

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES OCEANOLÓGICAS
POSGRADO EN OCEANOGRAFÍA COSTERA

Características poblacionales y uso de hábitat del tiburón blanco (*Carcharodon carcharias*)
en el Área Natural Protegida Archipiélago Islas Coronado y Zona Económica Exclusiva
circundante de 2003 a 2023



PROYECTO DE TESIS

PARTE DE LOS REQUISITOS PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS EN OCEANOGRAFÍA COSTERA

Presenta

MONICA PERALTA CABALLERO

Aprobada por:

Dr. Rodrigo Beas Luna
Director de tesis

Omar Santana M.

Dr. Omar Santana Morales
Co-Director de tesis

Hoyos Padilla Mauricio

Dr. Mauricio Hoyos Padilla
Sinodal

Rebeca

M. en C. Rebeca Zertuche Chanes
Sinodal

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES OCEANOLÓGICAS
POSGRADO EN OCEANOGRAFIA COSTERA

CARACTERÍSTICAS POBLACIONALES Y USO DE HÁBITAT DEL
TIBURÓN BLANCO (*Carcharodon carcharias*) EN EL ÁREA
NATURAL PROTEGIDA ARCHIPIÉLAGO ISLAS CORONADO Y
ZONA ECONÓMICA EXCLUSIVA CIRCUNDANTE DE 2003 A 2023

T E S I S

QUE PARA CUBRIR PARCIALMENTE LOS REQUISITOS NECESARIOS PARA
OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS EN OCEANOGRAFÍA COSTERA

PRESENTA

Mónica Peralta Caballero

Y APROBADA POR EL SIGUIENTE COMITÉ


Dr. Rodrigo Beas Luna
Director de tesis


Dr. Omar Santana Morales
Co-Director de tesis


Dr. Edgar Mauricio Hoyos Padilla
Sinodal


M. en C. Rebeca Zertuche Chanes
Sinodal

1. RESUMEN

Los Tiburones Blancos tienen una relevancia ecológica en la corriente de California, pero poco se conoce en el Archipiélago de las Islas Coronados (AIC). Este estudio explora diversos aspectos relacionados con sus características poblacionales, variabilidad temporal y patrones de uso de hábitat con el fin de responder a las siguientes preguntas: 1) ¿Existen registros de tiburones blancos en el AIC?, 2) ¿Cuáles son sus características poblacionales (p.ej. sexo, talla, edad) ?, 3) ¿Cuál es su variabilidad temporal (p. ej. anual, estacional) ?, y 4) ¿Qué requerimientos ontogénicos cubren los tiburones en el AIC (p.ej. alimentación, condiciones físicas óptimas, reproducción)?

Para contestar estas preguntas, recopilamos información de tres diferentes fuentes de información: a) registros bibliográficos, b) capturas incidentales y c) telemetría (satelital y acústica). Los resultados muestran evidencia de la presencia continua del tiburón blanco en el AIC durante las últimas dos décadas. Existen registros de individuos de todas las clases de edad, siendo el otoño la estación del año con el mayor número de avistamientos. En cuanto al uso del hábitat, la información sugiere que esta es una zona de alimentación tanto para tiburones blancos maduros como inmaduros. Aunque no se observaron formalmente agregaciones, tiburones monitoreados mediante telemetría satelital (nacidos del año y juvenil) exhibieron periodos de residencia temporal de hasta 56 días en la zona de estudio. Además, la interacción de estos animales especie objetivo de la pesca artesanal resalta la necesidad de reforzar las medidas de manejo y promover prácticas de liberación oportuna de individuos. Este estudio describe la dinámica de los tiburones blancos en el AIC y destaca la importancia de abordar la interacción entre estos depredadores y las actividades humanas para la conservación de esta especie protegida en Baja California.

INDICE

1.	RESUMEN	3
2.	INTRODUCCIÓN	7
3.	METODOLOGÍA.....	11
a.	ÁREA DE ESTUDIO	11
b.	REGISTROS DE TB EN AIC Y ZEE-IC	13
c.	CARACTERÍSTICAS POBLACIONALES	19
d.	VARIABILIDAD TEMPORAL.....	21
e.	USO DE HÁBITAT	22
i.	Alimentación.....	22
ii.	Reproducción	25
iii.	Condiciones físicas	25
4.	RESULTADOS	27
a.	REGISTROS DE TIBURÓN BLANCO EN AIC Y ZEE-IC	27
i.	Registros bibliográficos	28
ii.	Capturas incidentales.....	29
iii.	Telemetría	29
b.	CARACTERÍSTICAS POBLACIONALES	32
i.	Sexo	33
ii.	Talla.....	33
iii.	Madurez sexual	34
c.	VARIABILIDAD TEMPORAL.....	35
d.	USO DE HÁBITAT	38
i.	Alimentación.....	38
ii.	Reproducción	40
iii.	Condiciones físicas	40
5.	DISCUSIÓN	48
a.	REGISTROS DE TB EN AIC Y ZEE-IC	48
b.	CARACTERÍSTICAS POBLACIONALES	49
c.	VARIABILIDAD TEMPORAL.....	49
d.	USO DE HÁBITAT	50
6.	CONCLUSIONES	53
7.	AGRADECIMIENTOS	54
8.	ANEXOS	55
9.	REFERENCIAS.....	72

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sitios de instalación de los receptores AIC.....	55
Figura 2. Representación gráfica de los BRUVS.....	24
Figura 3 . Registro de hembra adulta en 2003.....	28
Figura 4. Registro fotográfico de capturas incidentales.....	57
Figura 5. WS-16 Tiburón blanco hembra.....	58
Figura 6. WS-19 Tiburón blanco macho.....	59
Figura 7. WS-20 Tiburón blanco hembra.....	60
Figura 8. WS-21Tiburón blanco macho marcado en este estudio.....	61
Figura 9. WS-34 Tiburón blanco hembra.....	62
Figura 10. WS-36 Tiburón blanco macho.....	63
Figura 11. Trayectoria de los tiburones WS-01 y WS-02.....	64
Figura 12. Trayectoria total de los tiburones WS-03 y WS-04.....	65
Figura 13. Trayectoria total de los tiburones WS-05 y WS-06.....	66
Figura 14. Trayectoria total de los tiburones WS-07 y WS-08.....	67
Figura 15. Trayectoria total de los tiburones WS-09 y WS-10.....	68
Figura 16. Abundancia relativa anual.....	36
Figura 17. Abundancia relativa estacional por sexo.....	37
Figura 18. Abundancia relativa estacional por madurez.....	37
Figura 19. Osteíctios considerados presas potenciales.....	39
Figura 20. Promedio mensual de TSM en el AIC.....	41
Figura 21. Anomalía de TSM en el AIC.....	42
Figura 22. Promedio mensual de TSM para los registros de tiburón blanco.....	43
Figura 23. Rangos de TSM para los registros de tiburón blanco.....	43
Figura 24. Batimetría del AIC y ZEE-IC.....	44
Figura 25. Profundidad máxima de los registros de TB.....	46

INDICE DE MAPAS

Mapa 1. Sitios de agregación y rutas de migración de la población NEP.....	9
Mapa 2. Ubicación de los polígonos de la RB-IPPBC el Archipiélago Islas Coronado.....	12
Mapa 3. Ubicación de los polígonos AIC y ZEE-IC.....	14
Mapa 4 . Ubicación de los receptores fijos.....	18
Mapa 5. Sitios de censos submarinos de osteíctios.....	23

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Información de los receptores acústicos VR2W instalados en el AIC.....	17
Tabla 3. Sitios de censos submarinos de osteíctios.....	56
Tabla 4 . Información de los sitios de muestreo BRUVS.....	56
Tabla 5. Individuos reportados y año de registro.....	27
Tabla 6. Información de los individuos registrados por telemetría.....	31
Tabla 7. Información de las características de talla sexo y madurez.....	32
Tabla 8. Información de la longitud total registrada los individuos.....	33
Tabla 9. Información de la abundancia y abundancia relativa por año.....	35
Tabla 10. Intervalos de profundidad máxima.....	45
Tabla 11. Individuos detectados en los receptores acústicos y sustrato.....	47

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. SITIOS DE INSTALACIÓN DE LOS RECEPTORES ACÚSTICOS EN EL AIC.....	57
ANEXO 2. TABLAS DE INFORMACIÓN DE LOS MUESTREOS IN SITU.....	58
ANEXO 3. EVIDENCIA FOTOGRÁFICA DE CAPTURAS INCIDENTALES.....	59
ANEXO 4. REGISTROS DE TELEMETRÍA SATELITAL.....	66
ANEXO 5. LISTA TAXONÓMICA DE PRESAS POTENCIALES DEL TIBURÓN BLANCO.....	71

2. INTRODUCCIÓN

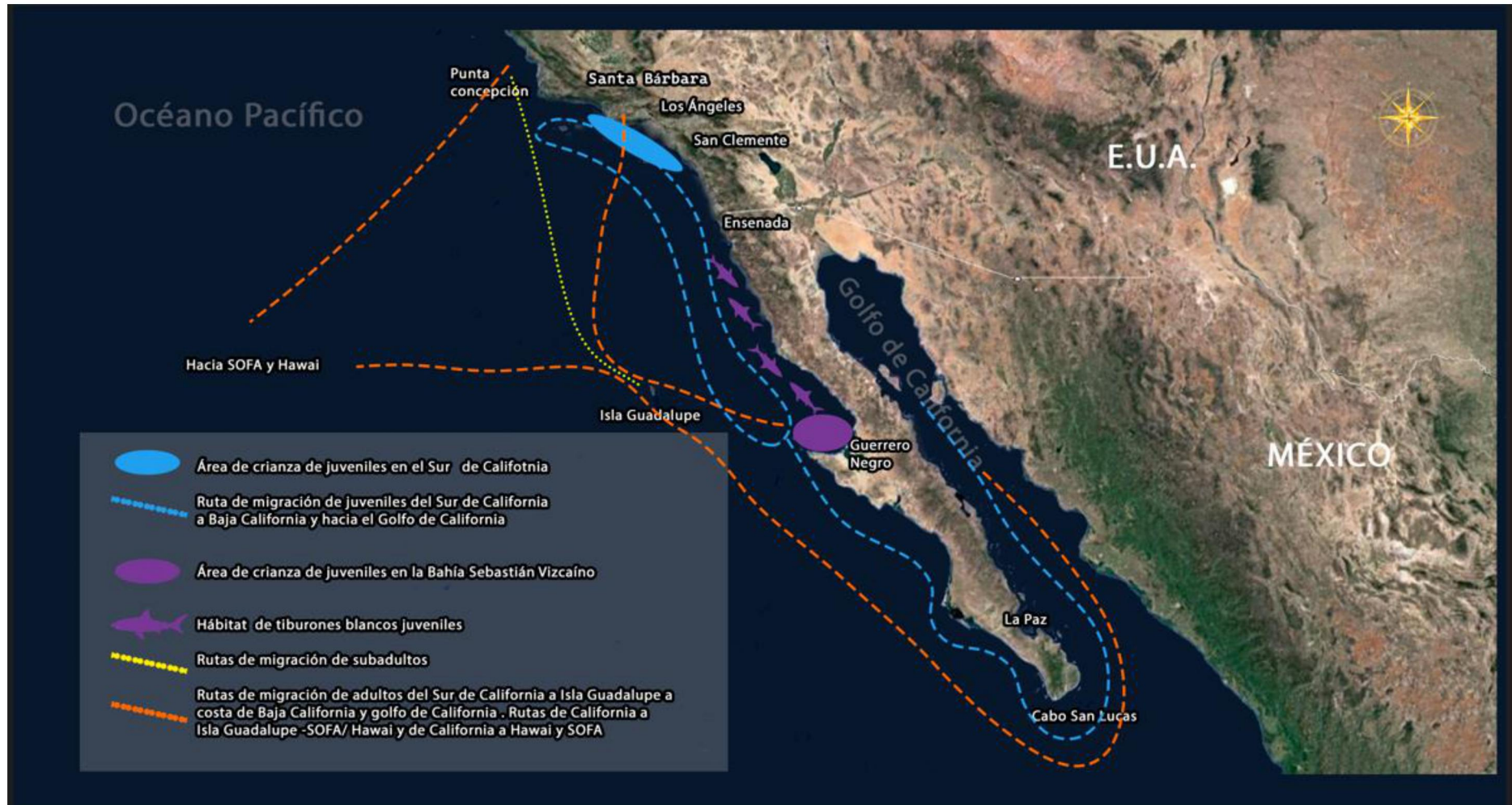
En 2018 se registró cerca del AIC el tiburón blanco recién nacido más pequeño del mundo con 106 cm (LT) (Santana-Morales, et al., 2020). Debido a su compleja historia de vida, no se conocen zonas específicas de nacimiento de tiburón blanco a nivel mundial. Sin embargo, diversos autores sugieren que el sitio de nacimiento en el Pacífico Noreste se ubica entre Punta Concepción y San Diego, en el sur de California (Cailliet, 1985; Klimley, 1985; Kanive, et al., 2023). Aunque se ha estudiado el área de crianza extendida (Weng, et al., 2007; Cartamil, et al., 2011; Santana-Morales, et al., 2012; Oñate, et al., 2017; White, et al., 2019; O'Sullivan, et al., 2022), sólo se tiene registro de cuatro individuos con características de nacimiento reciente, dos en Punta Concepción (Klimley, 1985) y dos en Baja California (Cailliet, 1985; Santana-Morales, et al., 2020). El Archipiélago Islas Coronado (AIC) ha proporcionado el registro más reciente de la especie en su etapa ontogénica más desconocida (neonato). Sin embargo, aún no se cuenta con información sobre la especie en este lugar más allá del registro del recién nacido.

Para comprender las implicaciones ecológicas, necesidades de manejo y protección para la especie en el sitio, es necesario conocer las características de la población en el AIC. La presencia del tiburón blanco está vinculada a patrones de desplazamiento impulsados por necesidades fisiológicas ontogénicas e individuales (Bowlin, et al., 2010; Shaw, 2021). En el noroeste de México, donde se han observado sitios de agregación de tiburones blancos, se ha generado conocimiento sobre las distintas etapas ontogénicas (Mapa 1). En la Isla Guadalupe, se ha estudiado la dinámica y comportamiento de adultos y sub-adultos (Jorgensen, et al., 2010; Hoyos-Padilla, et al., 2016; Jaime-Rivera, et al., 2014). Las tallas juveniles también se han documentado en las aguas costeras de la Bahía Sebastián Vizcaíno (BSV; Weng, et al., 2007a; Santana-Morales, 2008; Oñate, et al., 2017;). Sin embargo, solamente se han reportado dos recién nacidos en México (Cailliet, 1985; Santana-Morales, et al., 2020) y debido a la compleja historia de vida de esta especie, la información sobre estas tallas a nivel mundial es mínima (Klimley, 1985; Weng, et al., 2007; Kabaskal, et al., 2008; Lowe, et al., 2012). Los hábitats esenciales para tiburón blanco son específicos para cada etapa ontogénica (Weng, et al., 2007; Bruce & Bradford, 2012; Hoyos-Padilla, et al.,

2016; Alderete-Macal, et al., 2020; Shaw, et al., 2021) e incluso se ha identificado segregación sexual (Kock, et al., 2013; Domeier, et al., 2007). Por ello, la información de las características poblacionales (p.ej. sexo, talla, madurez sexual) de los tiburones blancos es indispensable para identificar sitios de agregación o residencia y uso de hábitat.

Los tiburones blancos exhiben movimientos entre áreas de residencia e incluso poseen la capacidad de llevar a cabo migraciones transoceánicas (Bonfil, et al., 2005). Los comportamientos migratorios y de residencia muestran diferencias ontogénicas y son predecibles (Weng, et al., 2007; Hoyos et al., 2016; Franks, et al., 2021). Los patrones de presencia nos permiten definir tanto los sitios de residencia como las rutas de migración (Franks, et al., 2021). Los movimientos anuales y estacionales, junto con sus rangos geográficos, demuestran comportamientos de fidelidad, regreso y reutilización de sitios (Weng, et al., 2007; Domeier, et al., 2007). Conocer la variación temporal de los movimientos del tiburón blanco en el AIC es de suma importancia para la comprensión de la dinámica y el uso del hábitat de esta especie en dicha zona.

Por otro lado, el hábitat de los tiburones blancos proporciona características específicas para cada grupo ontogénico según sus necesidades alimenticias y fisiológicas. Para los tiburones blancos inmaduros, el hábitat les proporciona alimento y condiciones físicas óptimas, al mismo tiempo que reduce las interacciones ecológicas, lo que favorece su crecimiento y supervivencia (Hoyos et al., 2016; White et al., 2019; Heupel, et al., 2017; Parsons et al., 2008; Heupel, et al., 2018). Los adultos suelen ser solitarios y utilizan lugares de agregación con funciones bien definidas, como la reproducción y la alimentación (Dewar et al., 2013; Domeier, 2012; Jorgensen et. al. 2012). Algunos de estos lugares de agregación de subadultos y los adultos se encuentran cerca de colonias de pinnípedos, en los cuales se alimentan (Bruce, 2005; Hoyos et al., 2016). El AIC posee características físicas y biológicas que podrían favorecer la elección de este sitio como hábitat para diferentes categorías



Mapa 1. Sitios de agregación y rutas de migración de tiburones blancos de la población del Pacífico Noreste, Área de crianza de juveniles en el Sur de California y Área de crianza de juveniles en Bahía Sebastián Vizcaíno. Rutas de migración de adultos (naranja) subadultos (amarillo) y juveniles (azul). Modificado de Galván-Magaña et al., (2018) y MBARI (2018).

de madurez de tiburones blancos. Identificar el uso del hábitat del tiburón blanco en el AIC es crucial para evaluar la importancia de este sitio para la especie.

Para caracterizar la presencia de los tiburones blancos en el AIC se llevó a cabo un protocolo de investigación para responder las siguientes preguntas: 1) ¿Existen registros de tiburones blancos en El AIC?, 2) ¿Cuáles son sus características poblacionales (p.ej. sexo, talla, edad) ?, 3) ¿Cuál es su variabilidad temporal (p. ej. anual, estacional)?, y 4) ¿Qué requerimientos ontogénicos cubren los tiburones en El AIC (p.ej. alimentación, condiciones físicas óptimas, reproducción) ?

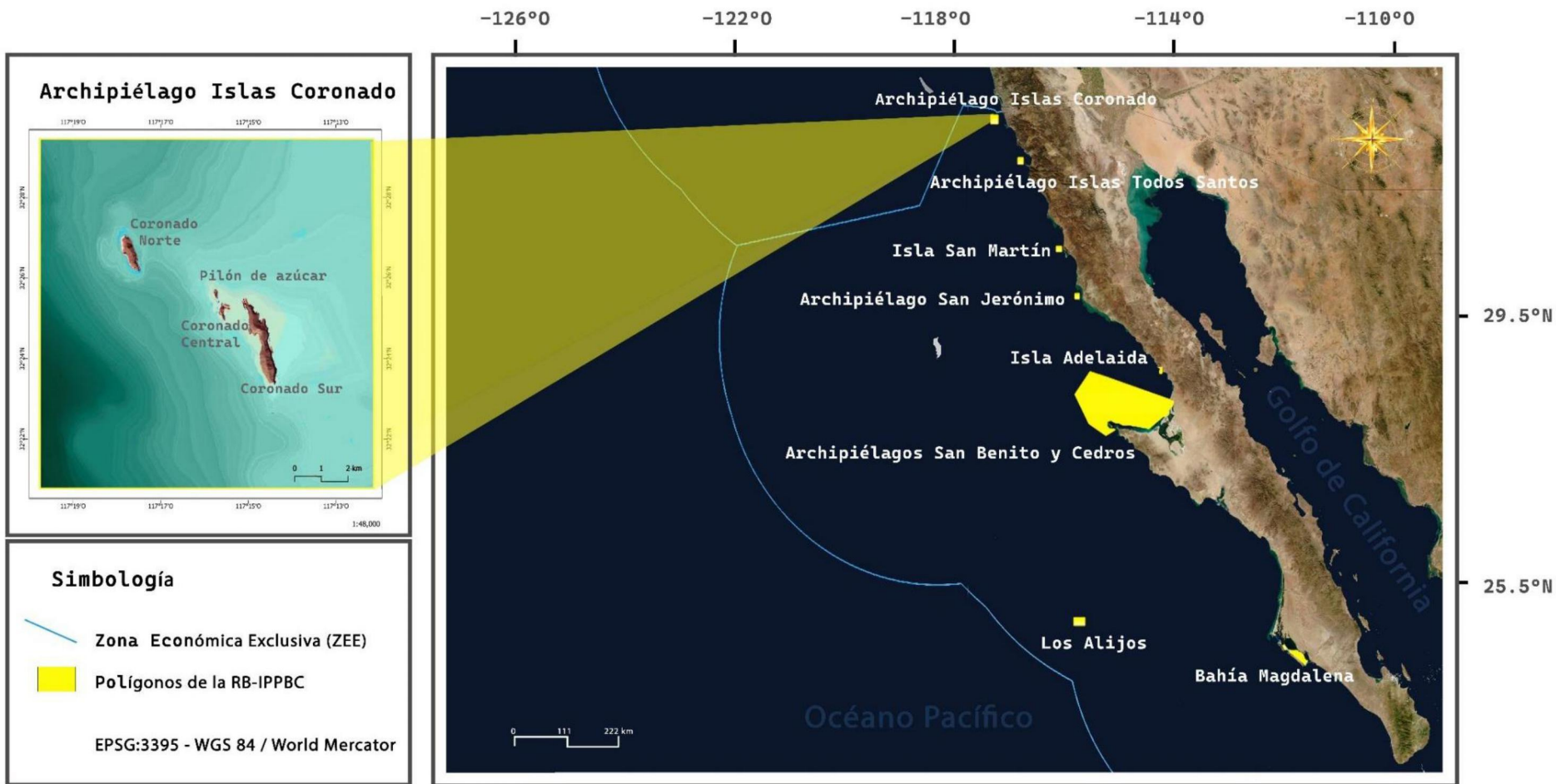
3. METODOLOGÍA

a. ÁREA DE ESTUDIO

Las Islas Coronado se ubican en Baja California, México, aproximadamente 12 km al noroeste de la costa de Rosarito y a 25 km al suroeste de San Diego, California, E.U.A. En 2016 se declaró la Reserva de la Biósfera Islas del Pacífico de la Península de Baja California (RB-IPPBC; Mapa 2) donde se incluyó el polígono del Archipiélago Islas Coronado (AIC) conformado por 4 islas y 3 islotes de origen continental (Lamb, 1974). El AIC comprende dos subzonas terrestres y una marina: Subzona de uso restringido aves terrestres, Subzona de uso tradicional casero y Subzona de aprovechamiento sustentable de los ecosistemas agua circundante (DOF, 2016).

La subzona marina se caracteriza por presentar Bosque de Kelp tipo Cálido Templado del Pacífico Norte, que se extiende desde Punta Concepción, California, hasta Bahía Asunción en Baja California (Schiel & Foster, 2015; Beas-Luna, et al., 2020). El ecosistema marino de estas islas alberga especies con alto valor comercial, como la langosta roja y abulón, así como diversas especies objetivo de la pesca artesanal y deportiva (LGEEPA, 2012). Actualmente se realizan actividades no extractivas como el buceo recreativo y actividades extractivas como la pesca comercial, pesca deportiva y maricultura (ídem). El aprovechamiento extractivo lo realizan pescadores artesanales con sitio de arribo en Popotla, B. C., y la empresa Baja Aqua Farms que cuenta con instalaciones de maricultura en el AIC para la engorda de atún aleta azul (*Thunnus thynnus*) y atún cimarrón (*Thunnus orientalis*).

RESERVA DE LA BIÓSFERA ISLAS DEL PACÍFICO DE LA PENÍNSULA DE BAJA CALIFORNIA

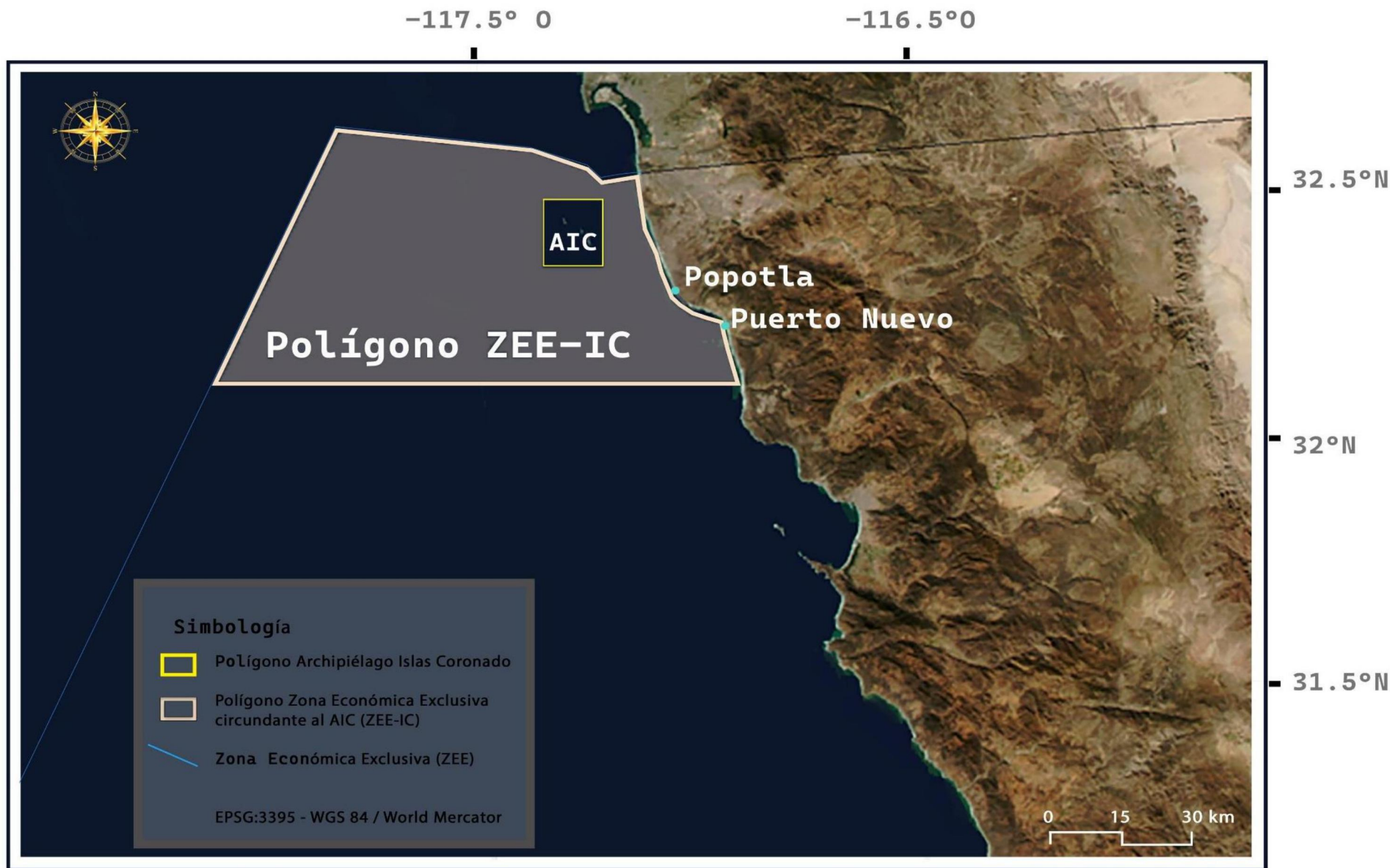


Mapa 2. Ubicación de los polígonos de la Reserva de la Biósfera Islas del Pacífico de la Península de Baja California (RB-IPPBC) y el área de estudio Archipiélago Islas Coronado (AIC).

b. REGISTROS DE TB EN AIC Y ZEE-IC

Para comprobar si existen registros de tiburones blancos en AIC primero delimitamos el área de estudio para integrar la información existente de las diferentes fuentes. Recopilamos la información de tres categorías principales: 1) registros bibliográficos, 2) de capturas incidentales y 3) telemetría (satelital y acústica). La información obtenida fue compilada en una base de datos, filtrada y organizada de acuerdo con la fuente. Finalmente, utilizamos esta información para registrar y caracterizar la presencia de tiburón blanco en el AIC.

Para delimitar espacialmente el área de estudio integramos dos polígonos de la zona (Mapa 3). El primero corresponde al polígono oficial de la Reserva de la Biósfera Islas del Pacífico de Baja California del Archipiélago Islas Coronado (AIC; CONABIO, 2022). El segundo polígono nombrado ZEE-IC se trazó desde el límite nacional de la Zona Económica Exclusiva (FMI, 2020) con el límite sur perpendicular a Puerto Nuevo. El AIC comprende un área de 183.5 km² de superficie marina con profundidades fluctuantes hasta 1200 m (DOF, 2016). EL polígono ZEE-IC cubre un área de 482 km² (excluyendo el área del AIC) con profundidades de hasta 1,932 m (GEBICO, 2022). El polígono AIC comprende la parte protegida de la Reserva, mientras que el polígono ZEE-IC incluye áreas de pesca comercial y sitios de desembarque como Popotla. La obtención de registros de tiburón blanco en ambos polígonos amplía la perspectiva de movimientos y presencia en las Islas Coronado y zonas de pesca artesanal y comercial. A partir de estos dos polígonos se recopiló información para las tres fuentes.



Mapa 3. Ubicación de los polígonos de estudio Archipiélago Islas Coronado (AIC) y Polígono Zona Económica Exclusiva circundante al AIC (ZEE-IC).

i. Registros bibliográficos

Para extraer registros de tiburón blanco de la Registros bibliográficos en los polígonos, revisamos diferentes publicaciones en revistas científicas, reportes y tesis. Inicialmente realizamos la búsqueda de estudios relacionados con la especie en Baja California. Posteriormente se filtraron las publicaciones que incluían registros en los polígonos AIC y ZEE-IC. La información fue recopilada de tres rubros principales:

- a) Bitácoras históricas de Baja Aquafarms, una empresa dedicada a actividades de maricultura en la porción sureste de la Isla Coronado Sur. Consultamos directamente con personal de la empresa acerca de información de tiburón blanco en la zona, obteniendo datos extraídos directamente de bitácoras de trabajo técnico dentro de los encierros (com. pers. Javier Vivanco).
- b) Publicaciones científicas: Consultamos estudios que documentaron capturas incidentales de tiburón blanco en diversas localidades de Baja California. La información para los polígonos de estudio se extrajo de Santana-Morales, et al. (2012) y García-Rodríguez, et al. (2021).
- c) Nota periodística de Grimm, A. (2004), que incluyó identificación avalada por el Dr. Leonardo Castillo Géniz, Investigador titular del Centro Regional de Investigación Pesquera, INAPESCA.

Durante la revisión documental se encontraron otros registros de tiburón blanco en los polígonos. No obstante, fueron excluidos debido a la vaguedad de la información o a la repetición de los registros ya presentes en las fuentes mencionadas anteriormente. En esta categoría de registros bibliográficos se incluyó toda la información documental disponible para la especie en los polígonos de estudio.

ii. Capturas incidentales

Los registros de captura incidental incluyeron la localización geográfica, fecha, arte de pesca, sexo y talla. Primero, establecimos una colaboración con pescadores de la U.P.P. Pescadores Ribereños de Baja California S.P.R. de R.L. y otros permisionarios que llevan a cabo actividades de pesca artesanal en los polígonos del AIC y ZEE-IC. Los registros de capturas incidentales fueron proporcionados de manera voluntaria por pescadores locales. Entre las actividades de colaboración, los pescadores proporcionaron apoyo logístico y registros de capturas incidentales de tiburón blanco.

Para la identificación de la especie, sexo y medición de talla se capacitaron (uno a uno) a tripulantes de diferentes equipos de pesca. La capacitación se enfocó en la diferenciación de órganos sexuales (presencia o ausencia de gonopterigios) y medición de la longitud total (LT). Además, recalcamos la importancia de las buenas prácticas y la liberación oportuna de los individuos. En esta categoría se integran los registros de captura incidental y liberaciones documentadas por los pescadores de manera voluntaria y sin ningún tipo de incentivo adicional al de la cooperación con este proyecto.

iii. Telemetría

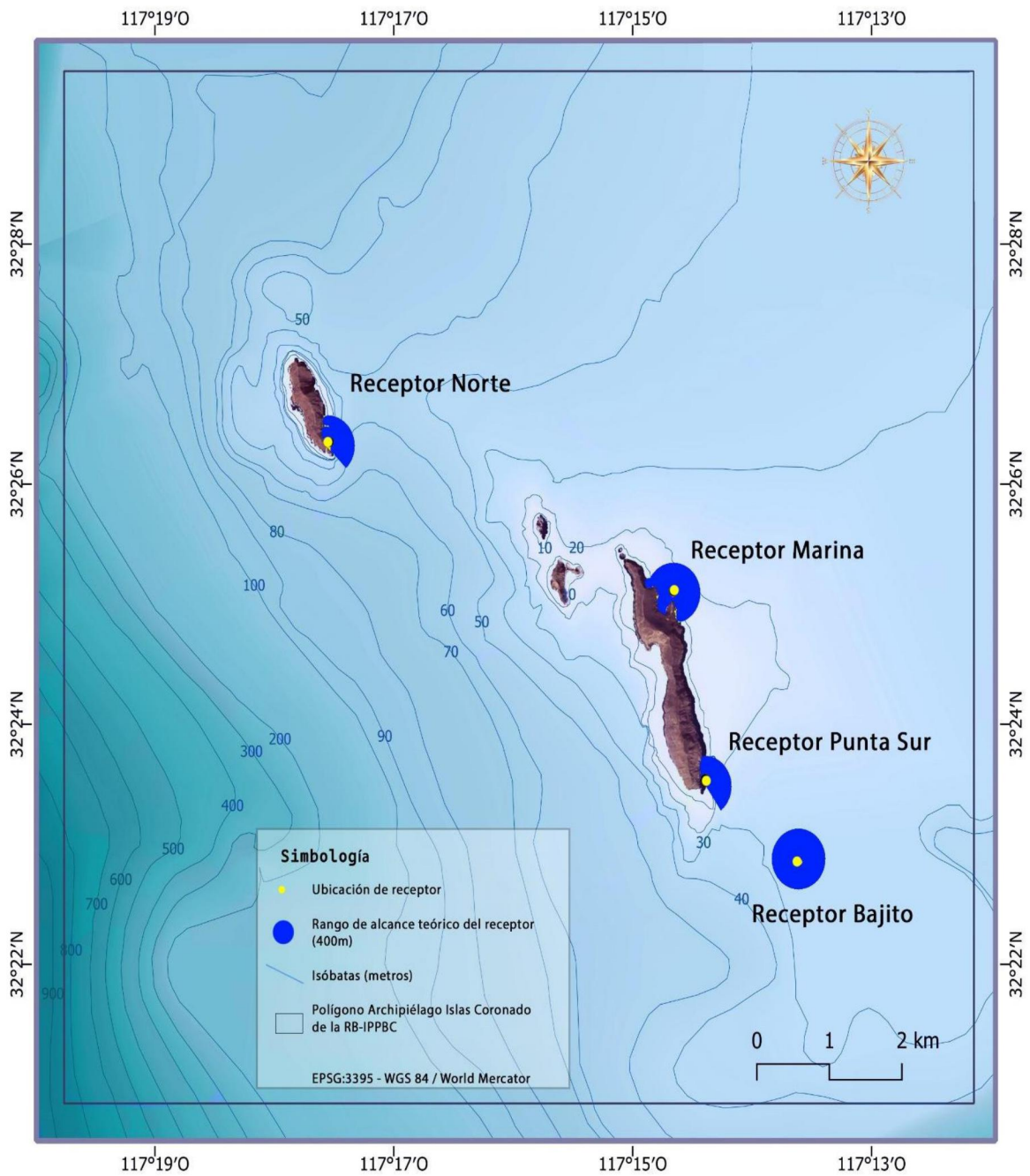
En la tercera categoría los registros de telemetría se extrajeron de telemetría satelital y telemetría acústica. Elegimos el uso de telemetría por la disponibilidad de datos satelitales y la viabilidad de muestreo acústico en el sitio. Por un lado, la telemetría satelital proporciona datos de localización de individuos específicos en diferentes sitios por hasta doce meses. Por otro lado, la telemetría acústica proporciona registros puntuales en sitios específicos durante un intervalo de tiempo extenso (varios años). El uso de ambos métodos de telemetría para el registro de tiburón blanco proporciona información complementaria en términos espacio-temporales.

La información de telemetría satelital se obtuvo de la base de datos "*Project White Shark*": *Juvenile Satellite Biotelemetry, 2001-2020* (O'Sullivan, et al., 2022). Esta base integra información de individuos marcados en California entre 2001 y 2020. Los transmisores utilizados en el marcaje son del tipo PAT (MK10 y PAT2) y SPOT (SPOT 5). Esta información fue procesada mediante el software QGIS, en el cual se filtraron las trayectorias de cada individuo a los polígonos AIC y ZEE-IC.

Los datos de telemetría acústica se obtuvieron *in situ*, para lo cual se instalaron cuatro receptores fijos subacuáticos VEMCO VR2W-69 kHz dentro del polígono del AIC (Tabla 1; Mapa 4; ANEXO 1, Figura 1). Estos equipos tienen la capacidad de detectar individuos marcados con transmisores acústicos de la marca VEMCO con frecuencia de 69 kHz en un rango de hasta 400 m a la redonda (de acuerdo con las especificaciones del fabricante). Elegimos la ubicación de instalación de estos equipos basándonos en la mayor probabilidad de detección de acuerdo con la disposición de las islas, corrientes y sustrato. Posterior a la detección de individuos marcados en otros sitios, se contactó con diferentes investigadores para la confirmación de la especie, fecha y lugar de marcaje.

Tabla 1. Información de los receptores acústicos VR2W instalados en el AIC

INSTALACIÓN	NOMBRE	RECEPTOR -ID	COORDENADAS	PROF. (m)	SUSTRATO
07/07/2021	Norte	1) VR2W- 124712	32.4354° N, -117.2939° O	19	Roca
07/07/2021	Marina	2) VR2W- 113881	32.4175° N, -117.2443° O	17.5	Arena
07/07/2021	Punta sur	3) VR2W- 110681	32.3921° N, - 117.2372° O	14	Arena
28/10/2022	Bajito	4) VR2W- 110630	32.3818° N, -119.2252° O	20	Roca



1:48,000

Mapa 4. Ubicación de los receptores fijos VEMCO VR2W-69 KHZ instalados en el AIC y rango de alcance de cada receptor.

c. CARACTERÍSTICAS POBLACIONALES

La información de las características poblacionales de los registros de tiburón blanco en el AIC y ZEE-IC se obtuvo en las tres fuentes (registros bibliográficos, captura incidental y telemetría). Para cada individuo se extrajo la información disponible de: sexo, talla y madurez sexual. Esta información fue compilada en una base de datos específica para características poblacionales. Posteriormente se filtraron los datos y únicamente analizamos la información disponible para cada categoría con el fin de documentar sus tendencias poblacionales.

Identificamos el sexo de los individuos de formas diferentes para cada fuente de información. Por ejemplo, utilizamos órganos sexuales en los registros de capturas incidentales. Para ello, capacitamos a un grupo de pescadores para determinar la presencia del órgano reproductor de los machos (gonopterigio o clasper). Para los registros de telemetría satelital, el sexo se extrajo de los metadatos (O'Sullivan, et al., 2022). Para los individuos detectados mediante telemetría acústica, obtuvimos la información mediante comunicación personal con los investigadores que colocaron las marcas en los individuos los cuales registran la talla y el sexo como parte del protocolo de marcaje. Con estos datos, calculamos la proporción sexual dividiendo el número total de hembras entre el número total de machos. Después, utilizamos la prueba de Xi-cuadrada con el fin de determinar si existe una diferencia significativa entre la proporción de sexos observada y la esperada (1:1), con la ecuación:

$$\chi^2 = \sum E_i (O_i - E_i)^2$$

donde:

- χ^2 es el estadístico chi-cuadrado
- O_i es la cantidad observada de individuos de cada categoría
- E_i es la cantidad esperada de individuos de cada categoría

La información disponible de talla de cada individuo se extrajo como la medida de longitud total (TL; Compagno, 1984). De los registros bibliográficos se extrajo la longitud total como la reportaron los autores. En las capturas incidentales, los pescadores fueron capacitados para medir la LT de los individuos durante su desenmalle y liberación. Para las LT proveniente de individuos marcados con

marcas satelitales o acústicas, se siguió la misma metodología explicada anteriormente con respecto al sexo.

Con la información recolectada de longitud total (LT) se clasificó cada individuo en una categoría de madurez. Esta asignación la realizamos de acuerdo con los criterios actualizados de Bruce & Bradford (2012; Tabla 2) modificados con la información para recién nacido de Santana, et al. (2022). La categoría correspondiente se asignó para la longitud total en centímetros: recién nacido o *new born white shark* (NWS), nacido del año o *young of the year* (YOY) juvenil o *juvenile white shark* (JWS), subadulto o *subadult* (SA) y adulto o *adult* (A). Reasignamos madurez sexual para todas las fuentes que incluían esta categoría con la información de longitud total con la finalidad de homogeneizar los registros. Por último, analizamos la frecuencia de las tallas obtenidas para el total de individuos.

Tabla 2. Clasificación de madurez de acuerdo con la longitud total (LT) de Bruce & Bradford (2012). *Modificación de la escala según los datos de Santana-Morales, et al. (2022).

CATEGORÍA	LONGITUD TOTAL (LT)
Recién nacido (NWS)*	106-150 cm
Nacido del año (YOY)	150-175 cm
Juvenil (JWS)	175-300 cm
Subadulto (SA)	300-360 cm machos; 300-480 cm hembras
Adulto (A)	>360 machos; >480 hembras

d. VARIABILIDAD TEMPORAL

Con el objetivo de describir la variabilidad temporal de los registros de tiburón blanco en el AIC y ZEE-IC, se obtuvo la distribución anual y la distribución estacional de los datos obtenidos. Para ello se analizó la distribución de los registros en la serie temporal de veinte años. Se extrajeron las fechas de registro de cada reporte de tiburón blanco de cada una de las fuentes. Esta información se utilizó para identificar patrones temporales de presencia anual y estacional del tiburón blanco en el área de estudio.

Para la distribución anual se extrajeron el/los años de presencia para cada individuo. Elaboramos una matriz de datos y calculamos la abundancia absoluta, abundancia relativa y valores estadísticos de los individuos para cada año en que se registraron. Para la obtención de la distribución se utilizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk. Los análisis y gráficos se realizaron en Rstudio.

Finalmente, para analizar la distribución estacional, se calculó la abundancia estacional de individuos. Para cada individuo se extrajo la fecha de presencia en el área de estudio. Posteriormente se clasificó la fecha de presencia de cada individuo en la estación del año correspondiente. Con esta información se elaboró una matriz de datos y se calcularon las abundancias de individuos por estación. Con los resultados se graficaron las distribuciones estacionales de la presencia de tiburón blanco para las categorías de sexo y edad, ya que estas categorías se relacionan con migraciones estacionales.

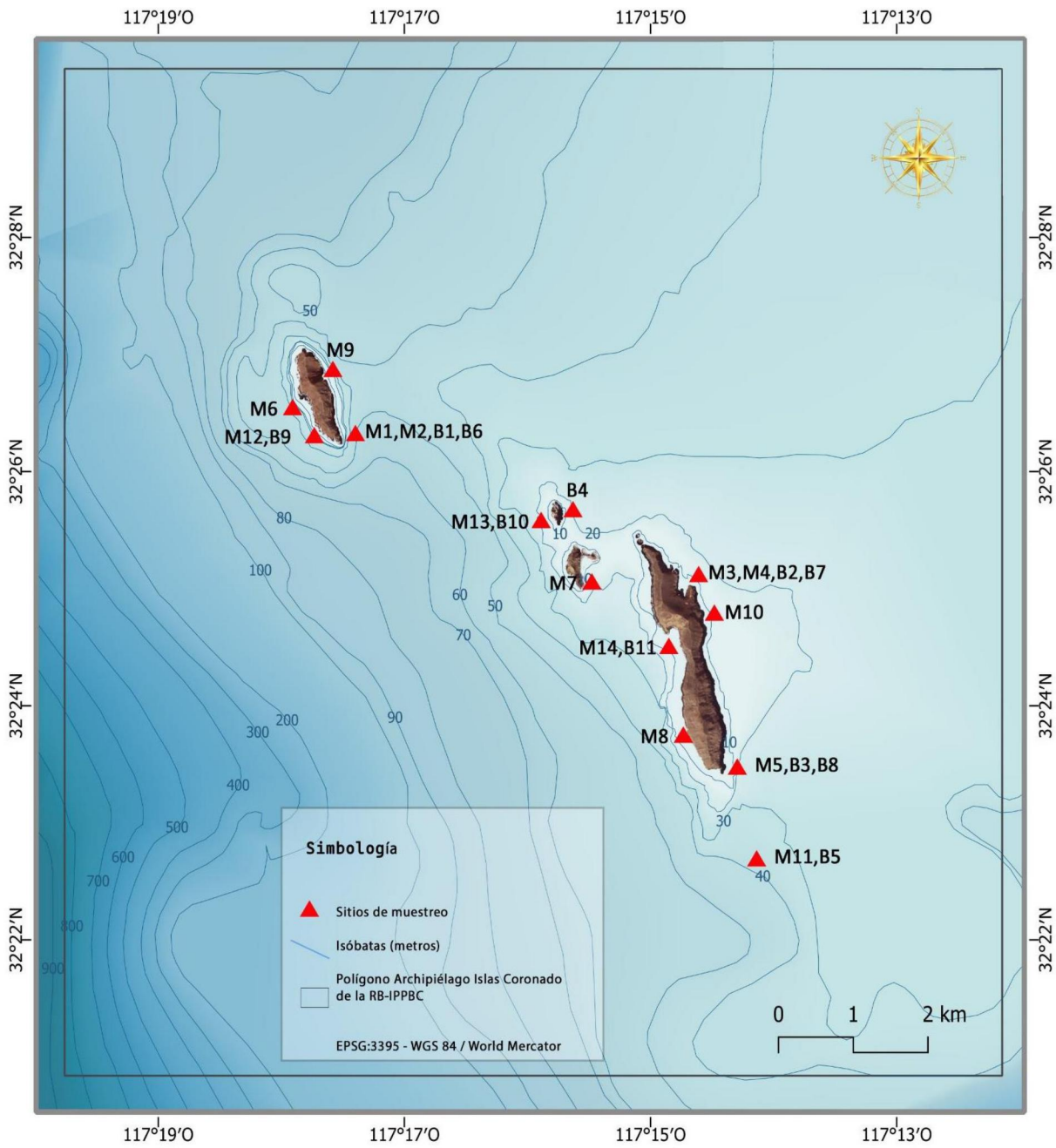
e. USO DE HÁBITAT

Para identificar las características del polígono del AIC relacionadas con el hábitat utilizado por el tiburón blanco en el sitio, se emplearon diversas metodologías. Principalmente las metodologías se enfocaron en obtener información del AIC relacionada con: 1) alimentación, 2) condiciones físicas y 3) reproducción. Para cada una de estas funciones, se recolectaron datos de acuerdo con las distintas etapas de madurez del tiburón blanco. El propósito de obtener esta información es comprender el posible uso de hábitat de los tiburones blancos en el AIC, acorde a los requerimientos de los diferentes estados de madurez.

i. Alimentación

Para obtener la información relacionada con alimentación, realizamos una revisión bibliográfica de las presas de tiburón blanco en cada categoría de madurez. Posteriormente se obtuvo información de las presas disponibles para el AIC. Relacionado con la alimentación de adultos y subadultos, se llevó a cabo una revisión bibliográfica de las poblaciones de pinnípedos presentes en el sitio. En cuanto a las presas de tiburones blancos inmaduros, se realizaron 14 censos submarinos y 11 censos BRUVS *in situ* (*Baited Remote Underwater Video Surveys*; Mapa 5).

Los censos submarinos se realizaron utilizando la metodología del grupo de investigación de la UABC "Manejo de Ecosistemas por las Californias" (Beas, et al., 2020). Se realizaron de otoño de 2021 a otoño de 2022 sin réplica de sitio para priorizar la obtención de información en el mayor número de sitios posible (Anexo 2: Tabla 3). Los censos se realizaron mediante barrido a lo largo del transecto con una ventana imaginaria móvil de 2x 2 m por sitio. En cada transecto un buzo capacitado para la identificación de especies y tallas realizó la recopilación de información nadando a una velocidad promedio de seis metros por minuto, siguiendo la técnica adaptada de monitoreo de MPA 'S (*Marine Protected Areas*) de PISCO (Beas, et al., 2020). La validez de los nombres científicos y autoridades taxonómicas se verificaron en las bases de datos de *Fishbase* (2023).



Mapa 5. Sitios de censos submarinos (M) y sitios de monitoreo BRUVS (B) dentro del polígono del AIC.

Los BRUVS se realizaron siguiendo la metodología de Osgood, et. al. (2019), utilizando *Sardina pilchardus* y *Scomber scombrus* como carnada. En cada sitio se instaló temporalmente un sistema de video con carnada sostenido con un armazón de aluminio y suspendido con boyas en profundidades pelágicas y bentónicas (Anexo 2: Tabla 4; Figura 2). La grabación de video para cada sitio se efectuó en promedio por 35 minutos con una cámara GOPRO. Para cada sitio de muestreo BRUVS se analizaron los videos registrados, identificando las especies presentes.

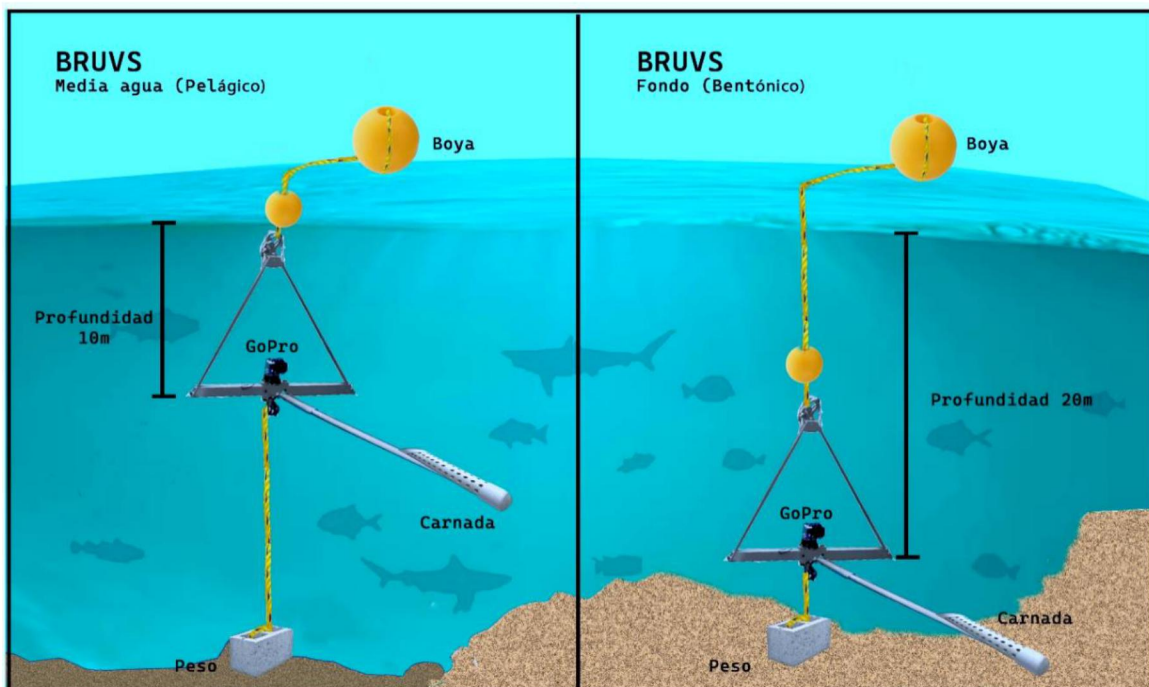


Figura 2. Representación gráfica de los BRUVS pelágicos (a media agua) y los BRUVS bentónicos. Modificado de: *Charles-Darwin Foundation* (2023).

ii. Reproducción

La información relacionada con la reproducción en el sitio de estudio se clasificó en tres categorías: abundancia de adultos, agregación de adultos de diferente sexo y registro de hembras embarazadas, para analizarla finalmente

iii. Condiciones físicas

Para obtener información sobre las características óptimas para los tiburones blancos en el AIC, se obtuvo información de temperatura, batimetría y sustrato. Se analizaron datos de temperatura superficial del mar ya que esta información puede relacionarse con las tolerancias térmicas de los diferentes estados de madurez de tiburón blanco (Hoyos et al., 2016). Con la batimetría se obtuvo información de las características físicas del sitio relacionadas con la presencia de presas potenciales y el uso de aguas someras como refugio. Finalmente, con los datos del sustrato en el AIC se obtuvo información sobre las características del ecosistema.

Temperatura

Considerando las condiciones físicas relacionadas con tiburones blancos, se analizó la Temperatura Superficial del Mar (SST: *Sea Surface Temperature*). Se extrajeron los datos de Temperatura Superficial del Mar (SST) del punto central del polígono AIC ubicado en 32.4167° N, -117.2667°O. Esta información fue obtenida de junio de 2003 a julio de 2023. Los valores de SST fueron extraídos de capas en formato netCDF obtenidas del portal EARTHDATA *Ocean Color Web “Sea Surface Temperature SST (11μ daytime)”* (Level 3_1 MONTH - AQUA/MODIS) con una resolución 4 km. Adicionalmente se calculó la anomalía de temperatura de 2003 a 2023. Posteriormente extrajimos la información de Temperatura Superficial del Mar específica de cada registro de tiburón blanco (fecha y localización geográfica). Los datos de temperatura se analizaron para las categorías de madurez del tiburón blanco.

Batimetría

Analizamos la información de las características batimétricas en el AIC y ZEE-IC, así como de la profundidad máxima de los registros de tiburón blanco. Los datos de batimetría se extrajeron de la capa GEBCO_2022 TID Grid en formato Data_Geo_TIFF, con resolución de 15-arc-second, disponible en el portal GEBCO Gridded Bathymetry Data Download (2022). Todas las capas fueron georreferenciadas en el software QGIS 3.22.10 Biatowieza. Posteriormente obtuvimos la información de la profundidad máxima del punto geográfico para cada registro de TB. La información obtenida se analizó para las categorías de madurez.

Sustrato

Obtuvimos información de sustrato con la finalidad de identificar las características del ecosistema en el AIC. El registro de sustrato en el AIC se realizó para los cuatro sitios de instalación de receptores acústicos y 10 sitios, mediante censos submarinos. La metodología utilizada fue UPC (*Uniform Point Contact*; PISCO, 2017), la cual consiste en la caracterización del sustrato y estimación de cobertura de organismos. En este censo se integra la información referente al sustrato y relieve.

4. RESULTADOS

a. REGISTROS DE TIBURÓN BLANCO EN AIC Y ZEE-IC

La información recopilada confirma la presencia de la población de tiburón blanco en el AIC , incluyendo la Zona Económica Exclusiva circundante (ZEE-IC; Mapa 3). En total se obtuvo un registro de 39 tiburones blancos dentro de los polígonos del AIC y ZEE-IC durante el periodo de junio de 2003 a julio de 2023. De las tres fuentes de información, la telemetría (satelital y acústica) aportó el mayor número individuos (15), seguido del registro de capturas incidentales (14) y por último los registros bibliográficos (10; Tabla 5). Cabe mencionar que uno de los individuos fue registrado en telemetría y captura incidental.

Tabla 5. Fuente de la información, número de individuos reportados y año de registro. * Indica el individuo capturado de manera incidental, marcado en este estudio y detectado vía telemetría acústica posteriormente.

FUENTE	N	AÑO(S)
<i>Registros bibliográficos</i>		
Grimm, A. (2004)	1	2003
Santana-Morales et. al. (2012)	3	2009
García-Rodríguez, et. al. (2021)	5	2013-2014
Javier Vivanco (com.pers., 2022)	1	2013
<i>Capturas incidentales</i>		
Gerardo Verdugo	5	2018, 2021-2023
Jorge Ochoa	9*	2020-2023
Medina	1	2021
<i>Telemetría</i>		
Satelital	10	2003, 2006-2011
Acústica	5*	2021,2023
TOTAL	39	

i. Registros bibliográficos

Obtuvimos información de 10 individuos de tiburón blanco en ambos polígonos de estudio. Los registros corresponden a distintos años del período 2003 y 2014. Grimm (2004) reportó uno de los registros más antiguos, el cual fue una incursión de un tiburón blanco en un cerco de engorda de atún. Por otro lado, García-Rodríguez, et al. (2021) aportó el mayor número de registros, seguido de Santana-Morales et al. (2012). Estas dos fuentes de información son artículos científicos publicados pero que reportan capturas incidentales. Además, incluimos el reporte de un tiburón blanco registrado en las bitácoras de Baja Aqua Farms en Popotla y Puerto Nuevo. Desafortunadamente, este reporte no especifica localización geográfica o arte de pesca. Finalmente, encontramos un reporte de un tiburón blanco que se metió dentro de un corral de engorda de atún reportado por Grimm (2004).



Figura 3. Registro de hembra adulta en el AIC en 2003. Tomado de: Grimm, 2004.

ii. Capturas incidentales

En total se reportaron 15 capturas en nuestro sitio de muestreo entre el 2018 y 2023. La información sobre las capturas incidentales fue reportada por tres compiladores de registros provenientes de diferentes equipos de pesca artesanal. Estas capturas se registraron durante la pesca de escama con redes agalleras de fondo. El mayor número de registros fue proporcionado por el pescador artesanal Jorge Ochoa (60%), quien aportó información sobre nueve individuos a lo largo de tres años. Por otro lado, el pescador artesanal Gerardo Verdugo reportó el 33% de la información y obtuvo el registro más antiguo de esta categoría, el recién nacido de 2018. De los individuos capturados, diez fueron documentados fotográficamente o en video (Anexo 3: Figs. 4-10). Adicionalmente, etiquetamos un tiburón el 23 de agosto de 2022, nombrado WS-21 y corresponde a un macho marcado con el transmisor acústico VEMCO ID-11301/1247196. La información recopilada en esta categoría aportó el 39% del total de individuos y representó el 82% de los registros ininterrumpidos de los últimos cuatro años

iii. Telemetría

La información obtenida mediante telemetría confirma la presencia de tiburones blancos en el AIC y ZEE-IC (Tabla 6). Esta categoría proporcionó información sobre 15 tiburones blancos en años intermitentes entre 2003 y 2023. Específicamente, de la telemetría satelital obtuvimos 491 registros de localización de diez tiburones entre 2003 y 2011 en el AIC y ZEE-IC (Anexo 4: Figs.11-15).

En cuanto a los datos de telemetría satelital los tiburones blancos fueron marcados en distintos sitios de California (EUA; Tabla 6). Estos individuos se desplazaron en promedio 7.5 km por día durante 130 días, desde su sitio de marcaje hasta su último sitio de registro. Dentro del sitio de estudio, los individuos permanecieron en el AIC y ZEE-IC en promedio 17 días, con el registro máximo de 56 días. En resumen, la información satelital aportó detalles adicionales, como la procedencia y destino de los individuos.

Por otro lado, por medio de la telemetría acústica se registraron 38 detecciones de cinco tiburones blancos en los años 2021 y 2023 dentro del polígono del AIC. Entre estos individuos se registró al tiburón WS-21, cuatro meses después de su marcaje. La información de los receptores acústicos contribuyó al primer registro o “recaptura” de un tiburón blanco en el sitio. En términos generales, la telemetría aportó información importante sobre la presencia del tiburón blanco en el AIC y ZEE-IC en rangos espacio-temporales.

Tabla 6. Información de los individuos registrados por medio de telemetría. Los individuos WS-01 a WS-10 fueron registrados mediante telemetría satelital. Los individuos WS-21, WS-22, WS-23, WS-38 y WS-39 fueron detectados en los receptores acústicos fijos en el AIC. La DIST_KM y DIAS_TOTALES indican la distancia y tiempo total registrados por los transmisores satelitales dentro y fuera del área de estudio. DIAS_POLIGONOS indica el número de días en que se registraron los individuos en los polígonos AIC y ZEE-AIC. AÑO-MES indica la fecha en que se registraron los individuos en los polígonos de este estudio.

ID	SITIO DE MARCAJE	TRANSMISOR	DIST_KM	DIAS_TOTALES	DIST_PROM_DIA	DIAS_POLIGONOS	AÑO-MES
WS-01	Port Hueneme, California USA	Satelital	332	37	8.972972973	3	2003-11
WS-02	Harbor Cove Beach, California, USA	Satelital	312	22	14.18181818	1	2006-10
WS-03	Will Rogers Beach, California USA	Satelital	823	184	4.472826087	9	2007-10
WS-04	Sand City, California, USA	Satelital	1378	145	9.503448276	1	2008-2
WS-05	Long Beach, California USA	Satelital	737	233	3.163090129	52	2008-9
WS-06	Oceanside, California, USA	Satelital	1226	97	12.63917526	56	2008-10
WS-07	South Jetty Beach, California, USA	Satelital	816	132	6.181818182	6	2009-10
WS-08	Pacific Grove, California, USA	Satelital	1180	118	10	16	2009-12
WS-09	San Onofre, California, USA	Satelital	208	170	1.223529412	28	2010-1
WS-10	Silver Strand State Beach, California, USA	Satelital	840	170	4.941176471	1	2011-6
WS-21	ZEE-AIC	Acústico	-	-	-	1	2023-01
WS-22	Del Mar, California, USA	Acústico	-	-	-	1	2021-9
WS-23	Oxnard, California, USA	Acústico	-	-	-	1	2021-10
WS-38	Oxnard, California, USA	Acústico	-	-	-	1	2023-05
WS-39	Torrey Pines, USA	Acústico	-	-	-	1	2023-07

b. CARACTERÍSTICAS POBLACIONALES

Los resultados de las características poblacionales del tiburón blanco en nuestra zona de estudio muestran que el mayor número de individuos son hembras nacidas del año (YOY), con una longitud total de 150 a 175 cm. Al analizar las categorías por separado, las hembras fueron predominantes en la categoría de sexo (Tabla 7). El intervalo de tallas más abundante fue de 175 a 300 cm. En cuanto a la madurez, la categoría con mayor número de individuos fue juvenil. En general, se ha observado que los registros de tiburón blanco en los últimos veinte años en el AIC y ZEE-IC corresponden principalmente a hembras inmaduras. Sin embargo, uno de los resultados importantes es que se han reportado todas las categorías de madurez de tiburón blanco en el sitio de estudio.

Tabla 7. Información de las características de talla sexo y madurez de los individuos. La madurez se calculó con los criterios modificados para NWS (*Santana-Morales et al., 2020) de Bruce & Bradford (2012). La columna NA corresponde a los individuos para los cuales se registró talla, sin información de sexo.

TALLA (cm)	MADUREZ	MACHOS	HEMBRAS	NA	TOTAL
106-150*	Recién nacido (NWS)	4	3	4	11
150-175	Nacido del año (YOY)	3	6	0	9
175-300	Juvenil (JWS)	3	3	7	13
300-360 machos; 300-480 hembras	Subadulto (SA)	0	1	3	4
>360 machos; >480 hembras	Adulto (A)	0	2	0	2

i. Sexo

Durante el procesamiento de información sobre los registros de tiburón blanco, obtuvimos datos sobre el sexo del 64% del total de individuos, de los cuales el 40% fueron machos, mientras que 60% fueron hembras. La proporción de sexos registrada fue 1:1.5 (machos y hembras). Aunque se registró una mayor presencia de hembras respecto a los machos, esta proporción de sexos no difiere significativamente de la esperada 1:1 ($X^2 = 1$, g.l =1, $P > 3.841$). En resumen, las hembras fueron más numerosas que los machos, sin embargo, se debe considerar la falta de información en el total de los registros.

ii. Talla

Los resultados arrojaron información de talla para el 100% de los tiburones blancos registrados en el AIC y ZEE-AIC. En general, las mediciones fueron tomadas a cada individuo por diferentes personas de acuerdo con las diferentes fuentes. La mediana de longitud total (LT) fue de 170 cm (sd. ± 108), el límite inferior registrado fue de 106 cm, mientras que el límite superior registrado fue de 650 cm. El intervalo de talla con mayor frecuencia registrada fue de 101 a 200 cm (LT), con el 77% de los individuos, seguido del rango de 201 a 300 cm con un 15% de los individuos. El 8% restante de los individuos presentó tallas mayores a 300 cm. En resumen, las tallas menores a 300 cm de longitud total fueron las más frecuentes (Tabla 8).

Tabla 8. Información de la longitud total registrada los individuos. En las columnas se indican las frecuencias (*f*), frecuencia acumulada (*fa*) y porcentaje acumulado (*c%*).

INTERVALO DE LT (cm)	<i>f</i>	<i>fa</i>	<i>c%</i>
101-200	30	30	76.9230769
201-300	6	36	92.3076923
301-400	1	37	94.8717949
401-500	0	37	94.8717949
501-600	1	38	97.4358974
601-700	1	39	100

iii. Madurez sexual

El total de individuos se clasificó en la categoría correspondiente de madurez sexual. La categoría más frecuente fue Juvenil (JWS; 33%), seguida de Recién nacido (NWS; 28%) y Nacido del año (YOY; 23%). Las categorías con menor frecuencia registrada fueron Subadulto (SA; 10%) y Adulto (A; 5%). En general se registraron individuos en las cinco categorías de madurez sexual. Los tiburones blancos inmaduros, correspondientes a la categoría juvenil y tallas menores, representaron el 85% de los individuos muestreados.

c. VARIABILIDAD TEMPORAL

Encontramos un total de 39 individuos en el AIC en el periodo del 2003-2023. Dos de estos individuos se reportaron en dos años (WS-08 y WS-21). Los años con mayor número de individuos fueron 2023 (15%), 2009, 2013 y 2021 (12%; Tabla 9). De 2003 a 2013 se registraron el 49% de los individuos y de 2014 a 2023 el 51%, con un intervalo de individuos por año fue de uno a seis. La mediana de individuos por año fue de 2.5 (sd. \pm 1.77). Sin embargo, en el lapso de 2003 a 2023 únicamente se obtuvo información para 14 de los 20 años. De acuerdo con el test de normalidad de Shapiro-Wilk, la distribución anual de los individuos es anormal ($W = 0.88015$, $p\text{-value} = 0.05841$). El ajuste lineal refleja una tendencia positiva y la varianza es de 18.73, sin embargo, hay que considerar el tamaño de muestra y los sesgos en el esfuerzo de muestreo (Figura 16).

Tabla 9. Información de la abundancia y abundancia relativa de los individuos por año.

Año	Abundancia	Ab. Relativa (%)
2003	2	4.87804878
2006	1	2.43902439
2007	1	2.43902439
2008	3	7.31707317
2009	5	12.195122
2010	2	4.87804878
2011	1	2.43902439
2013	5	12.195122
2014	1	2.43902439
2018	2	4.87804878
2020	4	9.75609756
2021	5	12.195122
2022	3	7.31707317
2023	6	14.6341463

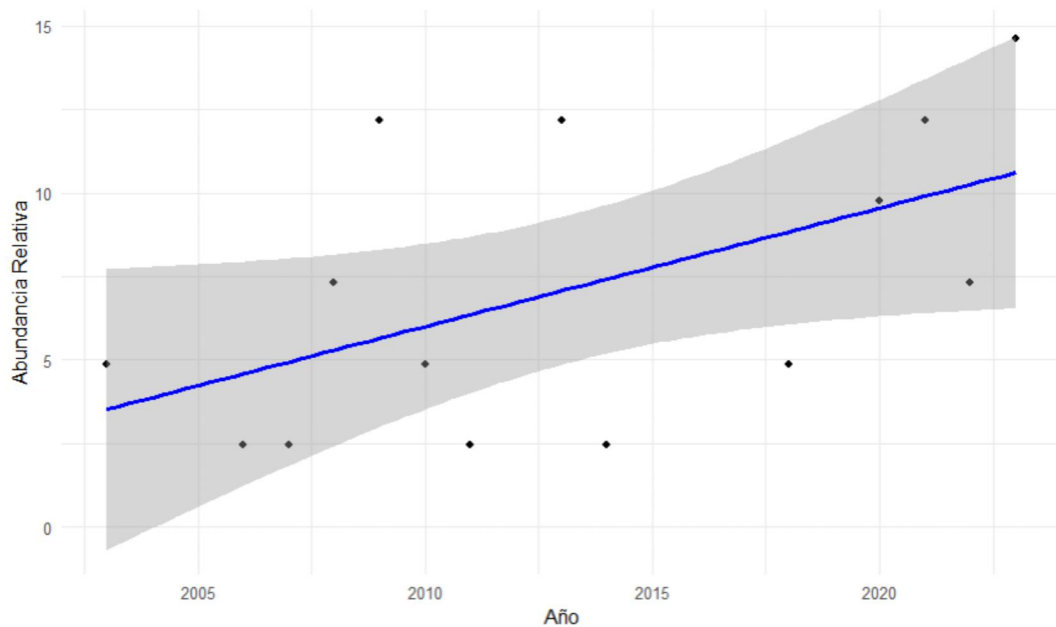


Figura 16. Abundancia relativa del número de individuos en la escala de tiempo año (eje X) con ajuste lineal (azul) con intervalo de confianza del 95% (gris).

En cuanto a la estacionalidad de los registros, se observó el mayor número de individuos en otoño, con un 35%, seguido de invierno con un 24%. Para el verano, los registros representaron el 21%, mientras que en primavera constituyeron el 19%. De acuerdo con el test de normalidad de Shapiro-Wilk, la distribución estacional de los individuos es normal. Dentro del análisis de homogeneidad de varianza utilizando la prueba de Levene, se obtuvo que no hay diferencia significativa ($F = 1.2211$, $3/52$ gL, $p = 0.3113$) entre las estaciones del año.

En cuanto a la presencia estacional de individuos por sexo, durante la primavera, se notó el mayor número de hembras, mientras que en otoño se registró la mayor cantidad de machos (Figura 17). Para las categorías de edad, en verano se registraron todas las categorías, en otoño e invierno se documentaron las tres categorías de tiburones inmaduros, mientras que en primavera únicamente se registraron juveniles (JWS) y nacidos del año (YOY). Las dos categorías que estuvieron presentes en todas las estaciones fueron juveniles (JWS) y nacidos del año (YOY; Figura 18). Los recién nacidos se registraron en todas las estaciones, excepto en primavera. Además, las categorías de adultos y subadultos solo estuvieron presentes en verano.

Abundancia estacional por categoría de sexo para los registros de Tiburón Blanco

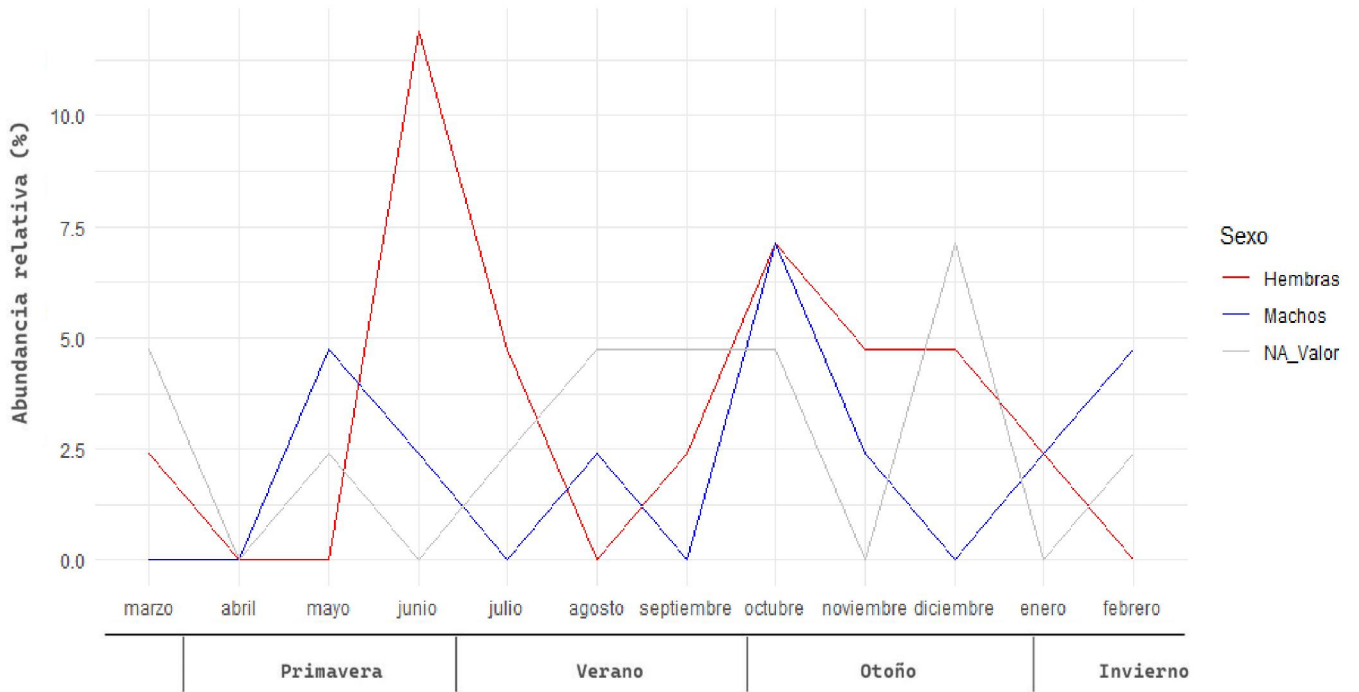


Figura 17. Abundancia relativa estacional del total de individuos por categorías de sexo.

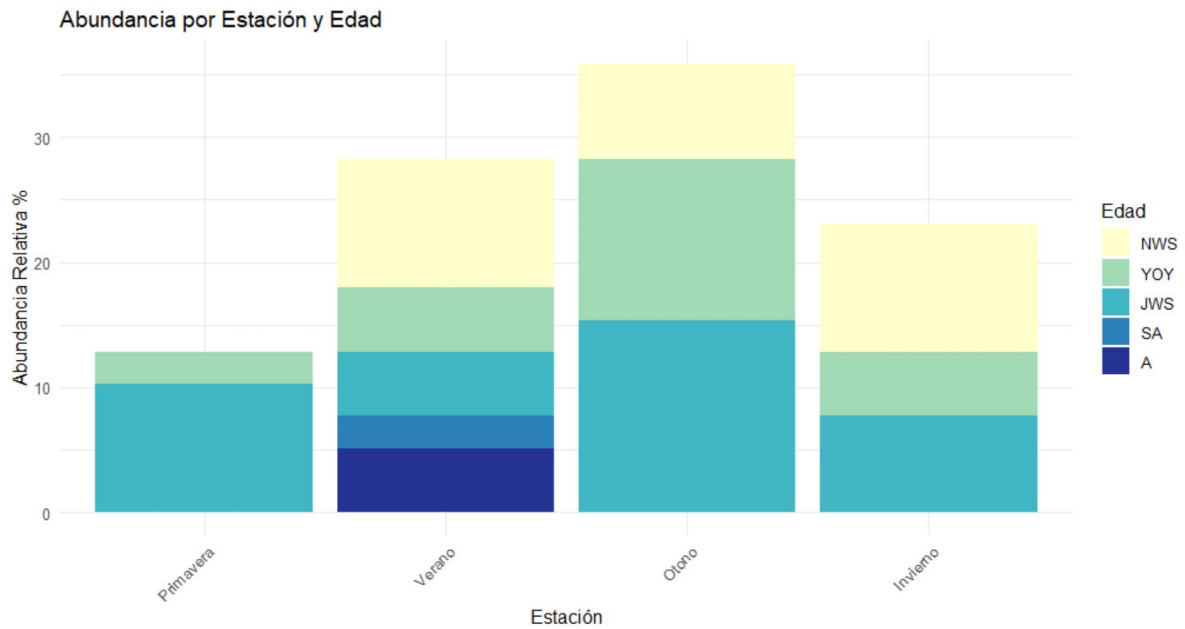


Figura 18. Abundancia relativa de individuos en cada estación por clasificación de madurez.

d. USO DE HÁBITAT

i. Alimentación

En total, durante la revisión bibliográfica y censos *in situ* se obtuvo información de la presencia de 2 especies de invertebrados, 18 especies de osteíctios, 6 elasmobranquios, y 11 especies de mamíferos marinos considerados presas de tiburón blanco por diversos autores (Anexo 1). Durante los censos submarinos se registraron dos invertebrados mencionados como presas de tiburón blanco: *Octopus bimaculatus* y *Octopus rubescens* (Hussey, et al., 2012).

Para osteíctios se obtuvo registro de 18 especies de osteíctios clasificados en siete órdenes y 14 familias taxonómicas consideradas presas de tiburón blanco (Klimley, 1985; Weng, et al., 2007a; Hussey, et al., 2011; García-Rodríguez, et al., 2021). Durante los censos *in situ* se contabilizaron once especies de osteíctios. En general, las especies más abundantes fueron *Caulolatilus princeps*, *Paralabrax clathratus* y *Paralichthys californicus* y se registró mayor número de individuos en la Isla Norte. Únicamente dos de las especies estuvieron presentes en todas las islas (Figura 19): *Caulolatilus princeps* y *Paralabrax clathratus*. En la isla norte se registraron siete especies, de las cuales en la porción protegida las más abundantes fueron *Paralabrax clathratus*, *Caulolatilus princeps* y *Paralichthys californicus*. En las Islas Coronado central y Pilón de azúcar se registraron cuatro especies, de las cuales la más abundante en las porciones protegida y expuesta fue *Paralabrax clathratus*. En la Isla Coronado Sur se registraron seis especies de osteíctios, en la zona protegida las especies más abundantes fueron *Caulolatilus princeps*, *Paralichthys californicus* y *Scomber japonicus*.

Para elasmobranquios, se registraron seis especies consideradas presas de tiburón blanco (Klimley, 1985; Oñate, et al., 2017; Weng, et al., 2007), dos de ellas tiburones y cuatro rayas. En cuanto a los tiburones, se recopiló información de un tiburón peregrino *Cetorhinus maximus* capturado de manera incidental y registrado en una publicación (CICESE, 2010). Durante el tiempo de operación de los receptores acústicos se registró la presencia en la Isla Coronado Sur de dos individuos *Galeorhinus galeus*, uno con el transmisor acústico A69-9001-63051 y el segundo con el transmisor A69-9001-24587. Ambos individuos fueron marcados en 2013 por

Presencia de presas (osteíctios)

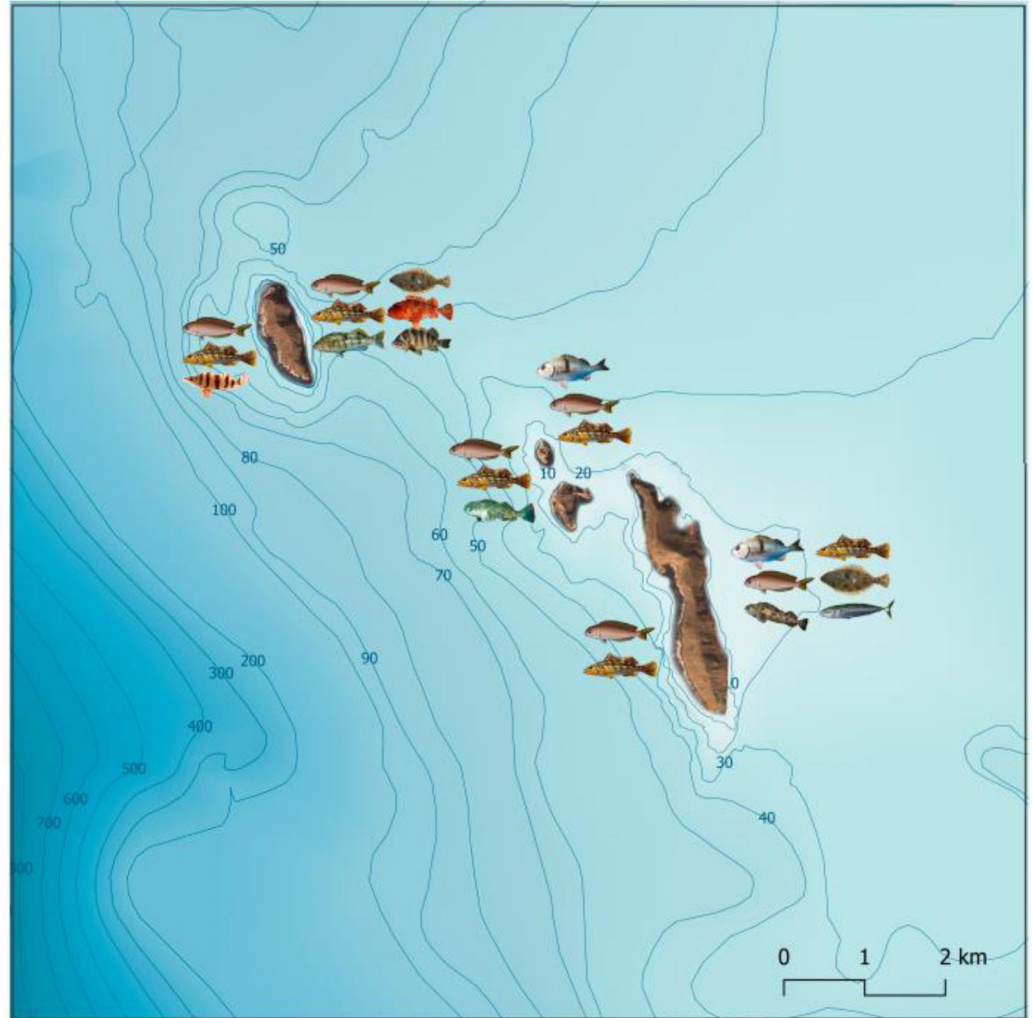
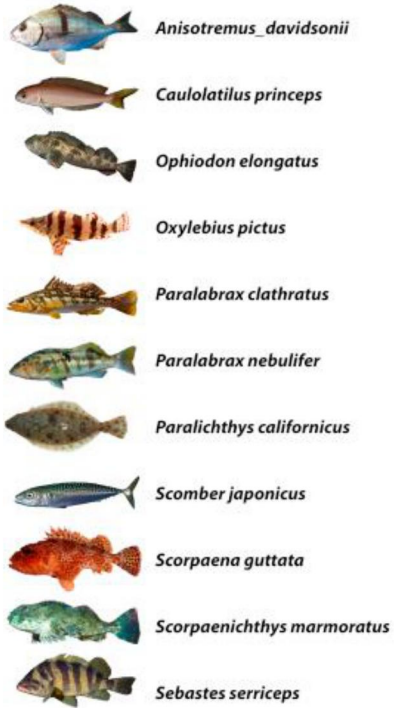


Figura 19. Especies de osteíctios que son considerados presas potenciales de tiburón blanco, registradas durante los censos in situ.

el equipo del Dr. Andy Nosal de *Point Loma Nazarene University* (San Diego, E.U.A; com.pers. Emily Spurgeon). Las rayas identificadas fueron *Raja inornata*, *Squatina californica*, *Urobatis halleri* y *Zapteryx exasperata*.

En cuanto a mamíferos marinos, se obtuvo información de la presencia en Islas Coronado de once especies pertenecientes a los órdenes Cetartiodactyla y Carnivora, clasificados en seis familias taxonómicas. Los registros corresponden a los delfines *Delphinus delphis*, *Grampus griseus* y *Tursiops truncatus*, las ballenas

Balaenoptera musculus, *Balaenoptera physalus*, *Eschrichtius robustus*, *Megaptera novaeangliae* y *Physeter macrocephalus* (CONANP, ND). Además, se obtuvo registro de los pinnípedos *Mirounga angustirostris*, *Phoca vitulina richardii* y *Zalophus californianus*, cuyas poblaciones se encuentran presentes en las Islas Coronado principalmente en verano e invierno (Arias, 2011). Es importante destacar que la alimentación de los tiburones blancos a través de pinnípedos se realiza mediante la predación, mientras que en el caso de odontocetos y misticetos, se lleva a cabo a través del consumo de restos cadavéricos (Compagno, et al., 1977).

ii. Reproducción

En cuanto a la información relacionada con características reproductivas de la especie, no se obtuvo información o algún indicio de actividad reproductiva de tiburón blanco en el AIC. En la categoría #1 de abundancia de adultos, únicamente se registraron dos individuos. En la segunda categoría 2) agregación de adultos de diferente sexo, no se registraron agregaciones de adultos ni individuos adultos en el mismo espacio-tiempo. En la categoría 3) registro de hembras embarazadas, no se encontró evidencia de gravidez en los individuos, sin embargo, los dos adultos documentados fueron hembras adultas.

iii. Condiciones físicas

En el AIC en el periodo comprendido entre 2003-2023 se registró el promedio de la temperatura superficial del mar en 17°C. Mientras que los registros de tiburón blanco en la zona se realizaron durante un intervalo de temperatura entre 14.4-22.32°C, con un valor promedio de 17.97°C, y el intervalo más amplio para recién nacidos (14.4°C a 22.32°C). En cuanto a batimetría, en el AIC la profundidad máxima del polígono es de 1,190 m y en el polígono ZEE-IC de 2,398 m. Del total

de la información de tiburón blanco, las ubicaciones geográficas de los sitios de registro de 39 tiburones tuvieron la profundidad máxima con valores entre 18 m y 1,954 m, con promedio en 619 m, con el intervalo más amplio para juveniles (20m a 1954m). Finalmente, el sustrato más abundante en el AIC fue el de roca >1m con relieve de 11 cm a 1 m. Sin embargo, el 90% del total de detecciones de tiburón blanco en los receptores acústicos ocurrieron en sustrato de tipo arenoso.

Temperatura

En el AIC de 2003 a 2023 se registraron temperaturas (TSM) entre 13.67 y 24.54 °C, con un promedio de 17 °C. Los meses con las temperaturas más altas (mayor a 21°C) son julio, agosto y septiembre (Figura 20). Los años con las temperaturas más bajas registrados fueron 2010 y 2011, mientras que el año en que se registró la TSM más elevada fue 2018. En general de 2003 a 2013 se observaron temperaturas mensuales más bajas del promedio, mientras que de 2014 a 2022 se observan principalmente temperaturas más elevadas que el promedio (Figura 21).

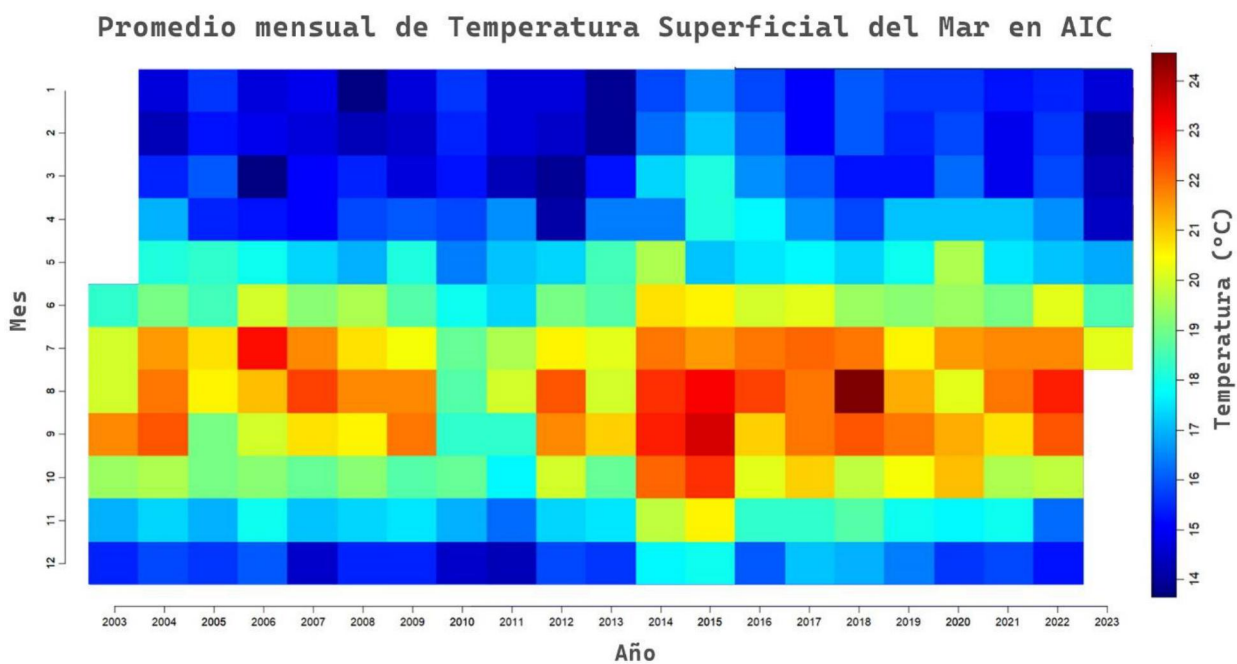


Figura 20. Promedio mensual de Temperatura superficial del Mar en el punto central del AIC de 2003 a 2023.

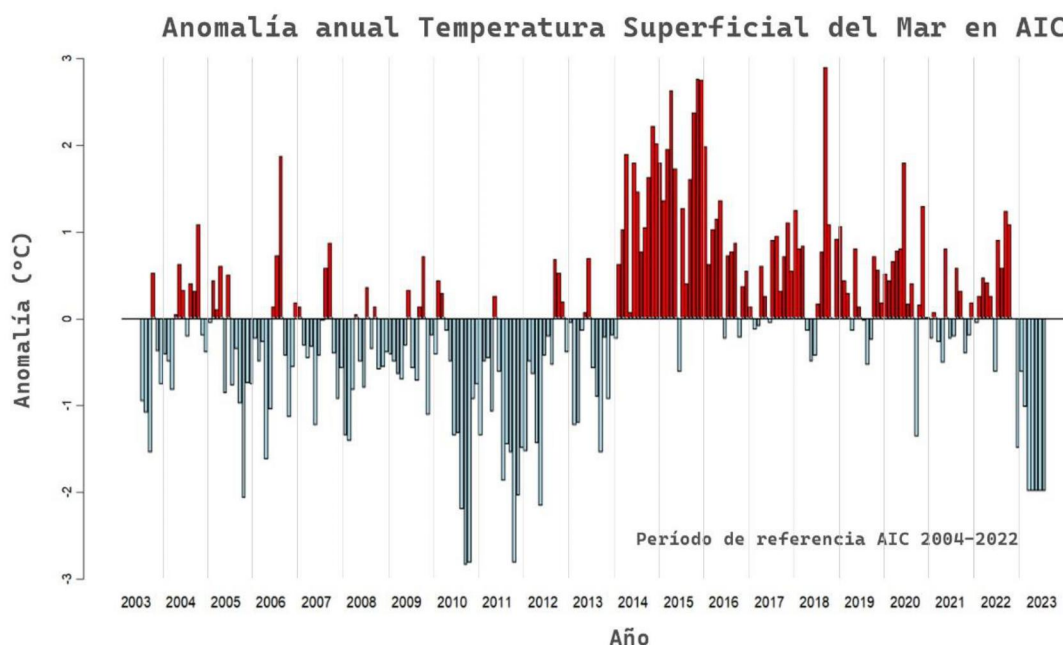


Figura 21. Anomalía de Temperatura superficial del Mar en el AIC de junio de 2003 a 2023.

En cuanto a la TSM correspondiente a los registros de tiburón blanco se obtuvieron valores entre 14.40°C y 22.32°C, con un valor promedio de 17.97°C (Figura 22). La temperatura más baja se registró en febrero de 2008 y la más alta en diciembre de 2022. Para las categorías de madurez, el rango más amplio de temperatura fue para NWS, con temperaturas de 14.40°C a 22.32°C, y promedio en 18.67°C (Figura 23). Para YOY, el rango fue de 15.50°C a 19.71°C, con promedio de 17.78°C. Para juveniles (JWS) la temperatura registrada mínima fue 15.45°C a 21°C, con promedio de 17.94°C. Para Subadultos los valores fueron de 16°C a 21°C con promedio de 18.13°C, mientras que para Adultos se registraron dos valores con un promedio de 18.64°C.

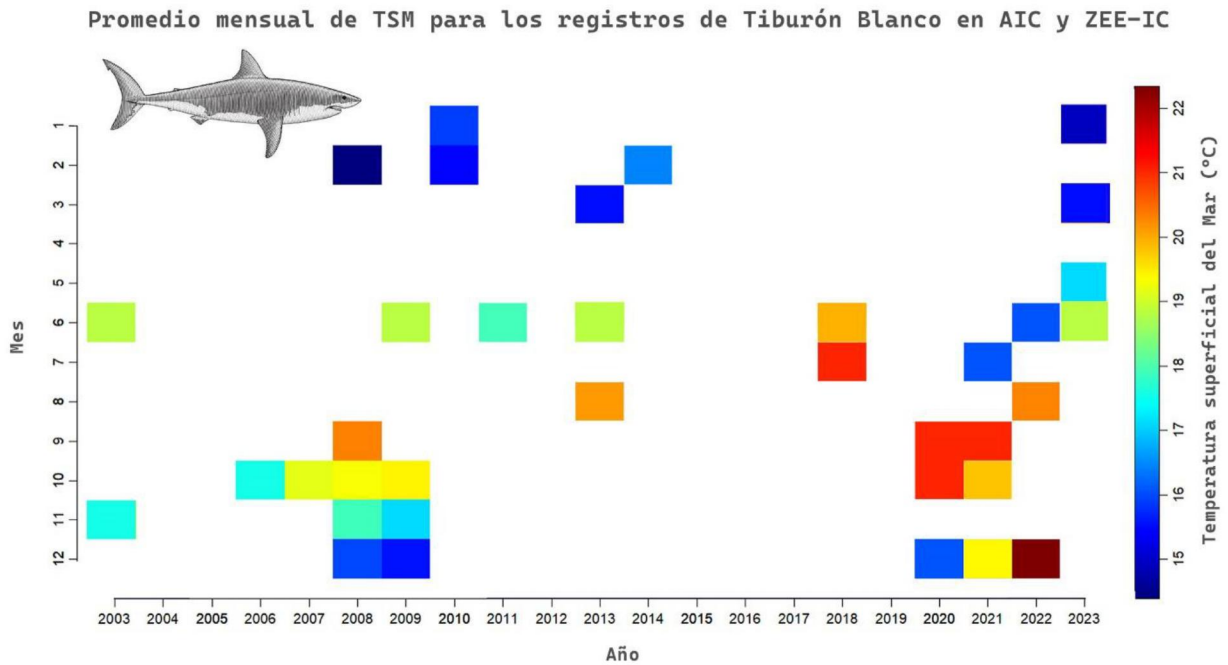


Figura 22. Promedio mensual de Temperatura Superficial del Mar (TSM) para los registros de tiburón blanco de 2003 a 2023 en el AIC y ZEE-IC.

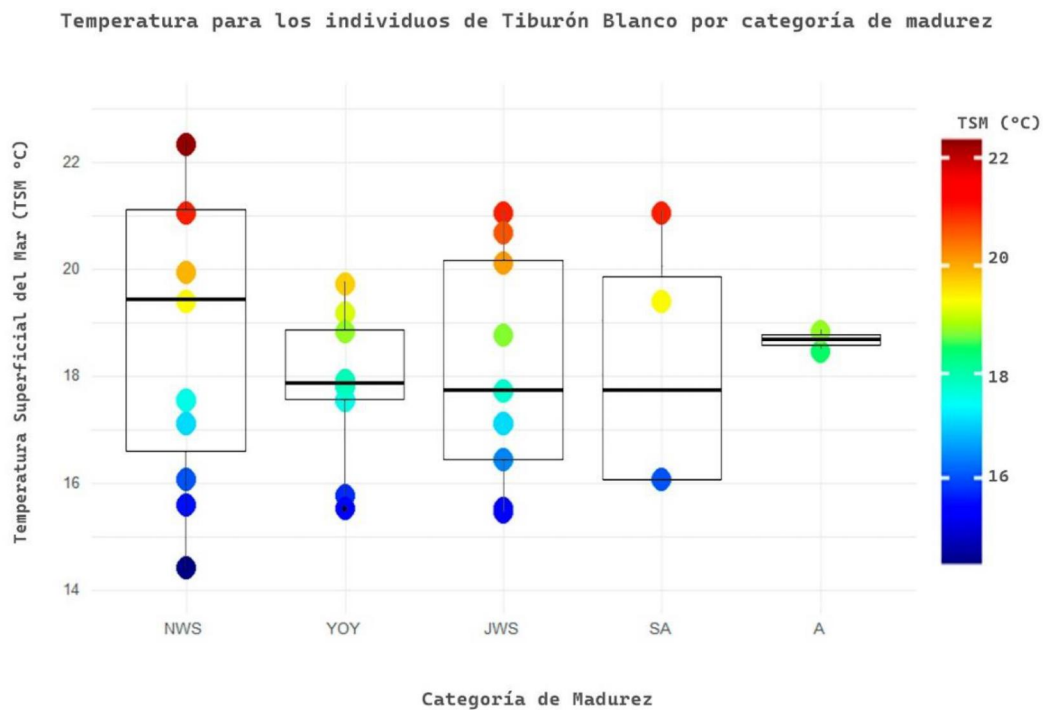


Figura 23. Rangos de Temperatura Superficial del Mar (TSM) para los registros de tiburón blanco de 2003 a 2023 clasificados por categoría de madurez.

Batimetría

De acuerdo con la batimetría extraída de GEBCO, en el AIC la profundidad máxima registrada es 1190 m y en el polígono ZEE-IC la profundidad máxima es 2398 m (Figura 24). Las Islas Coronado son consideradas islas costeras que se encuentran en una zona de transición de crestas y valles submarinos bordeados por el Cañón de Coronado y el Escarpe Coronado, lo que hace que la profundidad de su zona marina fluctúe desde 0 hasta 1200 m de profundidad (Lamb, 1974).

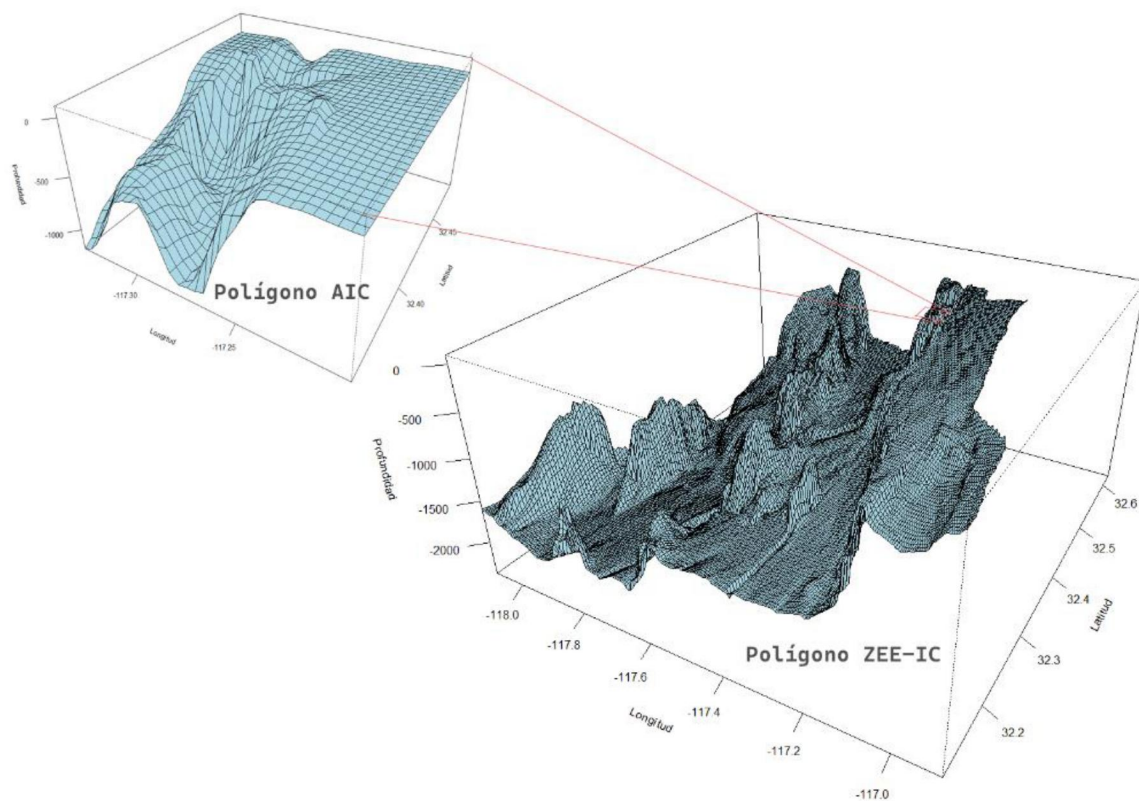


Figura 24. Batimetría del AIC y polígono ZEE-IC.

De los 549 registros de los 39 tiburones blancos obtenidos por las tres fuentes de información, se obtuvo la profundidad máxima de la ubicación geográfica. Se obtuvieron valores de profundidad entre 18 m y 1954 m, con promedio en 619 m (Tabla). Para el 33% de la información los valores de profundidad máxima van de 0 a 50 m de profundidad, el cual es el intervalo de profundidad que corresponde con la pesca artesanal. Sin embargo, hay que considerar que, en el caso de los registros

provenientes de interacciones con la pesca, los límites del área de registro de captura incidental no superan los 30 metros de profundidad.

El intervalo de profundidad de 50 m a 200 m (límite de la zona epipelágica) aportó el 14% de los registros (Tabla 10). El intervalo correspondiente a la zona mesopelágica (201m a 1000m) registró el 12% de los registros. Finalmente, el mayor número de registros se encontró en ubicaciones geográficas con profundidades máximas entre 1001m a 2000m (zona batipelágica). La profundidad máxima de los registros en el AIC fue 1160 metros, con un promedio de 120 metros. La profundidad máxima en el ZEE-IC fue 1954 m y la profundidad promedio de 787 metros.

Tabla 10. Intervalos de profundidad máxima en metros de los sitios de registros de tiburón blanco en el AIC y ZEE-IC. En las columnas se indican las frecuencias (*f*), frecuencia acumulada (*fa*) y porcentaje acumulado (*c%*).

INTERVALO PROFUNDIDAD (m)	<i>f</i>	<i>fa</i>	<i>c%</i>
0 a 50	183	183	33.2727273
51 a 200	79	262	47.6363636
201 a 1000	70	334	60.7272727
1001 a 2000	218	552	100.363636

Para las categorías de madurez, los recién nacidos (NWS) se registraron en zonas con profundidades de 20 a 1925 metros, con valor promedio de 136 metros (Figura 25). Los nacidos del año (YOY) se registraron en sitios con profundidad de 18 a 1890 metros, con promedio de 558 metros. La categoría juvenil se registró de 20 a 1954 metros, con promedio de 1089 metros. Los subadultos se registraron entre 20 y 29 m de profundidad y adultos en el rango de 27 a 33 metros. En resumen, para los juveniles se observó un rango de profundidad más amplia que para las demás categorías y el promedio de profundidad más elevado.

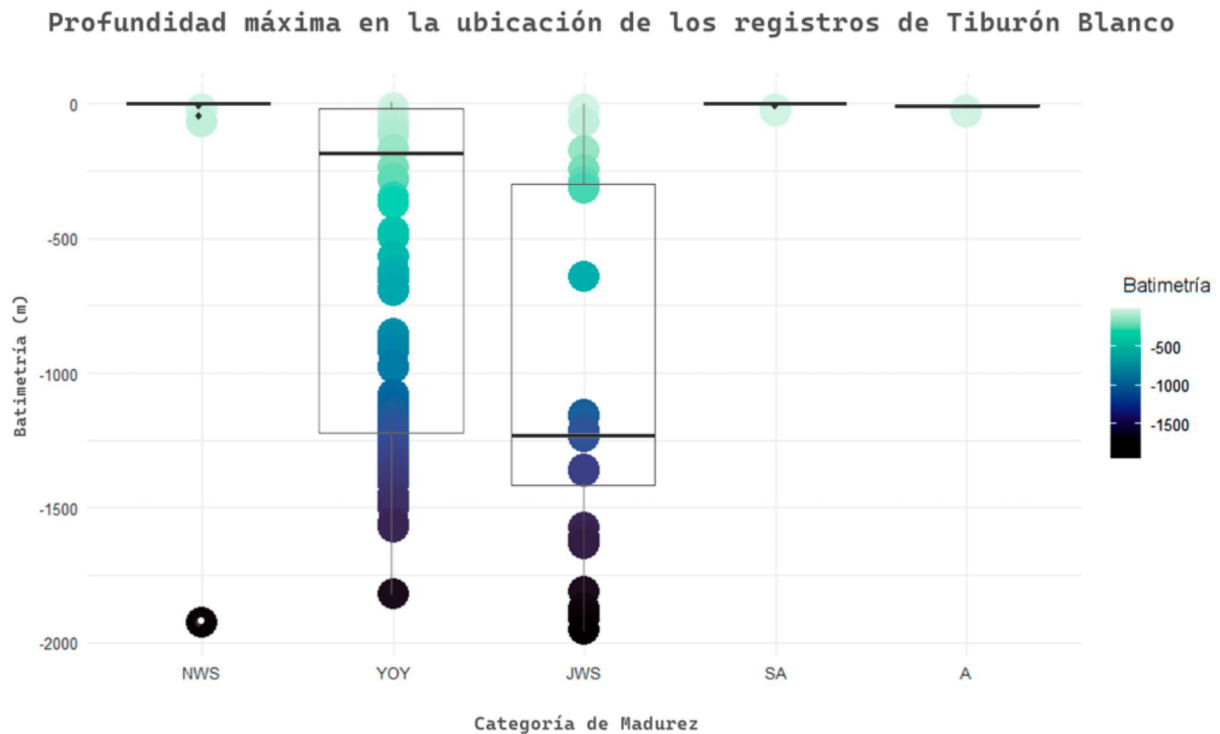


Figura 25. Profundidad máxima de los sitios de registro de tiburón blanco en el AIC y polígono ZEE-IC por categoría de madurez.

Sustrato

El sustrato más abundante registrado durante el total de censos fue Roca >1m (Bedrock; 51%), seguido de Roca 10cm > 1m (Boulder;31%), las categorías de Roca >10cm (Cobble) y arena (Sand) fueron las menos abundantes (9% cada una). En general en la zona protegida el sustrato más abundante fueron Roca 10cm > 1m (Boulder;44%) y Roca >1m (Bedrock; 34%). En la zona expuesta el sustrato más abundante fue Roca >1m (Bedrock; 73%). El relieve vertical fue registrado en 4 categorías (a)0 – 10 cm, b)11 cm – 1m, c)1 – 2 m, d)> 2 m). La categoría más abundante fue la categoría b con 54%, seguida de la categoría a, con 28%. En la zona protegida los relieves verticales más frecuentes fueron b) 11 cm – 1m (36%) y a) 0 – 10 cm con 34%. En la zona expuesta el relieve más frecuente fue b) 11 cm – 1m con 70%.

El receptor acústico Norte y el Receptor Bajito fueron instalados en un sitio de sustrato de Roca >1m (*Bedrock*). Los receptores Marina y Punta Sur se instalaron en sustrato arenoso. De los cinco individuos detectados en los receptores acústicos, tres de ellos fueron registrados en sustrato arenoso (Punta Sur) y dos individuos fueron registrados en sustrato Rocoso, uno en Receptor Norte y uno en el Receptor Marina. El 90% de las detecciones de estos individuos se registró en sustrato arenoso.

Tabla 11. Información de los individuos detectados en los receptores acústicos y el sustrato relacionado.

ID	EDAD	SITIO DE MARCAJE	SITIO DE DETECCIÓN	AÑO-MES	SUSTRATO
WS-21	NWS	ZEE-AIC	AIC-Punta Sur	2023-01	Arena
WS-22	SA	Del Mar, California, USA	AIC-Punta Sur	2021-9	Arena
WS-23	SA	Oxnard, California, USA	AIC-Punta Sur	2021-10	Arena
WS-38	NWS	Oxnard, California, USA	AIC-Marina	2023-05	Roca >1m
WS-39	JWS	Torrey Pines, USA	AIC-Norte	2023-07	Roca >1m

5. DISCUSIÓN

Esta investigación proporcionó información relevante sobre la presencia de tiburones blancos en el AIC. Por ejemplo, logramos confirmar la presencia del tiburón blanco en el sitio de estudio, documentamos las características poblacionales de los individuos y su temporalidad. Nuestros resultados proveen respuestas a los primeros cuestionamientos acerca de la importancia del AIC para la especie en el Pacífico Noreste. Además, documentamos características relevantes del AIC que se podrían utilizar para predecir la presencia de este depredador en el área.

a. REGISTROS DE TB EN AIC Y ZEE-IC

Nuestros resultados confirman la presencia del tiburón blanco en el AIC y ZEE-IC con registros en los últimos 20 años. La mayor parte de los registros de tiburón blanco para el sitio de estudio provienen de capturas incidentales, confirmando las observaciones de otros autores en México (Weng, et al., 2007a; Santana-Morales, et al., 2012; Oñate, et al., 2017; Tamburín, et al., 2020; García-Rodríguez, et al., 2020). A diferencia de estudios anteriores, este estudio integra información de diversas fuentes, como los registros bibliográficos, capturas incidentales, y telemetría (acústica y satelital). Hasta donde sabemos, este es el primer estudio enfocado al estudio de tiburones blancos específico para el AIC, el cual es el sitio más reciente en el que se ha reportado a la especie en México.

La información que obtuvimos mediante telemetría satelital confirma el desplazamiento de tiburones blancos desde California (EUA) hacia Baja California (México). Entre la información de telemetría satelital, documentamos que los tiburones blancos permanecieron en el AIC y ZEE-IC en promedio 17 días, con un máximo de 56 días. Además, documentamos el primer registro de “recaptura acústica” de un tiburón blanco marcado con un transmisor acústico en el AIC, que fue detectado cuatro meses después en uno de los receptores acústicos fijos. Esta información sugiere que el ecosistema de las Islas Coronado es un sitio de tránsito entre migraciones.

b. CARACTERÍSTICAS POBLACIONALES

En cuanto a las características poblacionales se obtuvo registro de todas las categorías de edad en el sitio, con la predominancia de hembras inmaduras, sin embargo, no documentamos agregaciones. El registro de todas las categorías de edad es interesante, ya que anteriormente se ha documentado la segregación por edades, relacionadas a sus patrones de movimientos entre sitios de residencia y migración, así como con sus diferencias en alimentación (Kock, et al., 2013). La predominancia de tiburones inmaduros en nuestro sitio de estudio es resultado del muestreo mediante telemetría enfocado en individuos juveniles marcados por el Shark Lab de la Universidad de California, Campus Long Beach. En cuanto al registro únicamente de individuos solitarios hay que considerar los sesgos en el muestreo y detección únicamente de individuos con marcajes que pueden o no ser parte de una asociación o comunidad de juveniles que transitan en grupo (Anderson, et al., 2021).

c. VARIABILIDAD TEMPORAL

En relación con la presencia temporal del tiburón blanco en el lugar de estudio, encontramos registros en años intermitentes y fluctuaciones en la cantidad de individuos identificados anualmente. No obstante, es importante señalar que este estudio el muestreo continuo únicamente comprende un período de dos años. Mientras que en la abundancia estacional encontramos patrones definidos para las categorías de edad. En el sitio de estudio se registraron en promedio de tres tiburones blancos por año, con un mínimo de 1 individuo y un máximo de seis individuos por año. Es importante señalar que durante el verano es cuando se registraron todas las categorías de edad.

Los dos adultos que registramos fueron hembras y se encontraron en verano, esta temporalidad es acorde a los estudios que mencionan (Klimley ,1985; Francis 1996; Dewar, et al., 2004) que en verano las hembras se desplazan hacia al sur de California, sin embargo en nuestro estudio no se registró evidencia de embarazo, a diferencia de lo mencionado por la literatura. Los mismos autores mencionan es

posible que el alumbramiento de tiburones blancos ocurra en verano, lo cual concuerda con el registro del recién nacido encontrado en el sitio de estudio en esa estación (Santana-Morales, et al., 2020). Por otro lado, el mayor número de individuos se documentó en otoño, seguido del verano. Esta información es acorde al modelo de White, et. al. (2019) para quienes los meses ideales en el sitio de estudio para la presencia de tiburón blanco son octubre y julio.

d. USO DE HÁBITAT

En la información relacionada con el uso de hábitat del tiburón blanco en el AIC, se encontró disponibilidad de presas para la especie y no se encontró evidencia de reproducción en el sitio. Se obtuvo información de la temperatura superficial del mar para las categorías de madurez de tiburón blanco. Y en cuanto a las características de batimetría y sustrato del sitio que se describió, se considera que el AIC puede proporcionar distintas fuentes de alimento para los tiburones blancos.

Alimentación

En el AIC encontramos información de tiburones y mamíferos marinos incluyendo colonias reproductivas de pinnípedos, los cuales son considerados presas de tiburones maduros y han sido reportados en el Pacífico (Klimley, 1985; Klimley, 1996; Anderson, et al., 2008, Hoyos et al., 2016). Además, las tres especies de osteíctios más abundantes que son presa de tiburón blanco fueron reportados también por García-Rodríguez et al. (2020) en Bahía Sebastián Vizcaíno, el cual es un sitio importante de agregación de juveniles. Esta información demuestra el potencial del AIC como un área de alimentación tanto para tiburones blancos inmaduros como maduros.

Reproducción

Aunque no se encontró evidencia de actividad reproductiva de tiburón blanco en el AIC, es necesario llevar a cabo una investigación minuciosa en relación con el sitio de alumbramiento. Aunque diversos autores consideran que el nacimiento de los tiburones blancos del NEP ocurre en el sur de la Bahía de California (Southern California Bight), al sur de Punta Concepción en California (Klimley, 1985; Lowe, et

al., 2012), se tienen registros de recién nacidos en México. Anteriormente Cailliet (1985) reportó un tiburón blanco con indicios de alumbramiento reciente encontrado en un sitio no especificado de Baja California en México. Este registro y el registro de Santana, et. al. (2020) aportan información importante de un posible alumbramiento en México, lo cual difiere de la hipótesis del nacimiento de tiburones blancos únicamente en Punta Concepción.

Condiciones físicas

En relación con la temperatura superficial de la mar registrada para cada detección de tiburón blanco, se obtuvo un valor promedio de 18°C. El rango de TSM en nuestro sitio de estudio osciló entre 14.40°C y 22.32°C, siendo muy similar al informado por White, et al. (2019), que abarca desde 14.1°C hasta 26.3°C. La temperatura registrada para los tiburones nacidos del año (YOY; 15.50°C a 19.71°C) constituyó un intervalo más estrecho en comparación con el reportado por Dewar et al. (2004) de 16–22°C. En cuanto a los juveniles, la temperatura varió de 15.45°C a 21°C, mostrando un rango más limitado en comparación con el estudio de Spurgeon et al. (2022), que abarca de 12.1 a 25.2 °C.

Para los adultos, registramos temperaturas de 18.64°C, mientras que Hoyos, et al. (2016) registraron temperaturas para adultos en Isla Guadalupe de 9.2-19.4°C. Aunque los tiburones blancos son una especie endotérmica, según lo señalado por Spurgeon, et. al. (2022), los individuos jóvenes del año (YOY) y los juveniles son más susceptibles a los efectos de la temperatura debido a su falta de masa corporal suficiente. Esto sugiere que pueden depender más de la termorregulación ambiental para mantener una temperatura corporal óptima. Además, las variaciones en la temperatura y la mezcla de las capas de agua pueden desencadenar movimientos migratorios en estos tiburones (Spurgeon, et al., 2020; White, et al., 2019). Asimismo, estos cambios térmicos pueden ejercer influencia sobre la abundancia de ciertas presas, modificando la dinámica trófica en su entorno.

El 39% de la profundidad máxima registrada para las ubicaciones de los tiburones blancos se encontraba entre 1,000-2,000 m. Para las categorías inmaduras, observamos rangos amplios, desde 30 hasta más de 1,900 m. En cuanto a los adultos y subadultos, su intervalo no superó los 30 m de profundidad. Sin embargo,

la información recopilada para estos individuos fue escasa. El intervalo de profundidades varió entre 18-1,954 m, siendo muy similar al rango informado por White et al. (2019; <1 a 2,188 m). El promedio de la profundidad máxima que documentamos (619 m) se aproxima notablemente al intervalo mencionado por Weng, et al. (2008) para el comportamiento de desplazamiento costa afuera (0–644 m). Gran parte de los registros obtenidos se encontraron entre 0-50 metros (33%), coincidiendo con el intervalo de profundidad utilizado en la pesca artesanal. Las aguas dentro del AIC presentan una profundidad que no excede los 50 metros en su zona protegida, la cual se utiliza para pesca artesanal y deportiva.

Por último, el sustrato en el que se registró el mayor número de detecciones de tiburón blanco fue el sustrato arenoso (90%). Anderson, et al., (2021) mencionan la preferencia de los individuos juveniles por las costas arenosas, mientras que Anderson, et al. (2008) indican la preferencia de los individuos adultos por hábitats rocosos, asociados a la presencia de pinnípedos. En este sentido, y considerando que la detección mediante receptores acústicos ocurrió únicamente para juveniles, el mayor número de registros en sustrato arenoso puede estar asociado a la disponibilidad de presas en este hábitat para individuos inmaduros como son los peces óseos, rayas, e incluso invertebrados.

6. CONCLUSIONES

Esta es la primera caracterización de la población de tiburones blancos en el AIC. La información recopilada de diferentes fuentes de información sugiere que esta zona puede ser un sitio de tránsito para todas las categorías de edad. Dadas las características de este ecosistema, es un lugar con potencial de alimentación, tanto para tiburones blancos maduros como inmaduros. Aunque no se registraron agregaciones, los tiburones detectados mediante telemetría permanecieron hasta 56 días en las zonas AIC y ZEE-IC. Esto sugiere que estas áreas pueden ser sitios de residencia temporal. El primer registro de recaptura de un individuo juvenil es uno de los logros más importantes de este estudio, ya que evidenció el retorno de este individuo, pese a su enmalle. Dada la superposición en la ocupación de áreas por parte de los tiburones blancos, considerando su alimentación de especies objetivo de la pesca artesanal y los sitios aprovechados por pesca artesanal dentro del AIC, es necesario fortalecer las medidas de manejo e incentivar las liberaciones con vida.

Finalmente, entre los logros de este proyecto, establecimos la cooperación binacional con investigadores de EUA y extendimos el monitoreo de tiburón blanco dentro de dos polígonos más de la RB-IPPBC. Sin embargo, aún es necesario cuantificar las capturas incidentales y garantizar la supervivencia de esta especie protegida a nivel nacional. En este sentido, este trabajo es un gran paso de colaboración entre investigadores, pescadores y autoridades, no obstante, la recomendación es ampliar a nivel nacional este protocolo de monitoreo para fortalecer las medidas de conservación de la especie.

7. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado bajo la beca de posgrado CONACYT. Se llevó a cabo con el permiso de la Dirección de Vida Silvestre mediante el oficio No.

SGPA/DGVS/07927/21 y la no objeción de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Reserva de La Biosfera Islas del Pacífico de la Península de Baja California, Oficio Núm.-F00.DRPBCPN.RBIPPBC.-026/2022 Expediente SIRCA: F00.1.DRPBCPN.00026/2021.

La información se obtuvo con la colaboración y financiamiento del Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza (FMCN) a través del proyecto "Conservación del ecosistema marino del Archipiélago Coronado mediante la observación de grandes peces óseos y elasmobranquios" con clave M2101015. Uno de los objetivos prioritarios de este proyecto fue proporcionar a la autoridad correspondiente la información necesaria para el manejo de la Reserva. Agradezco al *Shark Lab* de la Universidad de California, Campus Long Beach, por la donación de receptores acústicos e información sobre los individuos detectados. También a Pelagios Kakunjá por el financiamiento y la donación de un receptor acústico y marcas acústicas.

A Omar Santana Morales por la gestión de recursos. Además, agradezco a todos los voluntarios por su apoyo en la recolección de datos en campo: Daniel Díaz Guzmán, Julio Lorda Solórzano, Luis Malpica Cruz, Rodrigo Beas Luna, Ainoa Vitalta Navas, Alejandro Castillo Heredia, Alfonso Ferreira, Cassandra Guerrero, Celia Barce, Daniela Amador y Jeremy Bauer. Finalmente, un agradecimiento especial a la Unidad de Producción Pesquera Pescadores Ribereños de Baja California S.P.R. de R.L. por su valiosa cooperación y la información proporcionada durante el desarrollo de este trabajo.

8. ANEXOS

ANEXO 1. SITIOS DE INSTALACIÓN DE LOS RECEPTORES ACÚSTICOS EN EL AIC

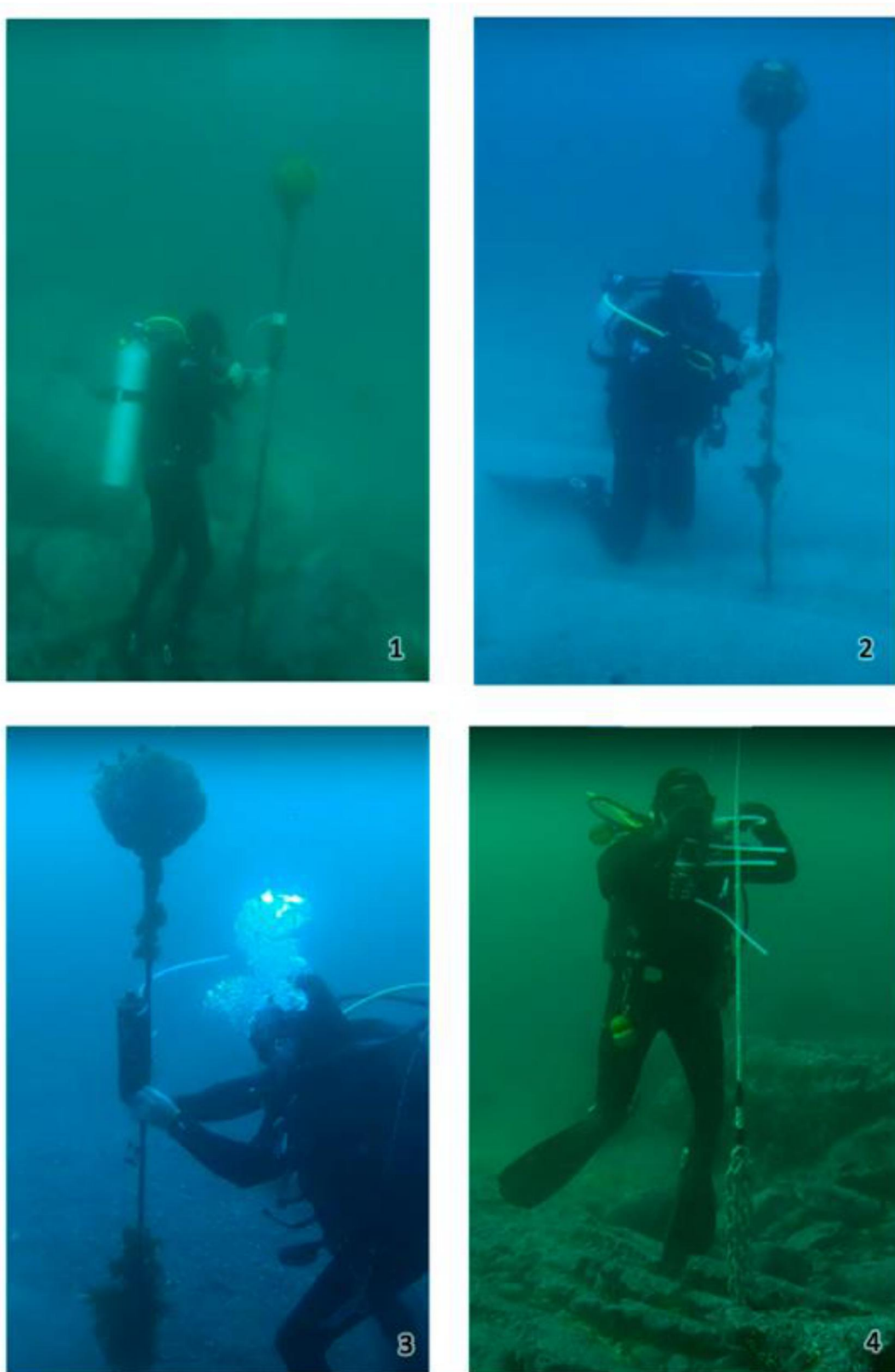


Figura 1. Sitios de instalación de los receptores acústicos en el Archipiélago Islas Coronado. 1) Receptor Norte, 2) Receptor Marina, 3) Receptor Punta Sur, 4) Receptor Bajito.

ANEXO 2. TABLAS DE INFORMACIÓN DE LA UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS MUESTREOS IN SITU

Tabla 3. Sitios de censos submarinos de osteóctios en el Archipiélago Islas Coronado. La latitud y longitud se encuentran en grados decimales.

Fecha	Sitio	Sitio_ID	Zona	Latitud	Longitud	Profundidad (m)
01/09/2021	C_norte_profundo	M1	Protegido	32.43547	-117.29399	18
01/09/2021	C_norte_somero	M2	Protegido	32.43528	-117.2943	8
01/09/2021	C_marina_medio	M3	Protegido	32.41544	-117.24378	13
01/09/2021	C_marina_somero	M4	Protegido	32.41511	-117.24391	7
01/09/2021	C_sur_somero	M5	Protegido	32.39161	-117.23944	6
11/03/2022	C_norte_expuesto	M6	Expuesto	32.43835	-117.30042	15
11/03/2022	C_central_expuesto	M7	Expuesto	32.41543	-117.2593	10
11/03/2022	C_sur_expuesto	M8	Expuesto	32.39603	-117.24529	7
22/06/2022	C_norte_2	M9	Protegido	32.44213	-117.297004	11
22/06/2022	C_marina_2	M10	Protegido	32.41073	-117.24213	4
22/06/2022	C_sur_2	M11	Protegido	32.38025	-117.237616	10
21/10/2022	C_norte_expuesto	M12	Expuesto	32.43387	-117.29742	14
21/10/2022	C_pilon	M13	Expuesto	32.42367	-117.2634	8
21/10/2022	C_sur_expuesto	M14	Expuesto	32.40778	-117.24662	12

Tabla 4. Información de los sitios de muestreo BRUVS en el Archipiélago Islas Coronado. La latitud y longitud se encuentran en grados decimales.

Fecha	Sitio	Sitio_ID	Zona	Tipo	Latitud	Longitud	Profundidad (m)	Tiempo de grabación (min)
13/11/2021	C_norte	B1	Protegido	Pelágico	32.43547	-117.29399	10	70
13/11/2021	C_marina	B2	Protegido	Pelágico	32.41544	-117.24378	10	60
13/11/2021	C_sur	B3	Protegido	Pelágico	32.39161	-117.23944	9	50
22/06/2022	C_marina_2	B4	Protegido	Bentónico	32.426	-117.26249	20	60
22/06/2022	C_sur_2	B5	Protegido	Pelágico	32.41073	-117.24213	8	70
05/08/2022	C_norte	B6	Protegido	Bentónico	32.43547	-117.29399	19	30
05/08/2022	C_marina	B7	Protegido	Bentónico	32.41544	-117.24378	17	30
05/08/2022	C_sur	B8	Protegido	Bentónico	32.39161	-117.23944	14	50
21/10/2022	C_norte_2	B9	Expuesto	Bentónico	32.4387	-117.29742	20	30
21/10/2022	C_marina_3	B10	Expuesto	Bentónico	32.41073	-117.24213	18	30
21/10/2022	C_sur_3	B11	Expuesto	Bentónico	32.40778	-117.24662	20	20

ANEXO 3. EVIDENCIA FOTOGRÁFICA DE LOS REGISTROS DE CAPTURAS INCIDENTALES

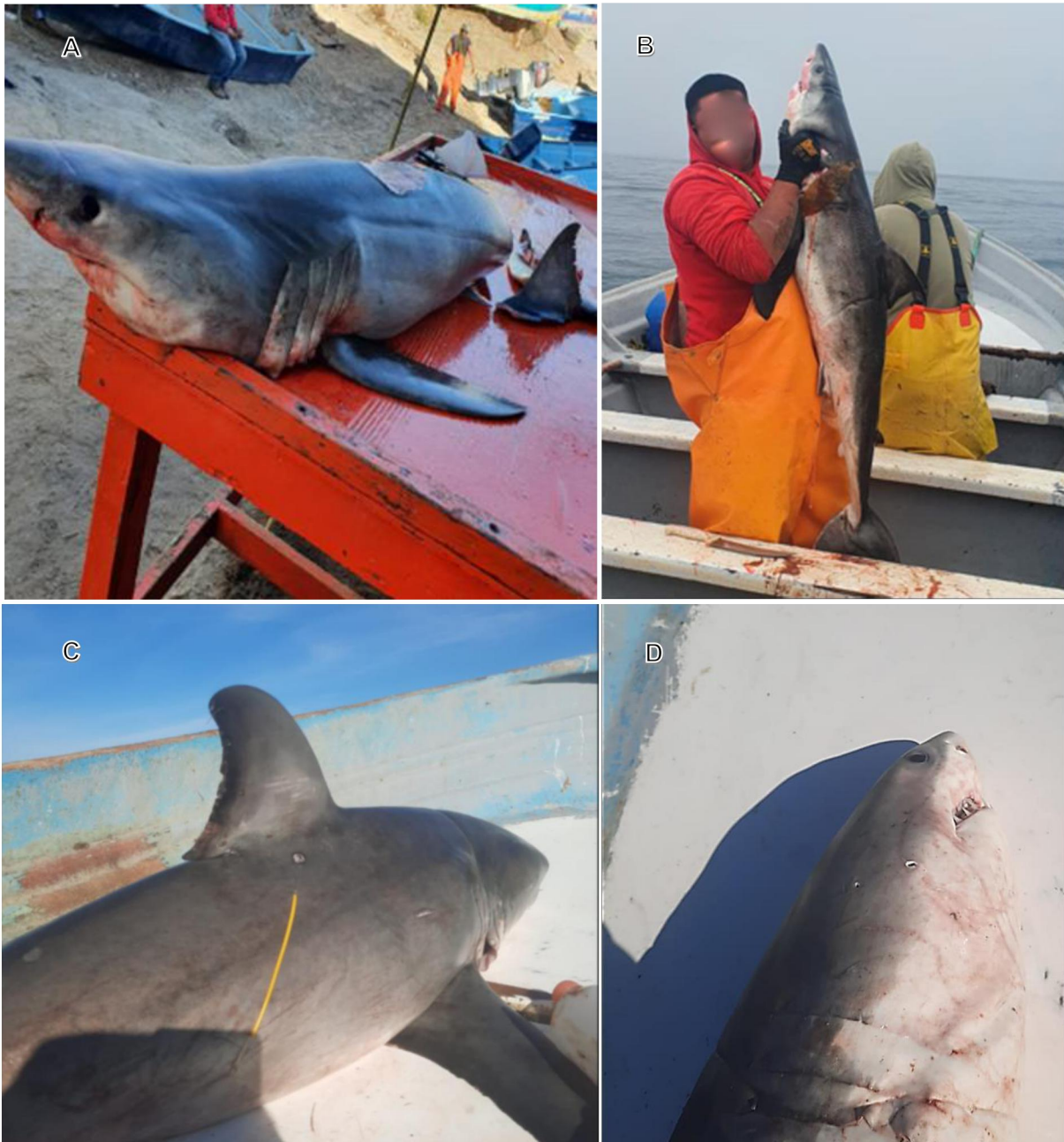


Figura 4. Registro fotográfico de capturas incidentales en el Archipiélago Islas Coronado
A) WS-13 Tiburón blanco (aprox. 140 LT) registrado en Popotla, municipio Playas de Rosarito, Baja California, diciembre 2021 (Fuente: Pescador local).
B) WS-14 Tiburón blanco (aprox. 140 LT) registrado en el Archipiélago Islas Coronado, Baja California, junio 2022 (Fuente: Pescador local).
C) & D) WS-33 Tiburón blanco (aprox. 120 LT) con marca acústica interna, registrado en el Archipiélago Islas Coronado, Baja California, diciembre 2022 (Fuente: Pescador local).



Figura 5. WS-16 Tiburón blanco hembra (aprox. 140 LT) registrado en el Archipiélago Islas Coronado, Baja California, octubre 2020 (Fuente: Pescador local).

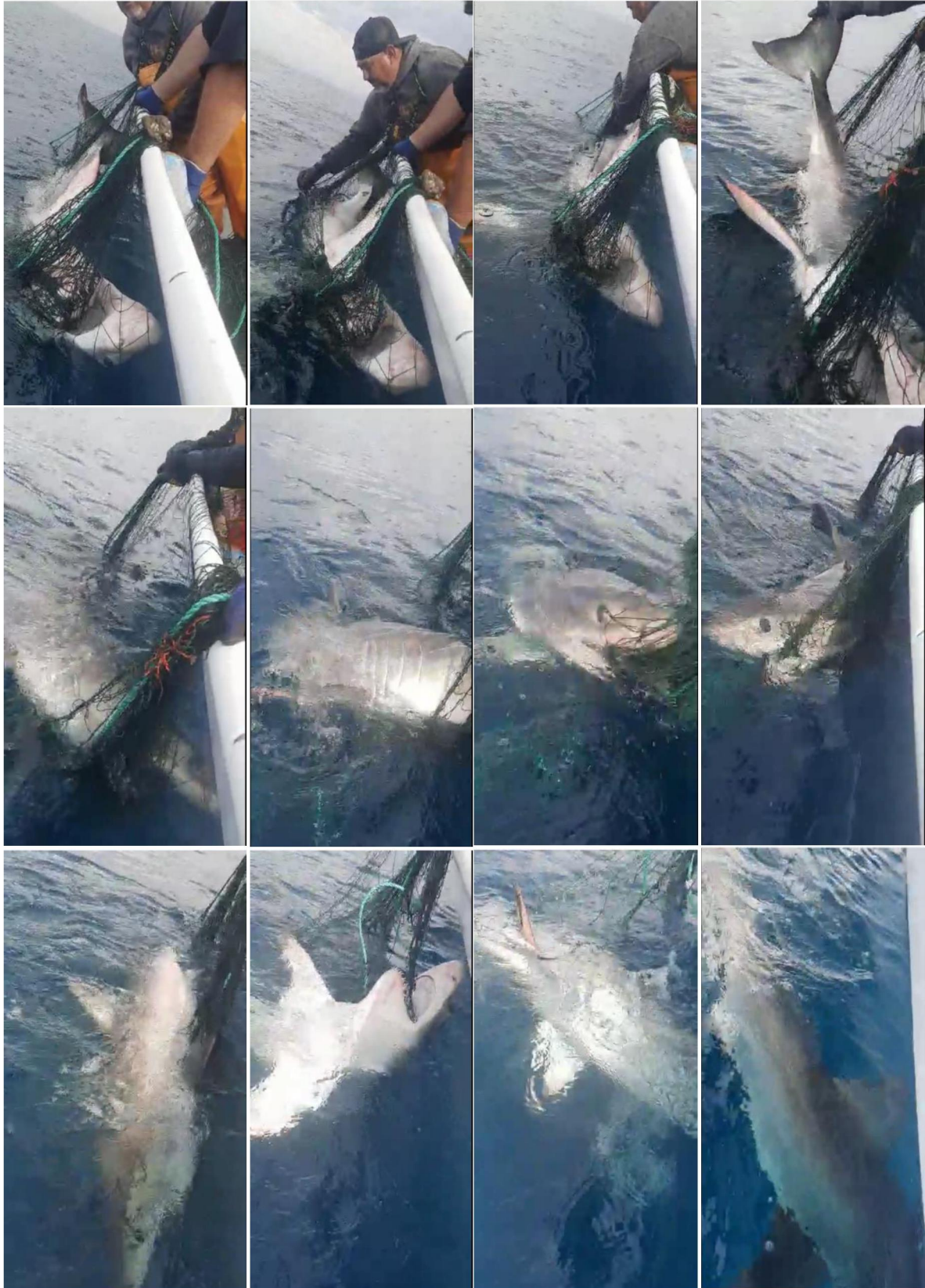


Figura 6. WS-19 Tiburón blanco macho (aprox. 250 LT) registrado en el Archipiélago Islas Coronado, Baja California, octubre 2021 (Fuente: Pescador local).

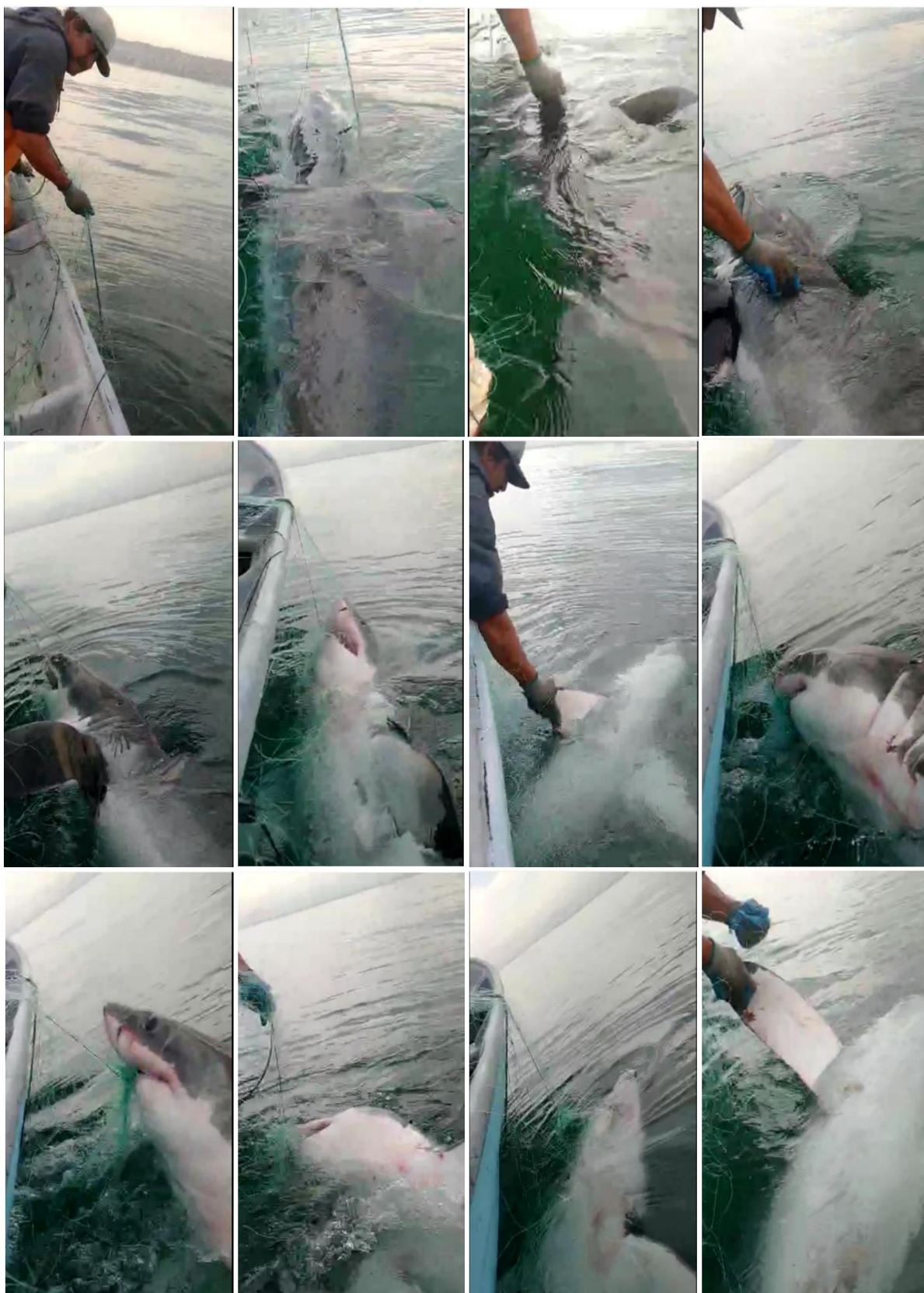


Figura 7. WS-20 Tiburón blanco hembra (aprox. 350 LT) registrado en ZEE-IC, Baja California, julio 2021 (Fuente: Pescador local).

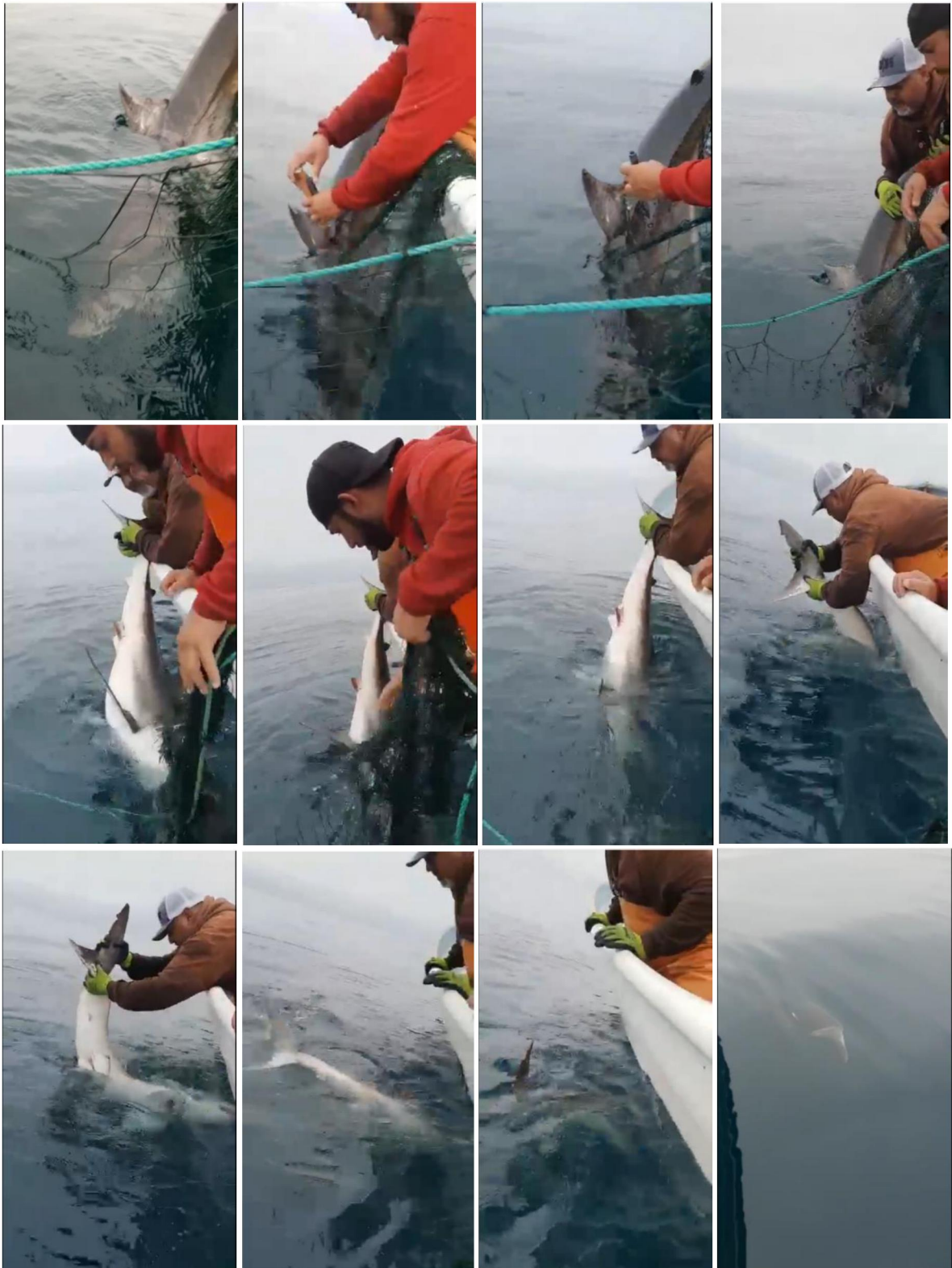


Figura 8. WS-21 Tiburón blanco macho marcado en este estudio con el transmisor acústico VEMCO ID-11301/1247196 (aprox. 125 LT) capturado incidentalmente en ZEE-IC, Baja California, agosto 2022 (Fuente: Pescador local).

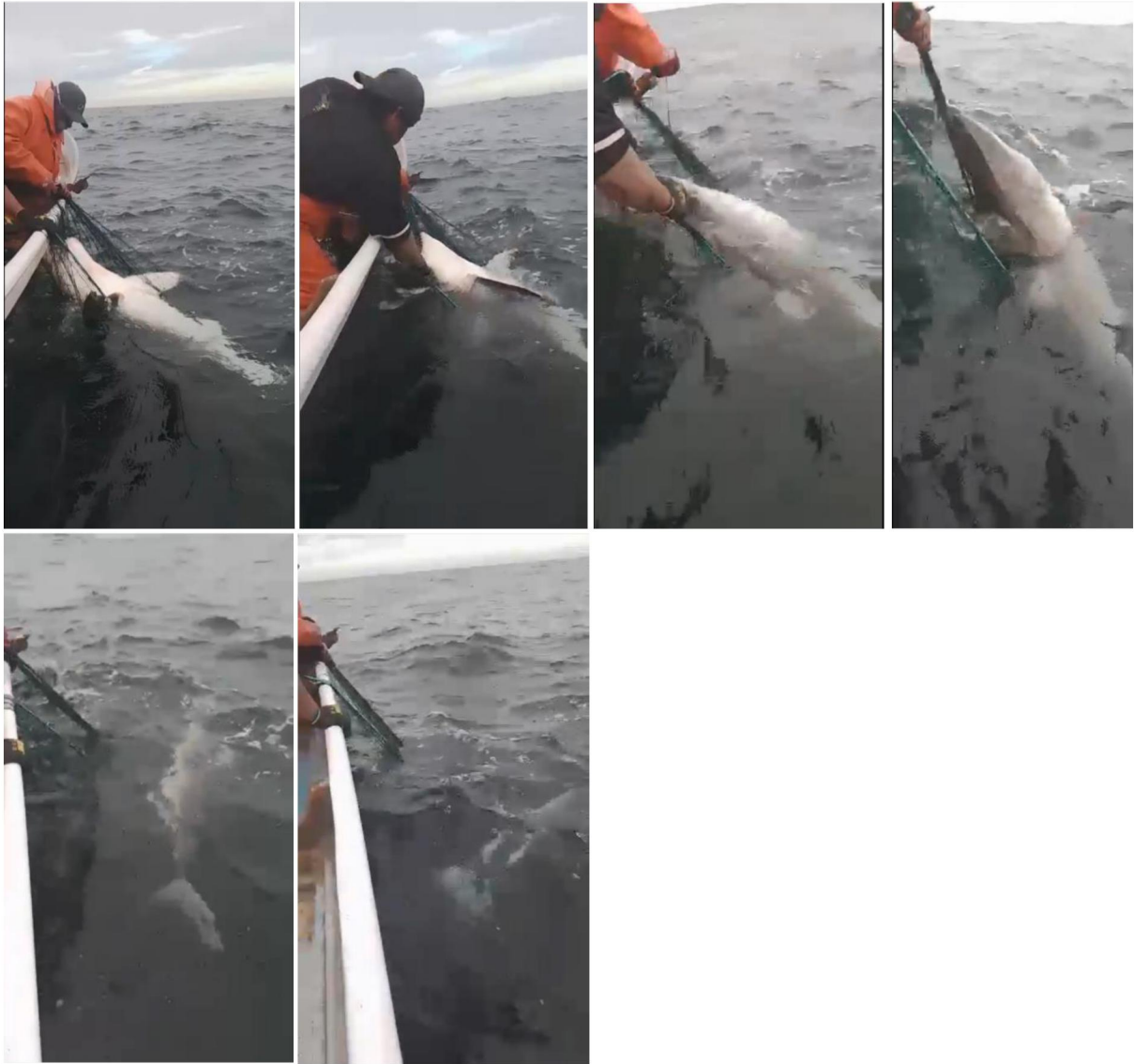


Figura 9. WS-34 Tiburón blanco hembra (aprox. 150 LT) registrado en el AIC, Baja California, abril 2023.



Figura 10. WS-36 Tiburón blanco macho (aprox. 195 LT) registrado en ZEE-IC, Baja California, mayo 2023 (Fuente: Pescador local).

ANEXO 4. REGISTROS DE TELEMETRÍA SATELITAL Y TRAYECTORIA ESPECIFICA PARA LOS POLÍGONOS DE ESTE ESTUDIO

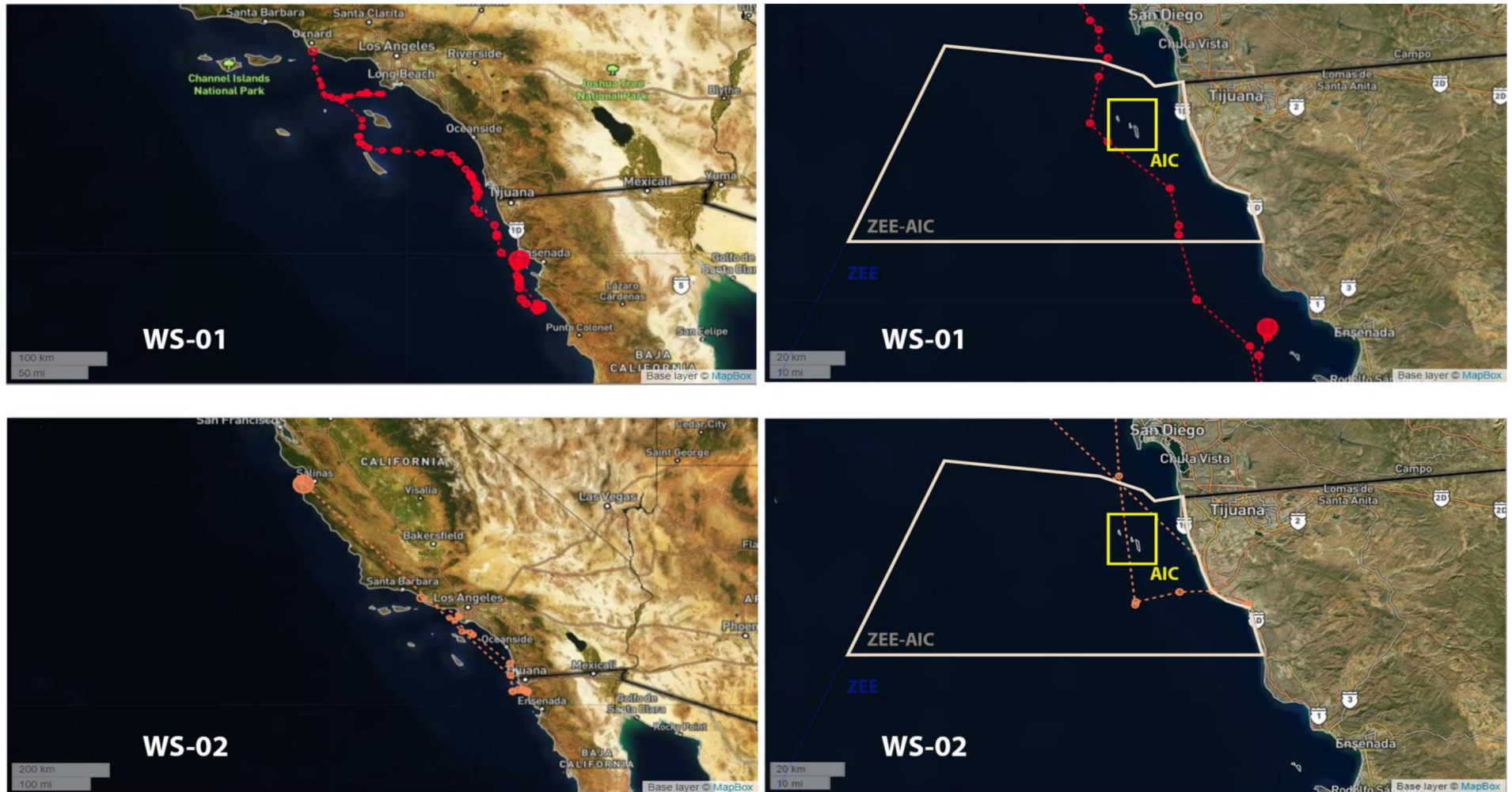


Figura 11. Trayectoria total y específica para el área de estudio de los tiburones WS-01 y WS-02. Modificado de: "Project White Shark". El recuadro amarillo señala el área del AIC y el recuadro beige indica la extensión del ZEE-IC.

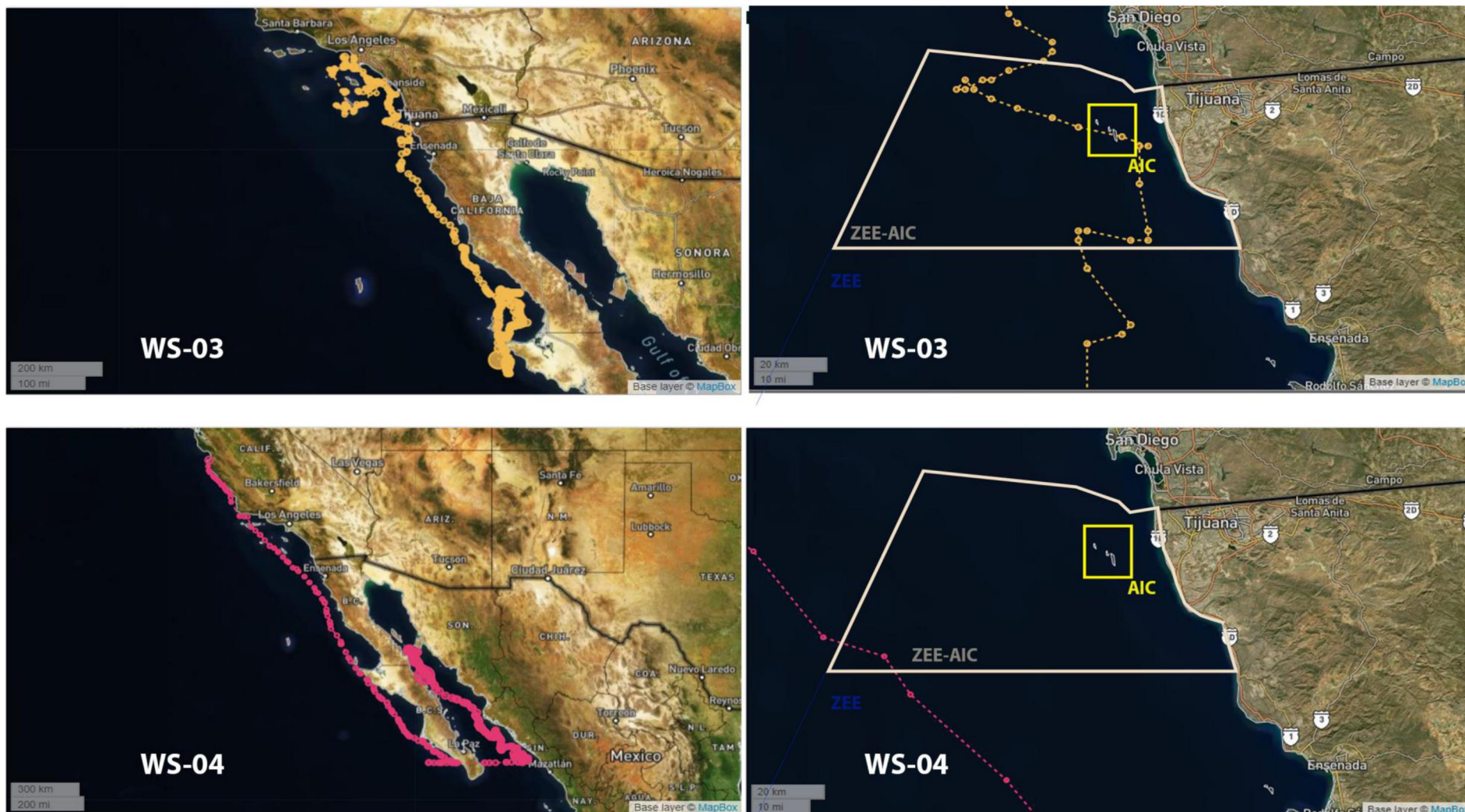


Figura 12. Trayectoria total y específica para el área de estudio de los tiburones WS-03 y WS-04. Modificado de: "Project White Shark". El recuadro amarillo señala el área del AIC y el recuadro beige indica la extensión del ZEE-IC.

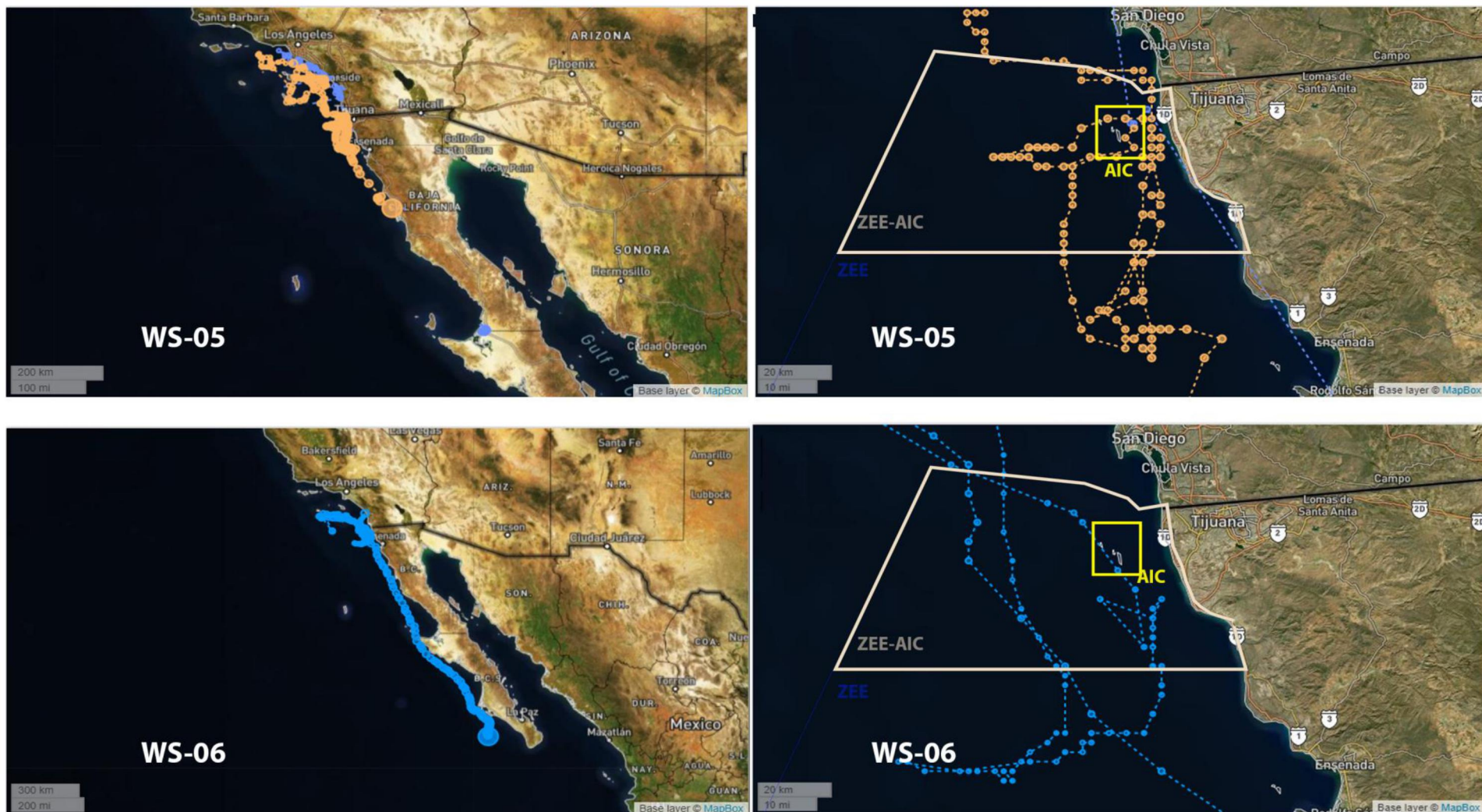


Figura 13. Trayectoria total y específica para el área de estudio de los tiburones WS-05 y WS-06. Modificado de: "Project White Shark". El recuadro amarillo señala el área del AIC y el recuadro beige indica la extensión del ZEE-IC.

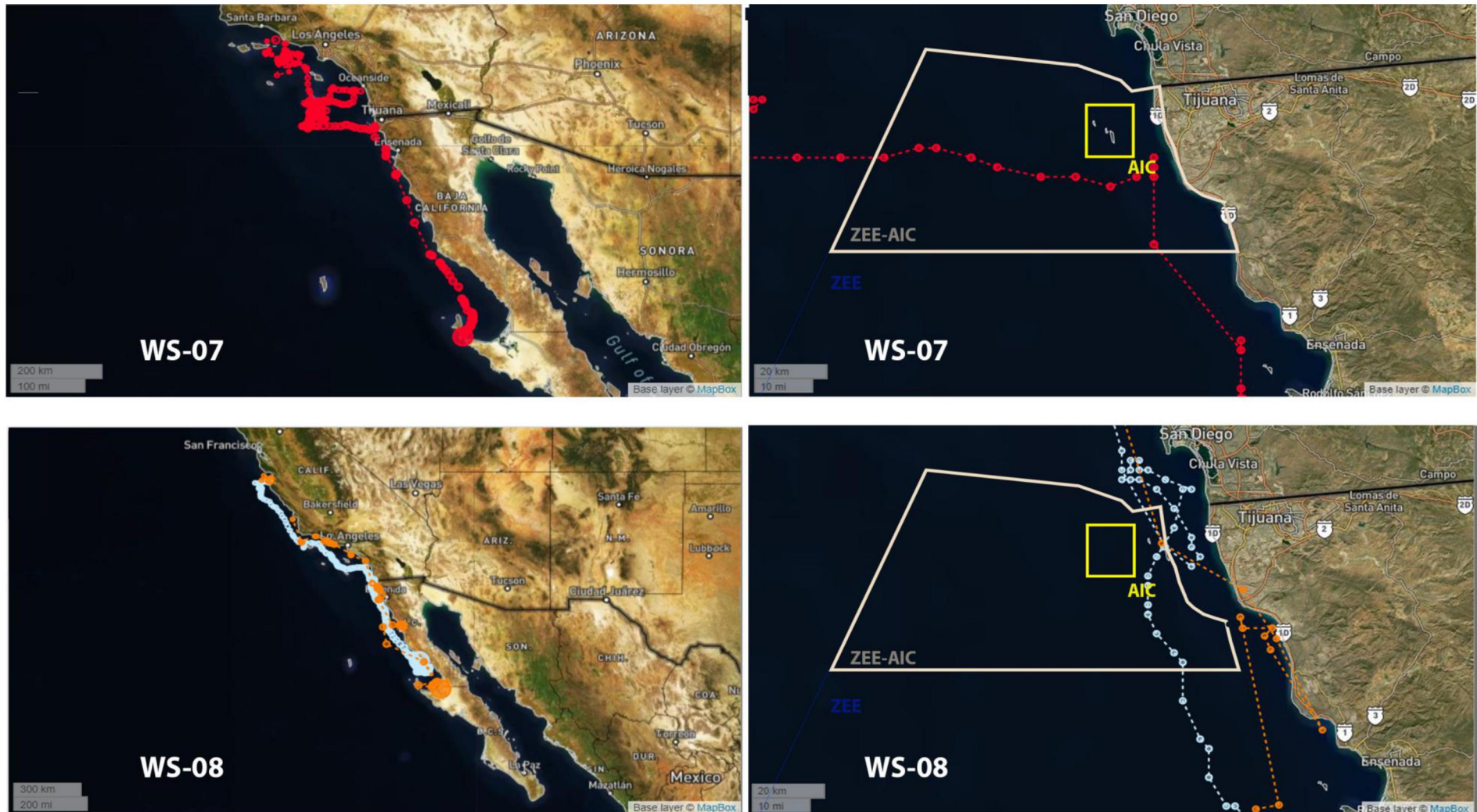


Figura 14. Trayectoria total y específica para el área de estudio de los tiburones WS-07 y WS-08. Modificado de: "Project White Shark". El recuadro amarillo señala el área del AIC y el recuadro beige indica la extensión del ZEE-IC.

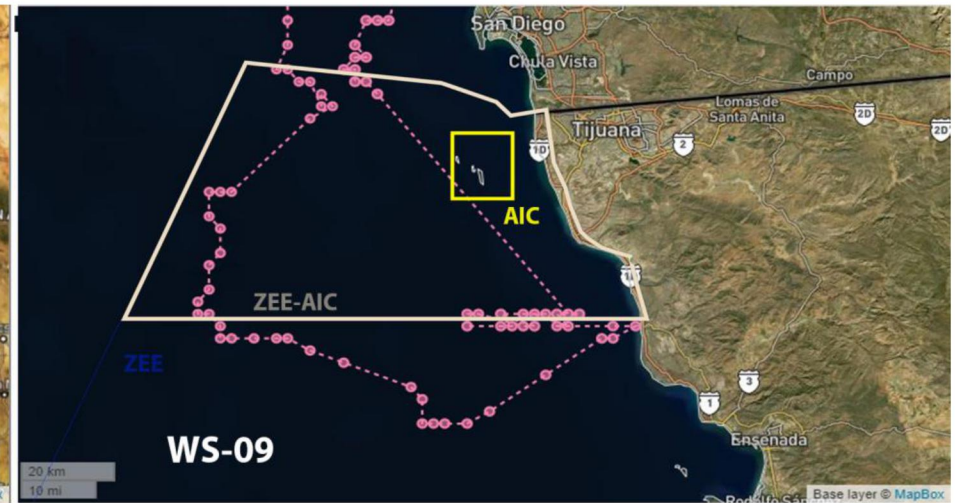


Figura 15. Trayectoria total y específica para el área de estudio de los tiburones WS-09 y WS-10. Modificado de: "Project White Shark".

ANEXO 5. LISTA TAXONÓMICA DE ESPECIES QUE SON PRESAS POTENCIALES DEL TIBURÓN BLANCO PRESENTES EN EL ARCHIPIÉLAGO ISLAS CORONADO

	CATEGORIA IUCN	FUENTE
PHYLUM MOLLUSCA		
CLASE CEPHALOPODA		
Orden Octopoda		
Familia Octopodidae		
<i>Octopus bimaculatus</i> Verrill, 1883	Least Concern (LC)	+
<i>Octopus rubescens</i> Berry, 1953	No evaluado	*
PHYLUM CHORDATA		
CLASE TELEOSTEI		
Orden Eupercaria		
Familia Haemulidae		
<i>Anisotremus davidsonii</i> Steindachner, 1876	Least Concern (LC)	+
Familia Latilidae		
<i>Caulolatilus princeps</i> Jenyns, 1840	Least Concern (LC)	+°
Familia Sciaenidae		
<i>Cynoscion parvipinnis</i> Ayres, 1861	Data deficient	+
Orden Perciformes		
Familia Hexagrammidae		
<i>Ophiodon elongatus</i> Girard, 1854	No evaluado	+
Familia Zaniolepididae		
<i>Oxylebius pictus</i> Gill, 1862	Least Concern (LC)	+°
Familia Serranidae		
<i>Paralabrax clathratus</i> Girard, 1854	Least Concern (LC)	+°
<i>Paralabrax nebulifer</i> Girard, 1854	Least Concern (LC)	+
Orden Pleuronectiformes		
Familia Paralichthyidae		
<i>Paralichthys californicus</i> Ayres, 1859	Least Concern (LC)	+
Orden Clupeiformes		
Familia Alosidae		
<i>Sardinops sagax</i> Jenyns, 1842	Least Concern (LC)	+
Orden Scombriformes		
Familia Scombridae		
<i>Scomber japonicus</i> Houttuyn, 1782	Least Concern (LC)	+
Familia Scorpaenidae		
<i>Scorpaena guttata</i> Girard, 1854	Data deficient	+°
Familia Jordaniidae		
<i>Scorpaenichthys marmoratus</i> Ayres, 1854	No evaluado	+°
Familia Sebastidae		

	<i>Sebastes caurinus</i> Richardson, 1844	No evaluado	+
	<i>Sebastes melanops</i> Girard, 1856	No evaluado	+
	<i>Sebastes miniatus</i> Jordan & Gilbert, 1880	No evaluado	+
Orden Carangiformes			
Familia Carangidae			
	<i>Seriola lalandi</i> Valenciennes, 1833	Least Concern (LC)	+
Orden Carangaria			
Familia Sphyrænidae			
	<i>Sphyræna argentea</i> Girard, 1854	Least Concern (LC)	+
Orden Carangiformes			
Familia Carangidae			
	<i>Trachurus symmetricus</i> Ayres, 1855	Least Concern (LC)	°
CLASE ELASMOBRANCHII			
Orden Lamniformes			
Familia Cetorhinidae			
	<i>Cetorhinus maximus</i> Gunnerus, 1765	Endangered (EN)	^
Orden Carcharhiniformes			
Familia Triakidae			
	<i>Galeorhinus galeus</i> Linnaeus, 1758	Critically Endangered (CR)	+
Orden Rajiformes			
Familia Rajidae			
	<i>Raja inornata</i> Jordan & Gilbert, 1881	Least Concern (LC)	+
Orden Squatiniformes			
Familia Squatinidae			
	<i>Squatina californica</i> Ayres, 1859	Near Threatened (NT)	+
Orden Myliobatiformes			
Familia Urotrygonidae			
	<i>Urobatis halleri</i> Cooper, 1863	Least Concern (LC)	+
Orden Rhinoprístiformes			
Familia Trygonorrhinidae			
	<i>Zapteryx exasperata</i> Jordan & Gilbert, 1880	Data deficient	+
CLASE MAMMALIA			
Orden Cetartiodactyla			
Familia Balaenopteridae			
	<i>Balaenoptera musculus</i> Linnaeus, 1758	Endangered (EN)	^
	<i>Balaenoptera physalus</i> Linnaeus, 1758	Vulnerable (VU)	^

<i>Megaptera novaeangliae</i> Borowski, 1781	Least Concern (LC)	^
Familia Delphinidae		
<i>Delphinus delphis</i> Linnaeus, 1758	Least Concern (LC)	^
<i>Grampus griseus</i> Cuvier, 1812	Least Concern (LC)	^
<i>Tursiops truncatus</i> Montagu, 1821	Least Concern (LC)	^
Familia Eschrichtiidae		
<i>Eschrichtius robustus</i> Lilljeborg, 1861	Least Concern (LC)	^
Familia Physteridae		
<i>Physeter macrocephalus</i> Linnaeus, 1758	Vulnerable (VU)	^
Orden Carnivora		
Familia Otariidae		
<i>Zalophus californianus</i> Lesson, 1828	Least Concern (LC)	^
Familia Phocidae		
<i>Mirounga angustirostris</i> Gill, 1866	Least Concern (LC)	^
<i>Phoca vitulina richardii</i> Gray, 1864	Least Concern (LC)	^

Fuentes: * Orell, et. al. 2023; + Muestreos de este estudio; °Pondella, et al., 2005; ^ CONANP-SEMARNAT, 2023 .

9. REFERENCIAS

- Anderson, S. D., Becker, B. H., & Allen, S. G. (2008). Observations and prey of white sharks, *Carcharodon carcharias*, at Point Reyes National Seashore: 1982 - 2004. *California Fish and Game*, 94(1), 33–43.
- Anderson, J. M., Burns, E. S., Meese, E. N., Farrugia, T. J., Stirling, B. S., White, C. F., et al. (2021). Interannual nearshore habitat use of young of the year white sharks off Southern California. *Front. Mar. Sci.* 8:645142. doi: 10.3389/fmars.2021.645142
- Alderete-Macal, M. J., Caraveo-Patiño, J., & Hoyos-Padilla, E. M. (2020). Ontogenetic differences in muscle fatty acid profile of white sharks *Carcharodon carcharias* off Guadalupe Island, México. *Revista de biología marina y oceanografía*, 55(1), 37-46.
- Beas-Luna, R., Micheli, F., Woodson, C. B., Carr, M., Malone, D., Torre, J., Boch, C., Caselle, J. E., Edwards, M., Freiwald, J., Hamilton, S. L., Hernandez, A., Konar, B., Kroeker, K. J., Lorda, J., Montaña-Moctezuma, G., & Torres-Moye, G. (2020). Geographic variation in responses of kelp forest communities of the California Current to recent climatic changes. *Global Change Biology*, 26(11), 6457–6473. <https://doi.org/10.1111/gcb.15273>
- Bonfil, R., Meýer, M., Scholl, M. C., Johnson, R., O'Brien, S., Oosthuizen, H., Swanson, S., Kotze, D., & Paterson, M. (2005). Transoceanic migration, spatial dynamics, and population linkages of white sharks. *Science*, 310(5745), 100–103. <https://doi.org/10.1126/science.1114898>
- Bowlin, M. S., Bisson, I. A., Shamoun-Baranes, J., Reichard, J. D., Sapir, N., Marra, P. P., et al. (2010). Grand challenges in migration biology. *Integr. Comp. Biol.* 50, 261–279. doi: 10.1093/icb/icq013
- Bruce, B. D., & Bradford, R. W. (2012). - Habitat Use and Spatial Dynamics of Juvenile White Sharks, *Carcharodon carcharias*, in Eastern Australia. Global Perspectives on the Biology and Life History of the White Shark, 250–279.
- Bruce, B. D. (2005). *Site fidelity, residence times and home range patterns of white sharks around pinniped colonies : final report*. CSIRO Marine Research.
- Cailliet, G.M., L.J. Natanson, B.A. Welden & D.A. Ebert. (1985). Preliminary studies on the age and growth of the white shark, *Carcharodon carcharias*, using vertebral bands. *Mem. South. Calif. Acad. Sci.*, 9: 49-60.
- Cartamil, D. P., Sepulveda, C. A., Wegner, N. C., Aalbers, S. A., Baquero, A., & Graham, J. B. (2011). Archival tagging of subadult and adult common thresher sharks (*Alopias vulpinus*) off the coast of southern California. *Marine Biology*, 158(4), 935–944. <https://doi.org/10.1007/s00227-010-1620-4>

- Charles-Darwin Foundation. (2023). *Schematic representation of the differences between pelagic and benthic BRUVs*. Infographic by: Daniel Unda / CDF.
<https://www.darwinfoundation.org/en/blog-articles/367-underwater-cameras-to-study-sharks-in-the-galapagos-islands>
- Compagno, L. J. V, Marks, M. A., & Fergusson, I. K. (1997). Threatened fishes of the world: *Carcharodon carcharias* (Linnaeus, 1758) (Lamnidae). In *Environmental Biology of Fishes* (Vol. 50). Kluwer Academic Publishers.
- Compagno, L. J. v. (1984). *Sharks of the world*. An Annotated and Illustrated Catalogue of Shark Species Known to Date Part 1-Hexanchiformes to Lamniformes prepared by United Nations Development Programme Food And Agriculture Organization Of The United Nations (Vol. 4, Issue 125).
- CONANP–SEMARNAT. 2023. Programa de Manejo Reserva de la Biósfera Islas del Pacífico de la Península de Baja California (no publicado). México.
<https://simec.conanp.gob.mx/ficha.php?anp=189®=1>
- Dewar, H., Domeier, M., & Nasby-Lucas, N. (2004). Insights into young of the year white shark, *Carcharodon carcharias*, behavior in the Southern California Bight. *Environmental Biology of Fishes*, 70(2), 133–143. <https://doi.org/10.1023/B:EBFI.0000029343.54027.6a>
- Dewar, H., Eguchi, T., Hyde, J., & Kinzey, D. (2013). *Status Review of the Northeastern Pacific Population of White Sharks (Carcharodon carcharias) Under the Endangered Species Act*. Prepared by the NMFS.
http://www.fpir.noaa.gov/Library/PRD/great_white_shark/ws_brt_status_review-final.pdf%5Cnpapers2://publication/uuid/D9068A4D-EFF8-4CCA-B374-A5D969E49B86
- Domeier, M. L., & Nasby-Lucas, N. (2007). Annual re-sightings of photographically identified white sharks (*Carcharodon carcharias*) at an eastern Pacific aggregation site (Guadalupe Island, Mexico). *Marine Biology*, 150(5), 977–984. <https://doi.org/10.1007/s00227-006-0380-7>
- Domeier, M. L., Nasby-Lucas, N., & Palacios, D. M. (2012). The Northeastern Pacific White Shark Shared Offshore Foraging Area (SOFA): A First Examination and Description from Ship Observations and Remote Sensing. In *Global Perspectives on the Biology and Life History of the White Shark* (pp. 147–158). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b11532-17>
- Francis, M. P. (1996). Observations on a pregnant white shark with a review of reproductive biology. In A. P. Klimley, & D. G. Ainley (Eds.), *Great white sharks: The biology of Carcharodon carcharias*. San Diego, USA: Academic Press San Diego. <https://doi.org/10.1016/B978-012415031-7/50016-1>
- Franks, B. R., Tyminski, J. P., Hussey, N. E., Braun, C. D., Newton, A. L., Thorrold, S. R., Fischer, G. C., McBride, B., & Hueter, R. E. (2021). Spatio-Temporal Variability in White Shark (*Carcharodon carcharias*) Movement Ecology During Residency and Migration Phases in the Western North Atlantic. *Frontiers in Marine Science*, 8. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.744202>

- Galván-Magaña, Felipe & Santana-Morales, Omar & Hoyos Padilla, Edgar. (2018). PACE Tiburon Blanco. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.19075.04640>.
- García-Rodríguez, E., & Sosa-Nishizaki, O. (2020). Artisanal fishing activities and their documented interactions with juvenile white sharks inside a nursery area. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 30(5), 903–914. <https://doi.org/10.1002/aqc.3300>
- García-Rodríguez, E., Herzka, S. Z., Sosa-Nishizaki, O., Lowe, C. G., & O’Sullivan, J. B. (2021). Stable Isotope Analysis of Juvenile White Sharks Inside a Nursery Area Reveals Foraging in Demersal-Inshore Habitats and Trophic Overlap With Sympatric Sharks. *Frontiers in Marine Science*, 8(August), 1–15. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.687738>
- Grimm, A. (2004). Blood on the Water Are great white sharks snacking in our waters?
- Heupel, M. R., Kyne, P. M., White, W. T., & ... (2018). Shark Action Plan Policy Report. Report to the National ..., 3(December 2018). [https://www.nespmarine.edu.au/system/files/Heupel et al Shark Action Plan Policy Report_Final_5Aug2019_Milestone11_RPv3 2017.pdf](https://www.nespmarine.edu.au/system/files/Heupel%20et%20al%20Shark%20Action%20Plan%20Policy%20Report_Final_5Aug2019_Milestone11_RPv3%202017.pdf)
- Heupel, M. R., Kyne, P. M., White, W. T., & Simpfendorfer, C. A. (2017). Shark Action Plan Policy Report Project A11-Shark action plan. www.nespmarine.edu.au
- Hoyos-Padilla, E. M., Klimley, A. P., Galván-Magaña, F., & Antoniou, A. (2016). Contrasts in the movements and habitat use of juvenile and adult white sharks (*Carcharodon carcharias*) at Guadalupe Island, Mexico. *Animal Biotelemetry*, 4(1). <https://doi.org/10.1186/s40317-016-0106-7>
- Hussey, N., McCann, H., Cliff, G., Dudley, S., Wintner, S., & Fisk, A. (2012). Size-Based Analysis of Diet and Trophic Position of the White Shark, *Carcharodon carcharias*, in South African Waters. *Global Perspectives on the Biology and Life History of the White Shark*, 27–50. <https://doi.org/10.1201/b11532-5>
- Jaime-Rivera, M., Caraveo-Patiño, J., Hoyos-Padilla, M., & Galván-Magaña, F. (2014). Feeding and migration habits of white shark *Carcharodon carcharias* (Lamniformes: Lamnidae) from Isla Guadalupe inferred by analysis of stable isotopes $\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{13}\text{C}$. In *Rev. Biol. Trop.* (Int. J. Trop. Biol. ISSN (Vol. 62, Issue 2)).
- Jorgensen, S. J., Reeb, C. A., Chapple, T. K., Anderson, S., Perle, C., van Sommeran, S. R., Fritz-Cope, C., Brown, A. C., Klimley, A. P., & Block, B. A. (2010). Philopatry and migration of Pacific white sharks. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 277(1682), 679–688. <https://doi.org/10.1098/rspb.2009.1155>
- Jorgensen, S. J., Arnoldi, N. S., Estess, E. E., Chapple, T. K., Rückert, M., Anderson, S. D., & Block, B. A. (2012). Eating or Meeting? Cluster Analysis Reveals Intricacies of White Shark (*Carcharodon*

- carcharias) Migration and Offshore Behavior. *PLoS ONE*, 7(10), 1–10.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0047819>
- Kabasakal, H., & Özgürgedikoglu, S. (2008). Two new-born great white sharks, *Carcharodon carcharias* (Linnaeus, 1758) (Lamniformes; Lamnidae) from Turkish waters of the north Aegean sea. *Acta Adriatica*, 49(2), 125–135.
- Kanive, P. E., Rotella, J. J., Chapple, T. K., Anderson, S. D., Hoyos-Padilla, M., Klimley, A. P., Galván-Magaña, F., Andrzejczek, S., Block, B. A., & Jorgensen, S. J. (2023). Connectivity between white shark populations off Central California, USA and Guadalupe Island, Mexico. *Frontiers in Marine Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fmars.2023.1210969>
- Klimley. (1985). *Biology of the white shark : a symposium*. *Biology of the White Shark : A Symposium.*, 9(May). <https://doi.org/10.5962/bhl.title.146944>
- Klimley AP, Pyle P, Anderson SD (1996) The behavior of white shark and prey during predatory attacks. In: Klimley AP, Ainley DG (eds) *Great white shark: the biology of Carcharodon carcharias*. Academic Press, San Diego, CA.
- Kock, A., O’Riain, M. J., Mauff, K., Meÿer, M., Kotze, D., & Griffiths, C. (2013). Residency, Habitat Use and Sexual Segregation of White Sharks, *Carcharodon carcharias* in False Bay, South Africa. *PLoS ONE*, 8(1). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0055048>
- Lamb, T. N. (1974). *Geology of the Coronado Islands, Baja California, Mexico*. November, 221.
- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), *Diario Oficial de la Federación*, DOF 04-06-2012, disponible en:
https://www.senado.gob.mx/comisiones/desarrollo_social/docs/marco/Ley_GEEPA.pdf
 (consultado en septiembre 11 de 2023).
- Lowe, C. G. (2012). The Northeastern Pacific White Shark Shared Offshore Foraging Area (SOFA): A First Examination and Description from Ship Observations and Remote Sensing. *Global Perspectives on the Biology and Life History of the White Shark*, February, 172–183.
<https://doi.org/10.1201/b11532-17>
- MBARI (2018). *Voyage to the White Shark Café*. Monterey Bay Aquarium Word Press. 2018/04/20.
<https://futureoftheocean.wordpress.com/2018/04/20/voyage-to-the-white-shark-cafe/>
- Oñate-González, E. C., Rocha-Olivares, A., Saavedra-Sotelo, N. C., & Sosa-Nishizaki, O. (2015). Mitochondrial genetic structure and matrilineal origin of white sharks, *Carcharodon carcharias*, in the Northeastern Pacific: Implications for their conservation. *Journal of Heredity*, 106(4), 347–354. <https://doi.org/10.1093/jhered/esv034>
- Oñate-González, E. C., Sosa-Nishizaki, O., Herzka, S. Z., Lowe, C. G., Lyons, K., Santana-Morales, O., Sepulveda, C., Guerrero-Ávila, C., García-Rodríguez, E., & O’Sullivan, J. B. (2017). Importance of Bahía Sebastian Vizcaino as a nursery area for white sharks (*Carcharodon carcharias*) in the

- Northeastern Pacific: A fishery dependent analysis. *Fisheries Research*, 188, 125–137.
<https://doi.org/10.1016/j.fishres.2016.12.014>
- Orrell, T. (2023). NMNH Material Samples (USNM). Version 1.58. National Museum of Natural History, Smithsonian Institution. Occurrence dataset.
https://collections.nmnh.si.edu/ipr/resource?r=nmnh_material_sample&v=1.58
- Osgood, G.J. & McCord, M.E. & Baum, J.K. (2019). Using baited remote underwater videos (BRUVs) to characterize chondrichthyan communities in a global biodiversity hotspot. *PLoS ONE*, 14(12)
- O'Sullivan, J. & Lowe, C.G. & Sosa-Nishizaki, O. & Jorgensen, S.J. & Anderson, J.M. & Farrugia, T.J. & Garcia-Rodriguez, E. & Lyons, K. & McKinzie, M.K. & Onate-Gonzalez, E.C. & Weng, K. & White, C.F. & Winkler, C. & Van Houtan, K.S. (2022). A biologging database of juvenile white sharks from the northeast Pacific. *Scientific Data*, 9(1), Article 142
- Parsons, G. R., Hoffmayer, E. R., Hendon, J. M., Bet-Sayad, W. V., Rocha, M. J., Arukwe, A., & Kapoor, B. G. (2008). *A review of shark reproductive ecology: life history and evolutionary implications. Fish reproduction*, 1, 435-469.
- Pondella, D. J., Gintert, B. E., Cobb, J. R., & Allen, L. G. (2005). Biogeography of the nearshore rocky-reef fishes at the southern and Baja California islands. *Journal of Biogeography*, 32(2), 187-201.
- Santana-Morales, O. (2008). *Composición específica de elasmobranchios capturados por la pesca artesanal en Bahía Vizcaíno. B.C., México: Análisis de un registro histórico*. Tesis de maestría, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior De Ensenada, Baja California, México.
- Santana-morales, O., Escobedo-Olvera, M. A., Oñate-González, E. C., Sullivan, J. B. O., & Cartamil, D. (2012). Incidental Catch and Ecological Observations of Juvenile White Sharks, *Carcharodon carcharias*, in Western Baja California, Mexico: Conservation Implications. *Global Perspectives on the Biology and Life History of the White Shark*, 212–223. <https://doi.org/10.1201/b11532-20>
- Santana-Morales, O., Cartamil, D., Sosa-Nishizaki, O., Zertuche-Chanes, R., Hernández-Gutiérrez, E., & Graham, J. (2020). Artisanal elasmobranch fisheries of northwestern baja california, mexico. *Ciencias Marinas*, 46(1), 1–18. <https://doi.org/10.7773/cm.v46i1.3023>
- Santana-Morales, O., Abadiá-Cardoso, A., Hoyos-Padilla, M., Naylor, G. J. P., Corrigan, S., Malpica-Cruz, L., Aquino-Baleytó, M., Beas-Luna, R., Sepúlveda, C. A., & Castillo-Géniz, J. L. (2020b). The Smallest Known Free-Living White Shark *Carcharodon carcharias* (Lamniformes: Lamnidae): Ecological and Management Implications. *Copeia*, 108(1), 39–46. <https://doi.org/10.1643/OT-19-233>
- Schiel, D. R., & Foster, M. S. (2015). *The biology and ecology of giant kelp forests*. Univ of California Press.

- Spurgeon, E., Anderson, J. M., Liu, Y., Barajas, V. L., & Lowe, C. G. (2022). Quantifying thermal cues that initiate mass emigrations in juvenile white sharks. *Scientific Reports*, 12(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-24377-1>
- Tamburin, E., Hoyos-Padilla, M., Sánchez-González, A., Hernández-Herrera, A., Elorriaga-Verplancken, F. R., & Galván-Magaña, F. (2020). New nursery area for white sharks (*Carcharodon carcharias*) in the Eastern Pacific Ocean. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 20(4), 325–329. https://doi.org/10.4194/1303-2712-v20_4_08
- Shaw, R. L., Curtis, T. H., Metzger, G., McCallister, M. P., Newton, A., Fischer, G. C., & Ajemian, M. J. (2021). Three-Dimensional Movements and Habitat Selection of Young White Sharks (*Carcharodon carcharias*) Across a Temperate Continental Shelf Ecosystem. *Frontiers in Marine Science*, 8. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.643831>
- Weng, K. C., Boustany, A. M., Pyle, P., Anderson, S. D., Brown, A., & Block, B. A. (2007). Migration and habitat of white sharks (*Carcharodon carcharias*) in the eastern Pacific Ocean. *Marine Biology*, 152(4), 877–894. <https://doi.org/10.1007/s00227-007-0739-4>
- Weng, K. C., O'Sullivan, J. B., Lowe, C. G., Winkler, C. E., Dewar, H., & Block, B. A. (2007a). Movements, behavior and habitat preferences of juvenile white sharks *Carcharodon carcharias* in the eastern Pacific. *Marine Ecology Progress Series*, 338, 211-224.
- White, C. F., Lyons, K., Jorgensen, S. J., O'Sullivan, J., Winkler, C., Weng, K. C., & Lowe, C. G. (2019). Quantifying habitat selection and variability in habitat suitability for juvenile white sharks. *PLoS ONE*, 14(5), 1–20. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0214642>