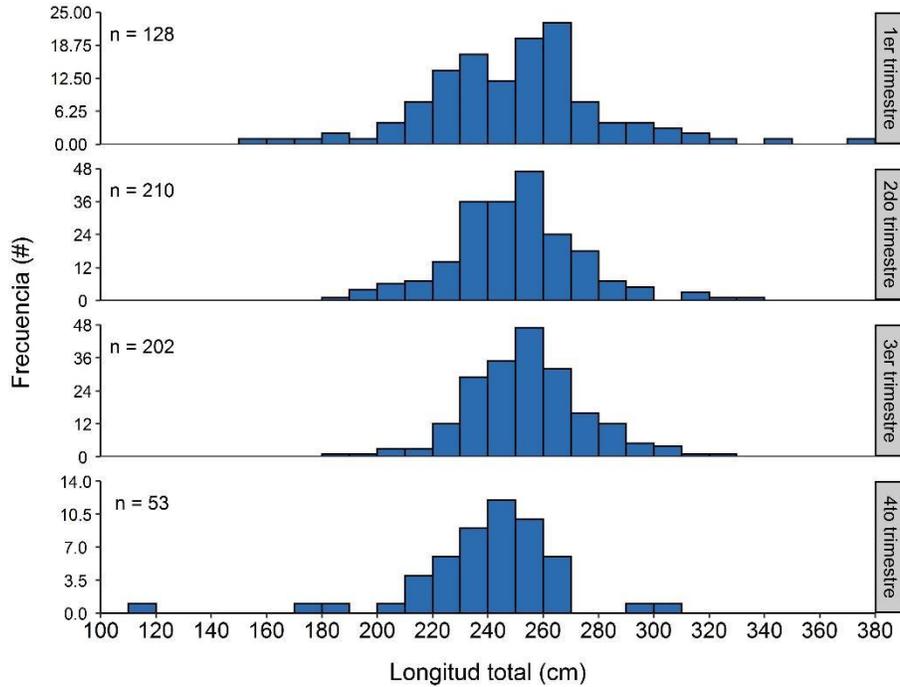


Figura 94. Histograma de frecuencias por sexos combinados de la longitud total de captura del marlín blanco (*M. nigricans*) capturados por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica por trimestres durante el 2018-2019. n= Número de organismos.

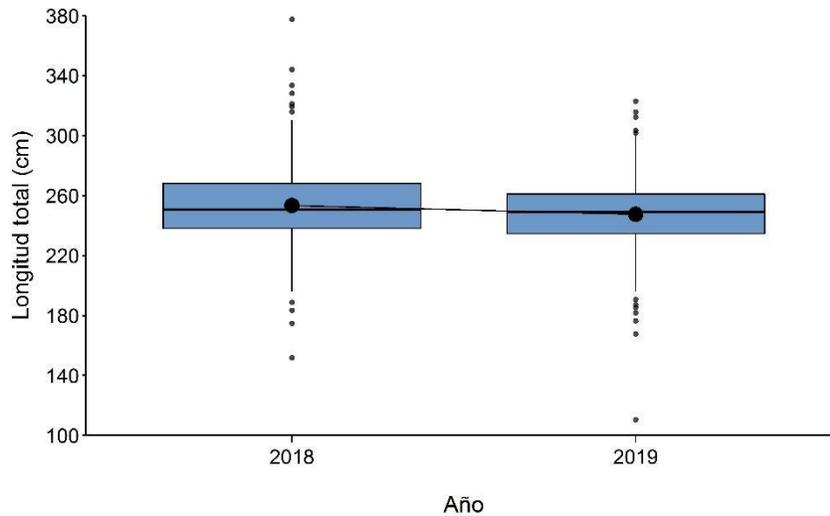


Figura 95. Diagrama de caja y bigotes de la longitud total de captura del marlín blanco (*M. nigricans*) capturados por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante el 2018-2019. La caja azul muestra el primer y tercer cuartil (25% y 75%). El valor promedio se representa como un punto negro dentro de la caja, y la línea horizontal dentro de la caja representa la mediana. Las líneas verticales inferiores y superiores de las cajas representan el 95% de los datos. Los datos atípicos se representan con puntos negros fuera de las cajas

El análisis de varianza indicó que no existen diferencias estadísticas entre la talla promedio de captura y los meses ($F=1.851$, g.l.=10, $p=0.058$). La tendencia de las tallas de captura a través de los meses es bastante estable, al llegar los meses de octubre-noviembre existe una ligera disminución en el promedio (Figura 96). No existieron registros en los meses de enero durante el periodo analizado.

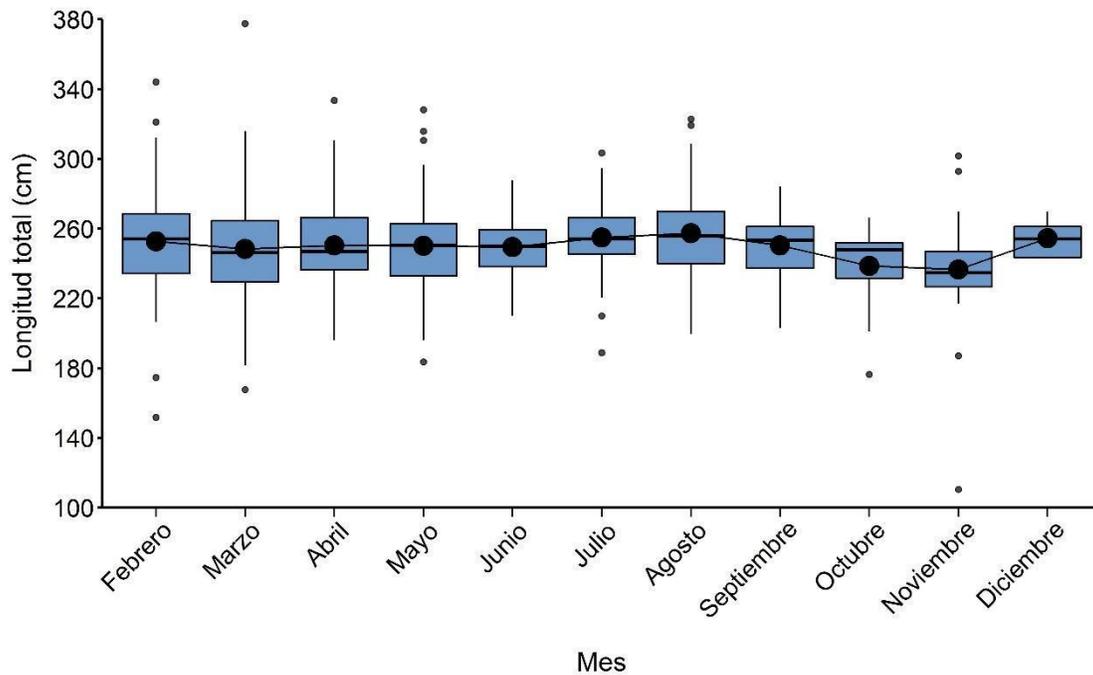


Figura 96. Diagrama de caja y bigotes de la longitud total de captura del marlín blanco (*M. nigricans*) capturados por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica por meses durante el 2018-2019. La caja azul muestra el primer y tercer cuartil (25% y 75%). El valor promedio se representa como un punto negro dentro de la caja, y la línea horizontal dentro de la caja representa la mediana. Las líneas verticales inferiores y superiores de las cajas representan el 95% de los datos. Los datos atípicos se representan con puntos negros fuera de las cajas.

El marlín blanco está representado por un solo stock en todo el Pacífico. Alrededor del mundo se captura por embarcaciones palangreras y en menor medida por pesquerías recreativas y embarcaciones cerqueras. De acuerdo con la última evaluación de stock completa, la biomasa del marlín blanco se encuentra 17% por encima de la biomasa que produce el máximo rendimiento sostenible (B_{MRS}). Además, la mortalidad por pesca se encuentra al 50% del nivel que produce el máximo rendimiento sostenible (F_{MRS}). Por lo tanto, la población del marlín blanco no se encuentra sobre explotada ni está sufriendo sobreexplotación (IATCC, 2021).

3.3.5.4 Pez Vela (*Istiophorus platypterus*)

Debido a que no se contó con registros de sexo para esta especie, el análisis de proporción sexual no fue realizado. La distribución de tallas varió entre 151-300 cm LT. Ya que únicamente existen registros del pez vela en los años 2018-2019, se realizó un histograma de frecuencias para todo el periodo combinado. Se observa una frecuencia con tendencia a una distribución normal, con la mayor frecuencia en el intervalo de 210-220 cm LT. Organismos <190 cm LT y >270 cm LT son muy poco probables (Figura 97).

A través de los trimestres, las tallas de los organismos capturados mostraron un patrón similar en los dos primeros trimestres. En el primer trimestre se capturó el organismo más grande (>290 cm LT). El último semestre fue el menos representativo (Figura 98).

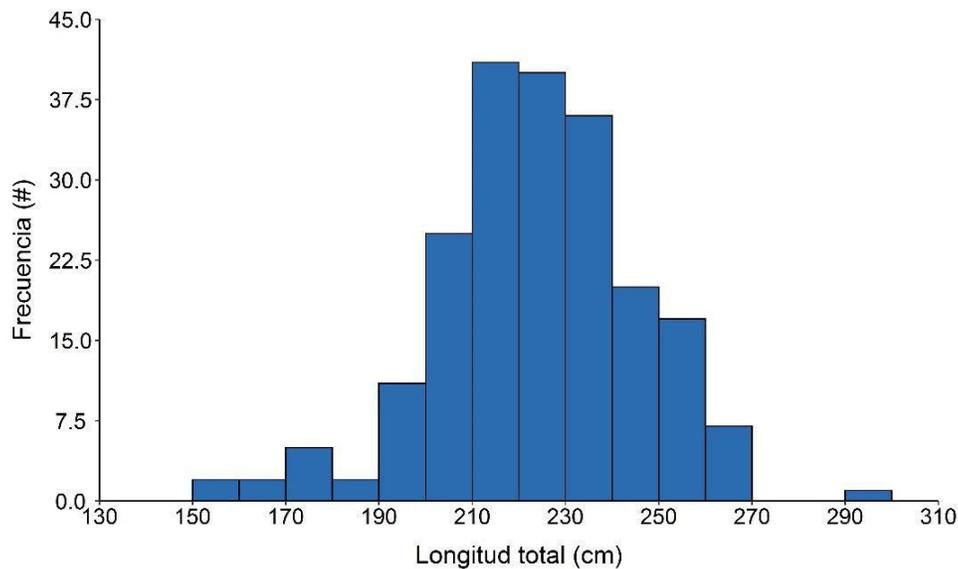


Figura 97. Histograma de frecuencias por sexos combinados de la longitud total de captura del pez vela (*I. platypterus*) capturados por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante el 2018-2019.

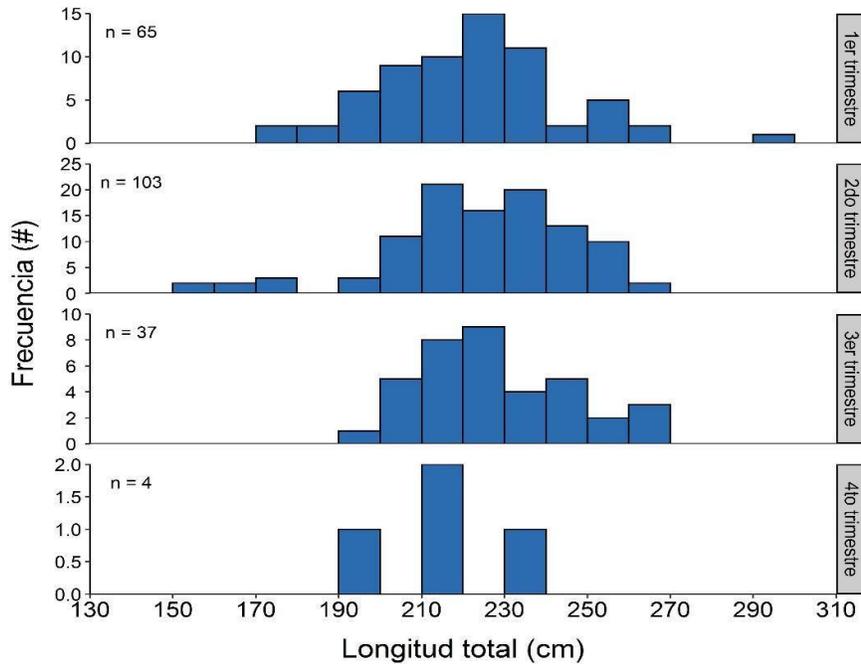


Figura 98. Histograma de frecuencias por sexos combinados de la longitud total de captura del pez vela (*I. platypterus*) capturadas por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica por trimestres durante el 2018-2019. n= número de organismos.

El análisis de varianza indicó que las tallas promedio de captura no fueron estadísticamente diferentes a través de los años 2018-2019 ($F=2.201$, $g.l=1$, $p=0.145$). No es posible establecer un patrón debido a la poca representatividad a través de los años (Figura 99).

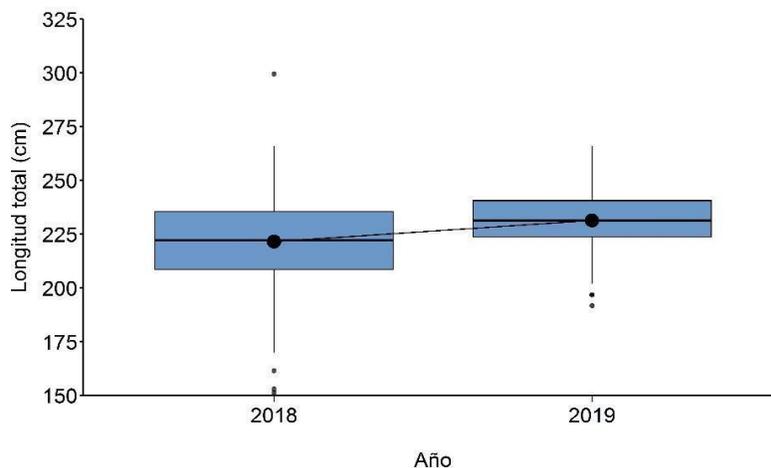


Figura 99. Diagrama de caja y bigotes de la longitud total de captura del pez vela (*I. platypterus*) capturadas por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica durante el 2018-2019. La caja azul muestra el primer y tercer cuartil (25% y 75%). El valor promedio se representa como un punto negro dentro de la caja, y la línea horizontal dentro de la caja representa la mediana. Las líneas verticales inferiores y superiores de las cajas representan el 95% de los datos. Los datos atípicos se representan con puntos negros fuera de las cajas.

Tampoco existen diferencias estadísticas entre la talla promedio de captura a través de los meses ($F=0.614$, g.l.=17, $p=0.741$). La tendencia del promedio de captura no muestra algún cambio importante en la tendencia, a pesar de que existen meses en los que no se contó con ningún registro (Figura 100).

Hasta el momento, no se cuenta definida ninguna Talla Legal de Primera Captura para el pez vela (*Istiophorus platypterus*). Debido a que solo se cuentan con registros de tallas durante los años 2018 y 2019, no fue posible realizar un índice basado en el promedio de las diferencias (Δ) entre la talla máxima y la talla al primer cuartil por año.

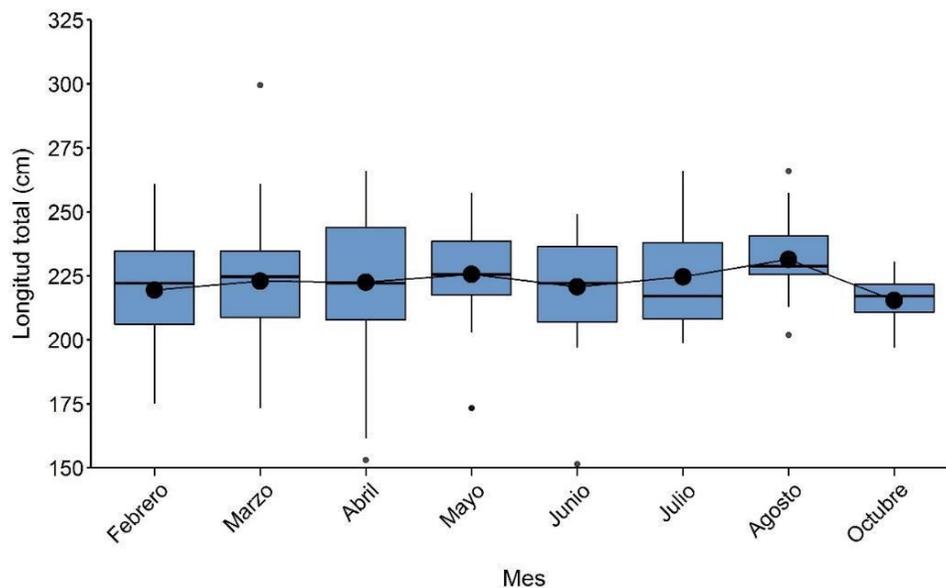


Figura 100. Diagrama de caja y bigotes de la longitud total de captura del pez vela (*I. platypterus*) capturadas por la flota palangrera en el Pacífico de Costa Rica por meses durante el 2018-2019. La caja azul muestra el primer y tercer cuartil (25% y 75%). El valor promedio se representa como un punto negro dentro de la caja, y la línea horizontal dentro de la caja representa la mediana. Las líneas verticales inferiores y superiores de las cajas representan el 95% de los datos. Los datos atípicos se representan con puntos negros fuera de las cajas.

3.4 Distribución espaciotemporal de la captura y CPUE

3.4.1 *Captura general y operación de la flota cerquera en el Pacífico de Costa Rica de 2010–2019.*

De acuerdo con los datos de los observadores a bordo de la CIAT (2010–2019) correspondientes a la ZEE de Costa Rica y aguas internacionales, la flota cerquera capturó un promedio anual de 71,653 t (DE=19,888 t) en un rango de 46,732–117,088 t en el Pacífico de Costa Rica, incluyendo la ZEE y zonas aledañas. De forma general, se observa que, en 2010, se obtuvieron capturas casi en la totalidad de la ZEE de Costa Rica, seguido de un periodo de 2011–2014 en el que no se registraron capturas en el extremo noroeste (9.5–10.5° de latitud y 86.5–89.5° de longitud oeste) de la ZEE. En el año 2015 (año de entrada en vigor del decreto 38681-MAG-MINAE), la flota cerquera prácticamente no operó en los polígonos A y C, con registros esporádicos en esos polígonos. Sin embargo, en el periodo de 2016–2017 se reanudan los registros en el polígono C, no así en el polígono A. La cantidad de registros disminuye gradualmente de 2016–2019 en todos y dentro la ZEE para 2019. Cabe resaltar que en todos los años se observaron registros en el polígono D aunque disminuyeron de forma importante (Figura 101).

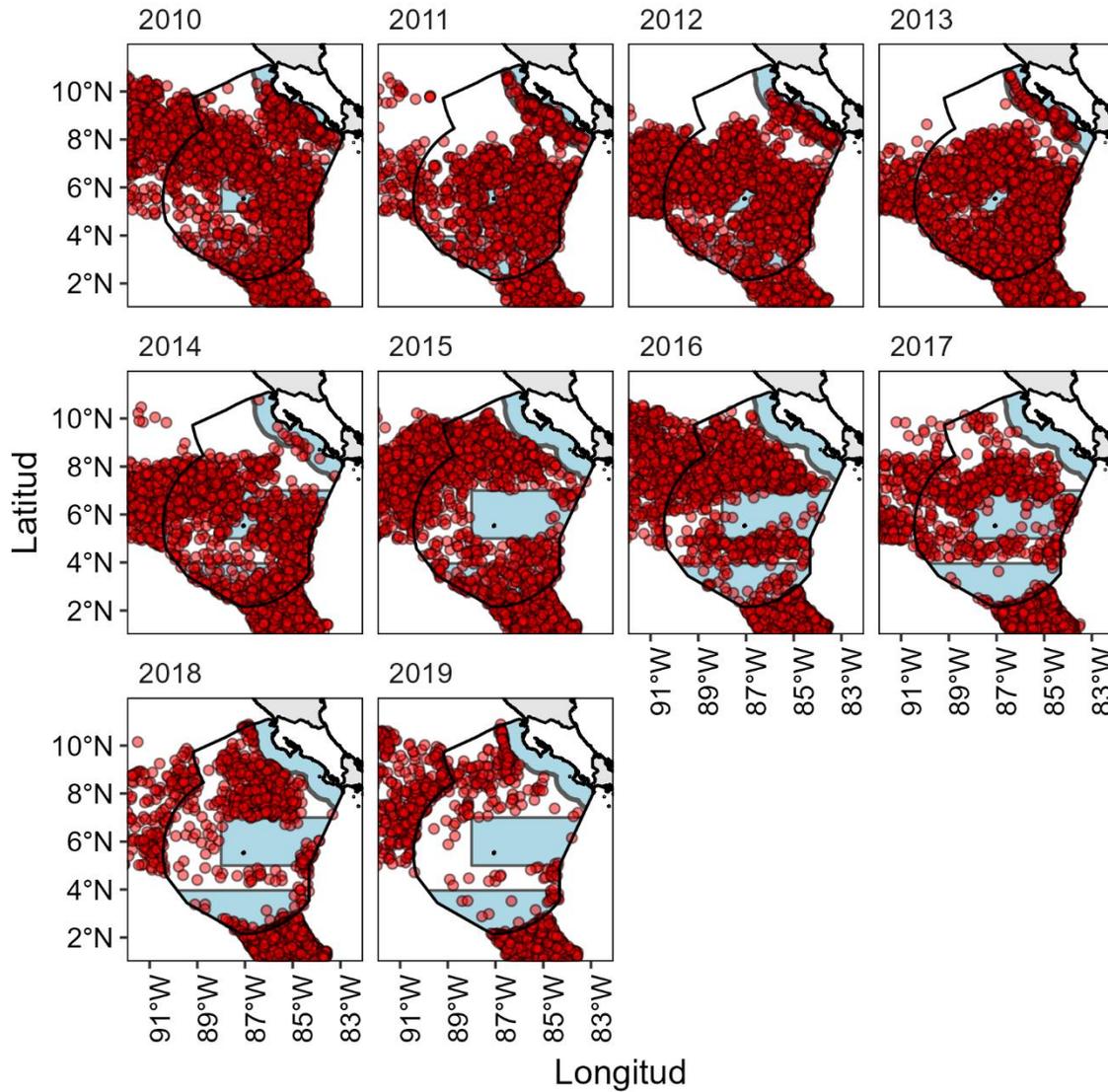


Figura 101. Distribución espacial de los lances por año registrados por observadores o registrado en bitácoras por parte de la flota cerquera que operó en el Pacífico de Costa Rica durante el periodo de 2010–2019. Se muestran únicamente los lances registrados en la ZEE de Costa Rica y aguas internacionales.

3.4.2 Operación de la flota cerquera en los polígonos del decreto del atún

Los datos de los observadores a bordo de la CIAT muestran una variación anual en la distribución espaciotemporal de los registros en el Pacífico Costarricense. En promedio, el 75% de los registros disponibles estuvieron fuera de la ZEE y 24% dentro la ZEE de los cuales 1.5% estuvo en el polígono A, 0.15% en el polígono B, 5.8% en el polígono C, 2.8% en el polígono D y 13.8 % dentro de la ZEE, pero fuera de cualquier polígono (Tabla 21).

Tabla 21. Distribución porcentual de los registros anuales obtenidos por parte del programa de observadores de la flota cerquera de la CIAT dentro de los polígonos (A, B, C, D). Se muestra el % total dentro de la zona económica exclusiva (ZEE) y fuera de los polígonos, así como el % total dentro de la ZEE y fuera de la ZEE. La última fila resume el promedio anual.

Año	Polígono				% total dentro ZEE y fuera de los polígonos	% total dentro de la ZEE	% Fuera de la ZEE
	A	B	C	D			
2010	4.5	0.5	7.9	3.5	15.8	32.2	67.8
2011	5.1	0.6	14.6	3.5	10.2	34	66
2012	4	0.2	13.3	3.2	16.3	37	63
2013	1.8	0.1	12.1	5.9	13.1	33	67
2014	0.2	0	6.1	4.2	11.1	21.6	78.4
2015	0	0	0.5	4.2	14.9	19.6	80.4
2016	0	0	0.8	1	26.2	28	72
2017	0	0	2.2	0.6	12.3	15.1	84.9
2018	0	0.1	0.8	1.1	11.9	13.9	86.1
2019	0	0	0.1	0.8	6.8	7.7	92.3
Promedio	1.56	0.15	5.84	2.8	24.21	13.86	75.79

Al analizar con más detalle el porcentaje de registros de la flota cerquera, se observó que, a partir de 2015, no hubo registros en el polígono A. Lo mismo ocurre en el polígono B, donde desde 2014 no se registró ningún lance, considerando que en 2018 se registraron 4 lances (0.1%). En el polígono C, hubo una reducción notable del porcentaje de registros de la flota cerquera en 2015, pasando de 10.8% de lances durante el periodo 2010–2014 a 0.88% de 2015–2019. En el caso del polígono D, el porcentaje de registros se redujo casi al 50%, pasando de 4% de 2010–2014 a 1.54% de 2015–2019. Por último, el porcentaje de registros dentro de la ZEE y fuera de cualquier polígono incrementó considerablemente en 2016 para después mantenerse en el promedio de 10%, similar al periodo previo al decreto (Figura 102).

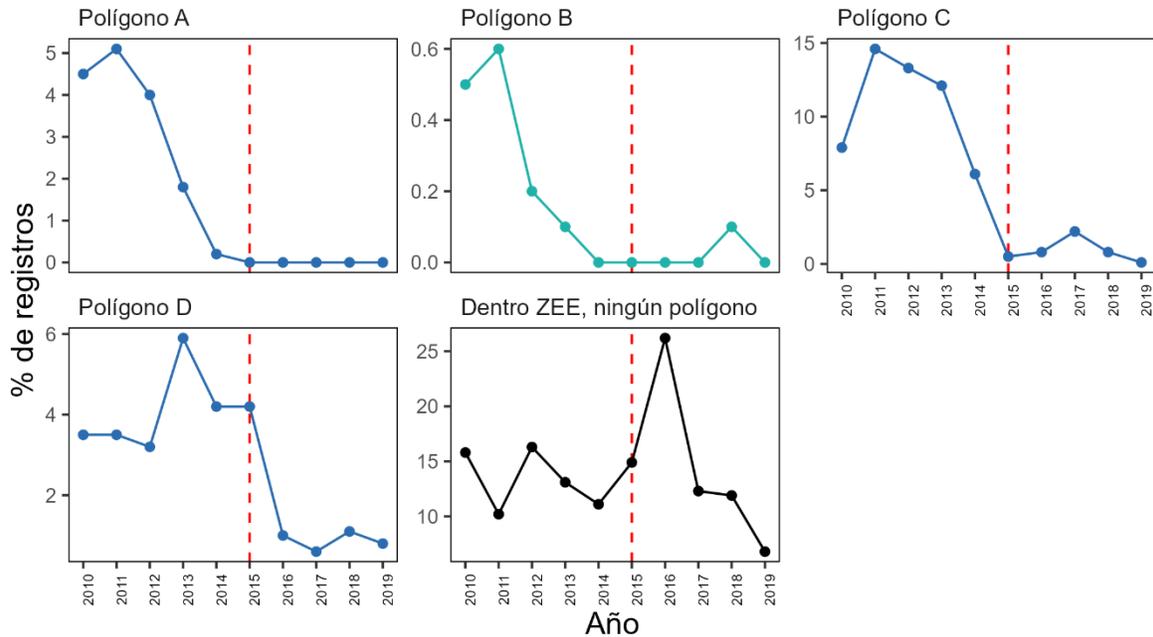


Figura 102. Variación interanual del porcentaje de registros de la flota cerquera en los polígonos del decreto del atún, dentro de la ZEE del Pacífico de Costa Rica en el periodo de 2010–2020. La línea roja punteada indica el año 2015, año en el que entró en vigor el decreto del atún.

Se realizó un análisis de varianza de dos vías para evaluar la hipótesis de reducción del porcentaje de registros en los polígonos antes (2010–2014) y después del decreto (2015–2019). En términos generales, se encontró una reducción estadísticamente diferente en la operación de la flota cerquera dentro de los polígonos del decreto del atún ($F=2517.2$; $p<0.05$). Sin embargo, dichos cambios variaron en función de la zona (interacción) ($F=723.41$; $p<0.05$). En todos los polígonos se encontraron reducciones estadísticamente diferentes del número de registros observados.

Considerando que la variable respuesta es el número de lances registrados en cada polígono (frecuencia), se realizó una prueba de chi-cuadrada para cada polígono. En todos los polígonos la reducción fue estadísticamente relevante (Tabla 22).

En el polígono A, solamente se registró un único lance después de la emisión del decreto (2017). En el polígono B se registraron 2 lances (2018). En el polígono C se registraron en promedio 38 (DE=29.7) lances cada año con un rango de 3–84 lances/año. En el caso del polígono D, se registraron en promedio 70 (DE=81.2) lances/año con un rango de 23–214 lances año.

Tabla 22. Número de lances registrados por la flota cerquera en los polígonos del decreto del atún antes y después del decreto. χ^2 es el valor observado de la prueba chi cuadrada y p sugiere la probabilidad de que no existan diferencias entre ambos periodos de estudio. Los valores de p se muestran resumidos pues representan valores infinitesimales.

Polígono	Antes decreto (2010–2014)	Después decreto (2015–2019)	χ^2	p
A	758	1	755.00	<0.001
B	70	2	64.22	<0.001
C	2,718	180	2,223.72	<0.001
D	1,086	350	377.25	<0.001

En los polígonos A y B, se cumplió cabalmente con la restricción de los barcos cerqueros a pescar en ellos, salvo en contadas ocasiones que representaron <1% (polígono A) y 2.8% (polígono B). Sin embargo, en el caso de los polígonos C y D, si bien la reducción es estadísticamente relevante, en el polígono C se registró una reducción del 94% y en el polígono D de 68%, lo que indica que alrededor del 6% y 32% de los lances registrados antes del decreto se siguen registrando en los polígonos C y D, respectivamente (Figura 103).

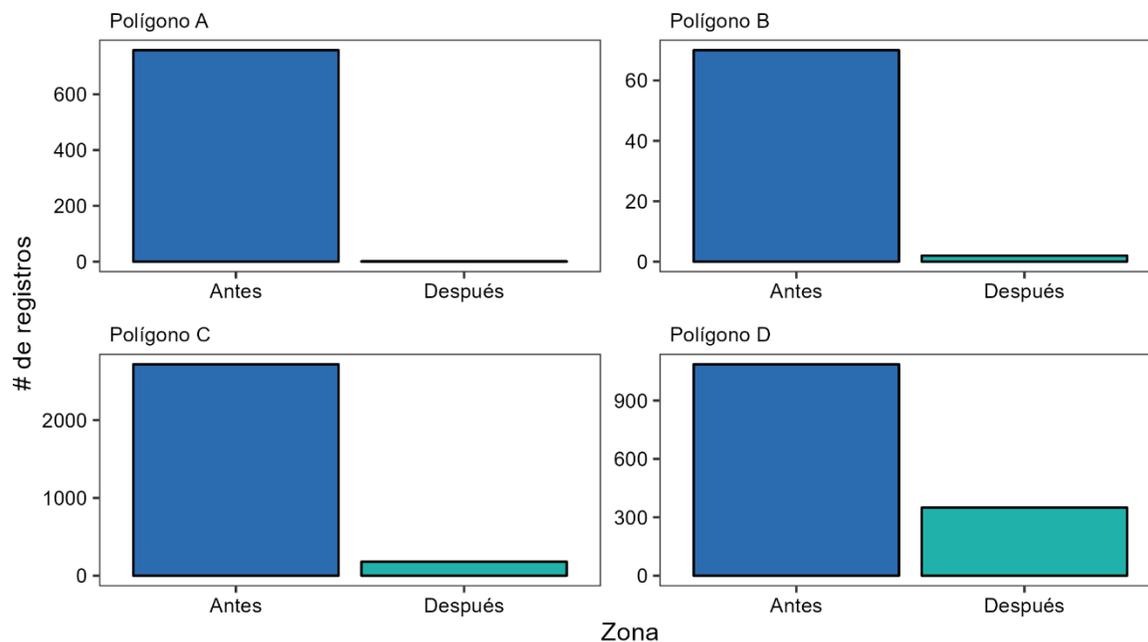


Figura 103. Comparación del número de lances de la flota cerquera que operó dentro y dentro de cada polígono del decreto del atún antes (2010–2014) y después (2015–2019) de la oficialización del decreto. Fuente: Datos de los observadores a bordo de la CIAT.

3.5 Síntesis del conocimiento sobre las pesquerías y especies de atún y afines

Las fichas infográficas se elaboraron para las especies más representativas dentro de los grupos funcionales (Tiburones, Picudos, Atunes y Dorados) desembarcadas por las flotas de Mediana escala y Avanzada que operan en el Océano Pacífico de Costa Rica. Se seleccionaron las especies de las cuales se tenía toda la información para completar una ficha y evitar que algunos rubros permanecieran vacíos o poco representados. Como ya se mencionó en la metodología, cada ficha técnica contiene los siguientes rubros que consideramos relevantes: 1) la imagen de la especie, 2) distribución espacial de las capturas por flota, 3) contribución de la especie dentro de su grupo funcional, 4) serie histórica de desembarques por flota, 5) patrón estacional de los desembarques por flota, 6) estructura de longitudes de las capturas, 7) síntesis de indicadores de la pesquería.

4. Conclusiones

- Se requiere mejorar en la generación de datos biológicos necesarios para generar pautas de manejo pesquero, diagnosticar y evaluar el estado de las poblaciones.
- La flota palangrera opera principalmente dentro de la ZEE, fuera de los polígonos del decreto del atún (49%), en el polígono A (18%) y en el polígono C (15%).
- La flota palangrera muestra una tendencia de concentrar sus operaciones en la ZEE con el paso de los años.
- Los desembarques de cornudas, tiburones azules, mako, perro, punta negra, tigre y fucsia se redujeron a partir de 2015.
- La talla promedio de las especies capturadas por la flota palangrera se mantuvo estable durante el periodo de estudio. Sin embargo, el periodo de estudio es aún corto.
- Las tallas legales de primera captura (TLPC) han sido respetadas cabalmente para tiburón sedoso, dorado y atún aleta amarilla.
- La distribución de frecuencia de tallas de la captura incidental de la cornuda rosada y el tiburón azul está por debajo de la TLPC.
- A partir de la entrada en vigor del decreto 38681-MAG-MINAE los barcos cerqueros dejaron de incursionar en los polígonos A y B. Sin embargo, en los polígonos C y D disminuyó su incursión, pero se siguieron registrando lances de forma esporádica.

5. Recomendaciones

- Incrementar el esfuerzo de muestreo biológico pesquero para la flota palangrera.
- Durante los muestreos, registrar el volumen de desembarque de cada especie.
- Establecer un programa permanente y sistemático de muestreo biológico pesquero de las descargas, que permita generar los datos necesarios para diagnosticar y evaluar apropiadamente las poblaciones de las especies capturadas.
- Fomentar la colaboración intersectorial e interinstitucional para financiar programas de monitoreo biológico pesquero.
- Incorporar los datos del sistema de monitoreo satelital (VMS, por siglas en inglés) para esclarecer los sitios de operación reales de la flota palangrera. Los datos de VMS en conjunto datos de captura por lance son indispensables para evaluar el estado de las poblaciones.
- Realizar un estudio exhaustivo para obtener los factores de conversión (relaciones biométricas) entre las distintas medidas de talla y peso de todas las especies de grandes pelágicos.

- Incrementar el monitoreo biológico de especies sujetas a una protección especial para mejorar la estimación del porcentaje por encima y por debajo de la TLPC.
- Desincentivar el desembarque de individuos por debajo de la TLPC para todas las especies en las que exista dicha regulación. Sería conveniente establecer un porcentaje de tolerancia para los descartes de algunas especies de tiburón.
- Mejorar los mecanismos de monitoreo, inspección y vigilancia de la flota cerquera.
- Identificar sitios de agregación de las especies sujetas a alguna regulación pesquera, ambiental o comercial.
- Identificar sitios de reproducción y nacimiento de las especies sujetas a explotación.
- Explorar el efecto de la variabilidad ambiental en la abundancia relativa de los recursos que componen la pesquería de grandes pelágicos del Pacífico de Costa Rica.
- Analizar las posibles causas (oceanográficas, tecnológicas o logísticas) de la ausencia de registros de lances de la flota cerquera al noroeste de la ZEE de Costa Rica.
- Continuar recolectando información para alinearse con los objetivos de evaluaciones de stock de la CIAT.
- Evaluar la pertinencia de las tallas legales de primera captura (TLPC) y de la captura total permitida (CTP) y proponer estrategias para su mejora.
- Realizar un estudio sobre el efecto de las regulaciones pesqueras, ambientales y comerciales en la variación temporal de los desembarques en los puertos del Pacífico de Costa Rica.
- Reforzar las estrategias de inspección y vigilancia en los polígonos más lejanos (C y D) para evitar las incursiones ilegales de la flota cerquera.
- Implementar el Plan de Acción Nacional para la conservación y ordenación de los tiburones en Costa Rica (PANT-CR 2020). Específicamente para desarrollar:
 - Subprograma de investigación biológico-pesquera;
 - Subprograma de observadores a bordo y
 - Subprograma de monitoreo de capturas y esfuerzo.
- Evaluar el uso histórico del polígono costero ampliado a 80 mn, el polígono del bicentenario y el área del Parque Nacional Isla del Coco y compararlo a la luz de las nuevas regulaciones vigentes.
- Promover buenas prácticas de manipulación y liberación de algunas especies de tiburones y picudos que requiere un manejo especial.
- Promover que los capitanes de las embarcaciones brinden información veraz sobre la captura y aspectos tecnológicos como la autoridad pesquera recomienda.

6. Agradecimientos

Se extiende un agradecimiento a las instituciones que apoyaron y permitieron la realización de este proyecto. A la industria Palangrera, a los comercializadores y exportadores de productos pesqueros de Costa Rica, al departamento de fiscalización de INCOPECA, al departamento de información pesquera y acuícola de INCOPECA, y al departamento de Investigación de INCOPECA por la generación de datos, retroalimentación y seguimiento de este proyecto.

7. Literatura citada

- Alfaro Rodríguez, J., Pacheco Chaves, B., Marín Alpízar, B. y Carvajal Rodríguez, J. M. (2020). Guía para la identificación de los grandes pelágicos desembarcados por la flota comercial de mediana escala y avanzada en el Pacífico de Costa Rica. Documento Técnico N° 29 del Departamento de Investigación, INCOPECA. Puntarenas, Costa Rica. 25 pp.
- CIAT. (2010). “Acta de la 81ª Reunión de la Comisión Interamericana del Atún Tropical”. Antigua-Guatemala (27 de septiembre-1 de octubre de 2010). https://www.iattc.org/Meetings/Meetings2010/IATTC-81/Docs/_Spanish/IATTC-81-MINS_81a%20Reunion%20de%20la%20CIAT.pdf
- Clarke, S.C., Langley, A., Lennert-Cody, C.E., Aires-da-Silva, A., y Maunder, M. (2018). Pacific-wide silky shark (*Carcharhinus falciformis*) stock status assessment. WCPFC-SC14-2018/SA-WP-08. Western and Central Pacific Fisheries Commission Scientific Committee Fourteenth Regular Session, Busan, Korea, 8-16 August 2018 <https://meetings.wcpfc.int/meetings/sc14>
- Compagno, L. J. V. (1984). FAO species catalogue. Vol. 4. Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. Part 2. Carcharhiniformes. FAO Fish. Synop. (125) Vol.4. 2:251-655 p.
- Cruz, A., Soriano, S. R., Santana, H., Ramírez, C. E., y Valdez, J. J. (2011). La pesquería de tiburones oceánicos-costeros en los litorales de Colima, Jalisco y Michoacán. *Revista de Biología Tropical*, 59 (2), 655–667.
- 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, and olive ridley turtles (*Lepidochelys olivacea*). *Journal of experimental marine biology and ecology*, 448, 228-239.
- FAO. (2022). *Coryphaena hippurus* Linnaeus, 1758. Fisheries and Aquaculture Division [online]. Rome. <https://www.fao.org/fishery/en/aqspecies/3130>

- Ferry, L. A. y Cailliet, G. M. (1996). Sample size and data analysis: are we characterizing and comparing diet properly? *En: MacKinlay, D. y Shearer, K (eds.) Feeding Ecology and Nutrition in Fish: Proceedings of the Symposium on the Feeding Ecology and Nutrition in Fish, International Congress on the Biology of Fishes, San Francisco, Calif., 14-18 July 1996. American Fisheries Society, San Francisco, CA. pp. 71-80.*
- ATCC. (2021). *Informe sobre la pesquería atunera, las poblaciones, y el ecosistema en el Océano Pacífico Oriental en 2021.* https://www.iattc.org/GetAttachment/e9e250f2-3450-4ab0-ba0b-e29cf10a9955/No-20-2022_Pesquer%C3%ADa-atunera,-las-poblaciones,-y-el-ecosistema-en-el-Oc%C3%A9ano-Pac%C3%ADfico-oriental-en-2021.pdf
- INCOPESCA. (2018). Reforma Acuerdo AJDIP/026-2018 "Establece tallas legales de primera captura (TLPC) respondiendo a las tallas de primera madurez sexual". https://enbcr.go.cr/sites/default/files/8_ajdip-26-2018.pdf.
- Mug-Villanueva. (2013). Propuesta de Zonificación para la Pesca de Atún en la Zona Económica Exclusiva (ZEE) del Pacífico de Costa Rica, con sustento en información científica de las capturas cerqueras y palangreras y el comportamiento de movimientos y utilización del hábitat de los atunes aleta amarilla (*Thunnus albacares*). Borrador de Informe de Misión para Licda. Xinia Chávez, viceministra de Agricultura y Ganadería Gobierno de Costa Rica. 45p.
- Nakamura, I. (1985). FAO species catalogue: Vol 5. Billfishes of the world. FAO Fish. Synop., 125, 65.
- Neumann, R.M. y Allen, M.S. (2007). Size structure, p.375–421. *En: Guy, C.S. y Brown, M.L. (eds.), Analysis and Interpretation of Freshwater Fisheries Data. American Fisheries Society.* 961 p.
- Pacheco-Chaves, B., Alfaro Rodríguez, J., Carvajal Rodríguez, J.M., Marín Alpízar, B. y M, González Rojas. (2020). *Caracterización de la pesquería de palangre realizada por la flota costarricense comercial de mediana escala y avanzada dirigida a la captura de especies pelágicas en el Océano Pacífico de Costa Rica.* Documento Técnico N° 28, Departamento de Investigación, INCOPESCA, Puntarenas Costa Rica. 70 pp.
- Peralta-Bravo, M. R. (2006). *Análisis comparativo de los parámetros de crecimiento del dorado (Coryphaena hippurus) en dos áreas del Pacífico Central Oriental.* [Tesis de

Licenciatura. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, B.C.S, México].

SINAC (Sistema Nacional de Áreas de Conservación). (2018). Importancia de los ecosistemas y las poblaciones del sitio de interés: Parque Nacional Isla del Coco (PNIC), Área Marina de Manejo Montes Submarinos (AMM MS) y aguas adyacentes. Área de Conservación Marina Cocos. San José, Costa Rica. 68 p.

Smallwood, C.B., Tate, A. y Ryan, K.L. (2017). *Weight-length summaries for Western Australian fish species derived from surveys of recreational fishers at boat ramps*. Fisheries Research Report No. 278, Department of Primary Industries and Regional Development, Western Australia. 151pp.

Valle-Esquivel, Mónica, Adlerstein-González, S. y García-Saez, C. (2018). Preevaluación de la Pesquería Multiespecífica de Palangre en Costa Rica, con Atún Aleta Amarilla, Pez Espada y Dorado como Especies Objetivo. MRAG-Américas, 136 pp.

Vicentini, R.N. y Araujo, F.G. (2003). Sex ratio and size structure of *Micropogonias furnieri* (Desmarest, 1823) (Perciformes, Sciaenidae) in Sepetiba Bay, Rio de Janeiro, Brazil. *Braz. J. Biol*, vol. 63,559-566.

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

Yates, F. (1934). Contingency tables. *Journal of the Royal Statistical Society*, 1, 217-235.

Zar, J. H. (2010). *Biostatistical Analysis*. Prentice Hall. 944 p.