



CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS
DEL NOROESTE, S.C.

Programa de Estudios de Posgrado

**EVALUACIÓN DE LA INTERACCIÓN ENTRE LAS ACTIVIDADES
PRIORITARIAS DE PESCA Y CONSERVACIÓN EN EL SISTEMA
SOCIOAMBIENTAL DEL GOLFO DE ULLOA. ESTUDIO DE
CASO: *Caretta caretta* Y *Chelonia mydas* (Linnaeus, 1758).**

T E S I S

Que para obtener el grado de

Maestra en Ciencias

Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales
(Orientación en Biología Marina)

P r e s e n t a

Jehiel Zacil Retana Arellano

La Paz, Baja California Sur, septiembre de 2023.

ACTA DE LIBERACIÓN DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B. C. S., siendo las **10:00 horas** del día **13 del mes de septiembre del 2023**, se procedió por los abajo firmantes, miembros de la Comisión Revisora de Tesis avalada por la Dirección de Estudios de Posgrado y Formación de Recursos Humanos del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C., a liberar la Tesis de Grado titulada:

"Evaluación de la interacción entre las actividades prioritarias de pesca y conservación en el Sistema Socioambiental del Golfo de Ulloa. Estudio de caso: *Caretta caretta* y *Chelonia mydas* (Lineaus, 1758)"

Presentada por la alumna:

Jehiel Zacil Retana Arellano

Aspirante al Grado de MAESTRA EN CIENCIAS EN EL USO, MANEJO Y PRESERVACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES CON ORIENTACIÓN EN **BIOLOGÍA MARINA**

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron su **APROBACIÓN DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISIÓN REVISORA



Dr. César Augusto Salinas Zavala
Co-Director de Tesis



Dra. María Verónica Morales Zárate
Co-Directora



M.C. Alfonso Esquivel Herrera
Tutor



Dra. Alejandra Nieto Garibay,
Directora de Estudios de Posgrado y
Formación de Recursos Humanos

La Paz, Baja California Sur, a 13 de septiembre de 2023.

Los miembros del comité de tesis de la estudiante **Jehiel Zacil Retana Arellano** del Programa de Maestría en el Manejo, Uso y Preservación de los Recursos Naturales, revisamos el contenido de la tesis y otorgamos el Vo.Bo. dado que la tesis no representa un plagio de otro documento como lo muestra el reporte de similitud realizado:

- Herramienta antiplagio:
iThenticate
- Filtros utilizados:
Excluir citas
Excluir bibliografía
Excluir las coincidencias inferiores a 9 palabras
- Porcentajes de similitud: 13 %

Máximo 20% para tesis de Posgrado
Se muestra captura de pantalla

Tesis de maestría 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

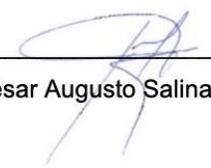
13%

ÍNDICE DE SIMILITUD

FUENTES PRIMARIAS

1	entorno.conanp.gob.mx Internet	273 palabras — 1%
2	www.revistarelaciones.com Internet	233 palabras — 1%
3	pt.scribd.com Internet	184 palabras — 1%
4	www.cibnor.gob.mx Internet	114 palabras — 1%
5	hdl.handle.net Internet	112 palabras — 1%
6	repositorio.upse.edu.ec Internet	78 palabras — < 1%
7	www.economia.gob.mx Internet	75 palabras — < 1%
8	www.bio-nica.info Internet	60 palabras — < 1%
9	ri.uagro.mx Internet	58 palabras — < 1%

Firmas del comité



Dr. César Augusto Salinas Zavala



Dra. María Verónica Morales Zárate



M.C. Alfonso Esquivel Herrera

Conformación de Comités

Comité Tutorial

Dr. César Augusto Salinas Zavala
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.
Co-Director de Tesis

Dra. María Verónica Morales Zárate
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.
Co-Directora de Tesis

M.C. Alfonso Esquivel Herrera
Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco
Co-Tutor de Tesis

Comité Revisor de Tesis

Dr. César Augusto Salinas Zavala
Dra. María Verónica Morales Zárate
M.C. Alfonso Esquivel Herrera

Jurado de Examen

Dr. César Augusto Salinas Zavala
Dra. María Verónica Morales Zárate
M.C. Alfonso Esquivel Herrera

Suplente

Dr. J. Jesús Bautista Romero

Resumen

El Golfo de Ulloa (GU) es un ecosistema de gran importancia socioeconómica y ecológica por su abundancia de recursos; se encuentra localizado en la costa occidental de Baja California Sur (BCS) bajo la influencia de la Corriente de California (CC). Debido a las artes de pesca empleadas en la zona, existe la interacción incidental con especies que no son el objetivo de la pesca, tal es el caso de las tortugas marinas, todas ellas sujetas a protección especial en la legislación nacional e internacional; sin embargo, a la fecha se desconoce una medición puntual de estas interacciones en el área; al respecto, en el presente trabajo se caracterizaron y dimensionaron las interacciones entre la actividad pesquera realizada con chinchorros y dos especies de tortugas marinas en la zona; para ello se consideró la información obtenida durante el censo pesquero de 2015 así como también la base de datos con información de avistamientos e interacciones de tortugas marinas con las actividades extractivas de la pesca realizada de junio de 2015 a julio de 2016. Sobre la base de la información analizada, se registraron 5,661 chinchorros, de los cuales, el 95 % cumple con las medidas autorizadas en los permisos de pesca correspondientes. Por su parte, se registraron 458 avistamientos de tortugas marinas, de los cuales, el 56 % correspondió a tortuga amarilla y el resto a tortuga verde. Las interacciones de las tortugas con los sitios activos de pesca se categorizaron como: (1) viva sin enredo; (2) muerta sin enredo; (3) viva con enredo; y (4) muerta con enredo. Considerando ambas especies y estas categorías, para el periodo analizado, se observaron 85 registros, de los cuales, seis correspondieron a la categoría 1; cinco en la categoría 2; 42 en la categoría 3; y 32 en la categoría 4. Se determinó que la tortuga verde presentó mayor interacción (68.23 %) con respecto a la tortuga amarilla, con registros máximos en junio para ambas especies. Sobre estos registros, se creó un índice de interacción de artes de pesca y las tortugas marinas (IIAT), con el cual, se observó que el área de alto riesgo y daño dentro de la ZRP es muy reducida (<1 % del área total). Adicionalmente, a través de un análisis de probabilidad de Poisson se determinó que es considerablemente más probable ($\approx 30\%$) observar una tortuga viva y sin enredo que en cualesquiera de las otras tres categorías para las que se calculó una probabilidad máxima de observación de $\approx 12\%$ por cada cuadrante de 10×10 km. Sobre la base del análisis de probabilidad condicional, se observó que una vez habiendo enredo, la condición de la tortuga (viva o muerta) sí depende de ello, pero no es significativo ya que la probabilidad de que habiendo enredo en la red y la tortuga se mantenga viva hasta su rescate es mayor a la probabilidad de que habiendo enredo en la red la tortuga muera, con el 57.54 % y 42.46 % respectivamente. Finalmente, sobre la base de estos resultados se considera que la ZRP es susceptible a redimensionarse debido a que las interacciones con las redes no están ocurriendo de la misma manera en toda el área ni de manera permanente, esto con el fin de que se tomen las medidas de manejo más incluyentes y equitativas en el marco de la sostenibilidad.

Palabras clave: tortuga marina, captura incidental, pesca y conservación, refugio pesquero.

ORCID: 0000-0003-0839-1598



Dr. César Augusto Salinas Zavala
Co-Director de Tesis

Vo. Bo.



Dra. María Verónica Morales Zárate
Co-Directora de Tesis

Summary

The Gulf of Ulloa (GU) is an ecosystem of significant socioeconomic and ecological importance due to its abundance of resources. It is located on the western coast of Baja California Sur (BCS) and is influenced by the California Current (CC). Due to the fishing methods used in the area, there is bycatch with species that are not the target of fishing, such as sea turtles, all of which are subject to special protection under national and international legislation. However, there has been no specific measurement of these interactions in the area. In this study, the interactions between fishing activities using seine-nets and two species of sea turtles in the area were characterized and quantified. The information obtained during the 2015 census and the database containing information on sea turtle sightings and interactions with fishing activities from June 2015 to July 2016 was considered. Based on the analyzed information, 5,661 seine-nets were recorded, of which 95 % complied with the authorized measures in the corresponding fishing permits. Additionally, 458 sea turtle sightings were recorded, with 56 % corresponding to yellow turtles and the rest to green turtles. The interactions of turtles with active fishing sites were categorized as: (1) alive without entanglement; (2) dead without entanglement; (3) alive with entanglement; and (4) dead with entanglement. Considering both species and these categories, 85 records were observed during the analyzed period, of which six corresponded to category 1, five to category 2, 42 to category 3, and 32 to category 4. It was determined that the green turtle had a higher interaction rate (68.23 %) compared to the yellow turtle, with peak records in June for both species. Based on these records, an index of interaction between fishing gear and sea turtles (IIAT) was created. It was observed that the area of high risk and damage within the ZRP (Fishery Refuge Area) is very small (<1% of the total area). Additionally, a Poisson probability analysis determined that it is considerably more likely (≈ 30 %) to observe an alive without entanglement turtle than in any of the other three categories, for which the maximum observation probability was ≈ 12 % for each 10 x 10 km quadrant. Based on conditional probability analysis, it was observed that once entangled, the condition of the turtle (alive or dead) depends on it, but it is not significant since the probability of a turtle remaining alive after being entangled in the net until rescue is greater than the probability of the turtle dying after being entangled, with 57.54 % and 42.46 % respectively. Finally, based on these results, it is considered that the ZRP is susceptible to resizing because interactions with the nets are not occurring in the same way throughout the area or permanently. This is done to ensure more inclusive and equitable management measures within the framework of sustainability.

Keywords: Sea turtle, bycatch, fishing and conservation, Fishery Refuge Area.

ORCID: 0000-0003-0839-1598



Dr. César Augusto Salinas Zavala
Co-Director de Tesis

Vo. Bo.



Dra. María Verónica Morales Zárate
Co-Directora de Tesis

Dedicatoria

Para todas las personas que me han enseñado que el amor no es un sentimiento, sino un verbo. Gracias, familia. Gracias, vida. Gracias totales.

“En lugar de ser una persona exitosa, busca ser una persona valiosa, lo demás llegará naturalmente”. AE

Agradecimientos

Al Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR) y a la Dirección de Estudios de Posgrado y Formación de Recursos Humanos, por el apoyo brindado durante este período y haberme permitido ser parte del Programa de Posgrado de Maestría en el Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), actual CONAHCYT (Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías) por brindarme el apoyo económico para realizar mis estudios de Maestría con número de CVU 730129.

Una mención especial merecen los miembros de mi comité: el Dr. César Augusto Salinas Zavala, la Dra. María Verónica Morales Zárate, y el M. en C. Alfonso Esquivel Herrera, quienes me guiaron con sus atinadas sugerencias y observaciones que ayudaron al enriquecimiento de la tesis, por depositar su confianza en mí, por su apoyo, interés y continua enseñanza.

Al personal técnico, Tec. Jorge Angulo Calvillo, Tec. Enrique Calvillo Espinoza y M.C. Arminda Mejía Rebollo por su apoyo en la obtención de datos, sin su experiencia y dedicación, este trabajo no se hubiera realizado.

Gracias al apoyo para el desarrollo de este proyecto por parte del Proyecto SEP-CONACYT. A1-S-43455_0455 Modelación basada en agentes como herramienta para la evaluación de resiliencia en un sistema socioambiental de uso pesquero y del cual forma parte integral.

Total agradecimiento a la CONAPESCA/INAPESCA por la información brindada, a la comunidad y los pescadores presentes en las localidades del Golfo de Ulloa por su apoyo y comprensión para la toma de datos y el estar dispuestos para recibir con los brazos abiertos nuestros resultados.

A la Lic. María Esther Ojeda Castro por su apoyo en la búsqueda del material bibliográfico para la elaboración de distintos apartados de la presente tesis.

A la Lic. Daniela Núñez García del Departamento de Extensión y Divulgación Científica (DEDC), por su colaboración y guía para la realización del video de las actividades de retribución social, y además su apoyo para compartir este video en las plataformas digitales oficiales del CIBNOR.

A la Lic. Ana María Talamantes Cota por su paciencia y apoyo en la revisión de la estructura de la tesis, por sus atinadas observaciones y consejos a lo largo del documento.

Al Lic. Horacio Sandoval Gómez por su amabilidad y apoyo durante estos dos años, por siempre estar al pendiente de cualquier duda o aclaración referente al área de cómputo, al préstamo del cubículo de estudio y por su infinita paciencia para resolver problemas.

A mi familia, mis padres y mis hermanos, que siempre estuvieron presentes aún en la distancia.
A mi novio Néstor Daniel, que me apoya incondicionalmente, y siempre está brindándome su cariño y amor.

A mis roomies, Magali y Geovanna, que más que amigas son mis hermanas, por hacer de la maestría una experiencia única.

A mi mejor amiga, Ana Lucía, por la fuerza, el valor, la complicidad, la cordura y la locura aún en la distancia.

Al equipo de Maris Consultoría Integral y Efecto Arena, por su paciencia, enseñanza y consejo.

Y finalmente a todos mis alumnos, en especial Anita, Angie y Lalo, porque cada día me enseñaron más de lo que yo podía darles en clase.

Contenido

Resumen	i
Summary	ii
Dedicatoria	iii
Agradecimientos	iv
Contenido	vi
Lista de figuras.....	viii
Lista de tablas.....	x
Abreviaturas	xi
Glosario	xii
1.INTRODUCCIÓN	1
2.ANTECEDENTES	4
2.1 Sobre la actividad pesquera y su interacción con las tortugas marinas	4
2.2 Marco legal y declaración del GU como ZRP.....	6
2.3 Sobre los aspectos biológicos y ecológicos de las especies de interés.....	14
2.3.1 <i>Caretta caretta</i>	14
2.3.2 <i>Chelonia mydas</i>	15
3.JUSTIFICACIÓN	17
4.HIPÓTESIS	18
5.OBJETIVOS	19
5.1 Objetivo general	19
5.2 Objetivos particulares	19
6.MATERIAL Y MÉTODOS	20
6.1 Área de Estudio	20
6.2 Caracterización del esfuerzo pesquero	21
6.3 Avistamientos de tortugas marinas e interacciones con artes de pesca.....	23
6.4 Estimación de la influencia potencial máxima de la red tipo chinchorro	24
6.5 Propuesta de un índice de interacción entre las actividades de pesca y las tortugas marinas (IIAT)	25
6.6 Análisis de probabilidad de interacción entre las artes de pesca y las tortugas marinas ...	26
6.7 Estimación de la probabilidad condicional entre el evento de interacción y la muerte de tortugas	27
7.RESULTADOS	30
7.1 Caracterización del esfuerzo pesquero	30
7.2 Avistamientos de tortugas marinas e interacciones con artes de pesca.....	36
7.3 Estimación de la influencia potencial máxima de la red tipo chinchorro	47
7.4 Propuesta de un índice de interacción entre las actividades de pesca y las tortugas marinas (IIAT)	54
7.5 Análisis de probabilidad de interacción entre las actividades de pesca y las tortugas marinas	55
7.6 Estimación de la probabilidad condicional entre el evento de interacción y la muerte de tortugas	56
8.DISCUSIÓN	58
9.CONCLUSIONES	64
9.1 Recomendaciones	65

10.LITERATURA CITADA	66
11.ANEXOS	73
Anexo A	73
Anexo B.....	74

Lista de figuras

Figura 1. Ubicación del Golfo de Ulloa, polígono de la ZRP y polígono de Área Específica de Restricciones Pesqueras. Coordenadas tomadas del Diario Oficial de la Federación (2018).....	21
Figura 2. Matriz de interacción para el cálculo de la probabilidad condicional de las dos especies de estudio.....	29
Figura 3. Número de pescadores registrados por localidad en el sistema socioambiental del GU, BCS.....	30
Figura 4. Frecuencia de pescadores por edad en el sistema socioambiental del GU, BCS.	31
Figura 5. Proporción de pescadores de acuerdo con la categoría de registro y/o relación laboral en el sistema socioambiental del GU, BCS.....	32
Figura 6. Número total de embarcaciones por localidad y/o campo pesquero en sistema socioambiental del GU, BCS.	33
Figura 7. Número de artes de pesca registradas por localidad y/o campo pesquero y municipio en el sistema socioambiental de GU, BCS.....	34
Figura 8. Artes de pesca registradas por localidad en el sistema socioambiental del GU, BCS. Los números de las localidades corresponden a la lista de la Tabla 1.	35
Figura 9. Número de avistamientos de tortuga marina por mes durante el periodo de junio 2015 a julio 2016 en el sistema socioambiental del GU, BCS.	37
Figura 10. Ubicación de los avistamientos de tortuga marina de junio 2015 a julio 2016 en el sistema socioambiental del GU, BCS.....	38
Figura 11. Registro de avistamientos de tortuga amarilla (vivas y muertas) en el sistema socioambiental del GU, BCS.	39
Figura 12. Registro de los avistamientos de tortuga verde (vivas y muertas) en el sistema socioambiental del GU, BCS.	40
Figura 13. Registro de las interacciones de tortugas marinas por especie con actividades de pesca durante el periodo de junio 2015 a julio 2016 en el sistema socioambiental del GU, BCS.....	41
Figura 14. Número de observaciones durante el registro de interacciones de dos especies de tortuga marina con las interacciones de las actividades prioritarias de pesca en el periodo de junio 2015 a julio 2016 en el sistema socioambiental del GU, BCS.	42
Figura 15. Caracterización de las interacciones de tortuga marina con las actividades de pesca con chinchorro en el sistema socioambiental del GU, BCS.	43
Figura 16. Caracterización de la interacciones de tortuga amarilla (<i>C. caretta</i>) con las actividades de pesca con chinchorro en el sistema socioambiental del GU, BCS.	44
Figura 17. Caracterización de las interacciones de tortuga verde (<i>C. mydas</i>) con las actividades de pesca con chinchorro en el sistema socioambiental del GU, BCS.	45
Figura 18. Categorización de las interacciones por mes de <i>C. caretta</i> con las actividades de pesca con chinchorro y las tortugas marinas en el sistema socioambiental del GU, BCS.	46
Figura 19. Categorización de las interacciones por mes de <i>C. mydas</i> con las actividades de pesca con chinchorro y las tortugas marinas en el sistema socioambiental del GU, BCS.	47
Figura 20. Contraste del área de influencia de la tortuga amarilla en categoría 4 y los avistamientos de ambas especies de tortugas marinas en febrero.	49
Figura 21. Contraste del área de influencia de la tortuga amarilla en categoría 4 y los avistamientos de ambas especies de tortugas marinas en mayo.	50
Figura 22. Contraste del área de influencia de la tortuga amarilla en categoría 4 y los avistamientos de ambas especies de tortugas marinas en junio.	51

Figura 23. Contraste del área de influencia de la tortuga verde en categoría 4 y los avistamientos de ambas especies de tortugas marinas en junio.	53
Figura 24. Contraste del área de influencia de la tortuga verde en categoría 4 y los avistamientos de ambas especies de tortugas marinas en agosto.	54
Figura 25. Categorización del potencial riesgo que presentan las tortugas marinas con base en el índice de interacción de artes de pesca y tortugas marinas (IIAT) dentro de la ZRP y el Área Específica de Restricciones Pesqueras.	55
Figura 26. Probabilidad de Poisson para cada categoría: 1) Viva sin enredo (color verde), 2) Muerta sin enredo (color amarillo); 3) Viva con enredo (color naranja) y 4) Muerta con enredo (color rojo), en la ZRP dentro del Sistema Socio Ambiental de GU, BCS.	56
Figura 27. Probabilidad condicional sobre los organismos dentro del polígono de la ZRP para la condición (viva, muerta) de la tortuga dado que ha ocurrido el evento B (enredo).	57

Lista de tablas

Tabla 1. Localidades pesqueras dentro del sistema socioambiental del GU, BCS consideradas en este estudio.	22
Tabla 2. Categorías empleadas para agrupar las interacciones con los chinchorros de pesca con las tortugas marinas en el periodo de junio 2015 a julio 2016 en el sistema socioambiental del GU, BCS.	25
Tabla 3. Caracterización de las categorías de afectación derivadas del IIAT utilizado para la definición de zonas de riesgo.	26
Tabla 4. Tipos de artes de pesca dentro del sistema socioambiental del GU, BCS.	35
Tabla 5. Medidas de longitud y luz de malla de los chinchorros verificados dentro del sistema socioambiental del GU, BCS.	36
Tabla 6. Categorías empleadas para agrupar las interacciones de las actividades de pesca con chinchorro y las tortugas marinas en el periodo de junio 2015 a julio 2016 en el sistema socioambiental del GU, BCS. Entre paréntesis se indica el color de la viñeta que identifica la categoría en el mapa de la Figura 15.	42
Tabla 7. Categorización por especie de las interacciones de las actividades de pesca con chinchorro y las tortugas marinas en el periodo de junio 2015 a julio 2016 en el sistema socioambiental del GU, BCS.	43
Tabla 8. Cálculo proximal de la influencia de los chinchorros con base en los registros de tortuga amarilla (<i>C. caretta</i>) dentro del sistema socioambiental del GU, BCS.	48
Tabla 9. Cálculo proximal de la influencia de los chinchorros con base en los registros de tortuga amarilla (<i>C. mydas</i>) dentro del sistema socioambiental del GU, BCS.	52
Tabla 10. Valores estadísticos como resultado de la probabilidad de Poisson.	73
Tabla 11. Cuadro de contingencia para la prueba de independencia en la probabilidad condicional.	73

Abreviaturas

BAC: Centro de Actividad Biológica (por sus siglas en inglés "*Biological Action Center*")

BCS: Baja California Sur

CC: Corriente de California

CONANP: Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas

CONAPESCA: Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca

DOF: Diario Oficial de la Federación

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (por sus siglas en inglés "*Food Agriculture Organization*")

GU: Golfo de Ulloa

INAPESCA: Instituto Nacional de Pesca

LGEEPA: Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente

LGPAS: Ley General de Pesca y Acuacultura Sustentables

NOM: Norma Oficial Mexicana

SADER: Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural

SEMARNAT: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

SIG: Sistemas de Información Geográfica.

UICN: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (por sus siglas en inglés: "*International Union for Conservation of Nature*")

UTM: Proyección Transversal de Mercator (por sus siglas en inglés "*Universal Transverse Mercator*")

ZEE: Zona Económica Exclusiva

Glosario

- Agalleras: Red de tipo enmalle, de forma rectangular, fabricada o construida con hilos delgados y que se coloca verticalmente en el agua, extendida gracias a una cuerda superior y en la relinga o cuerda inferior se le han colocado plomos o pesas.
- Arte de pesca: Instrumento, equipo o estructura con que se realiza la captura o extracción de organismos acuáticos. Incluye: redes, anzuelos, trampas y otros tipos de aparejos de pesca.
- Atarrayas: Tipo de red circular que se lanza al voleo desde la embarcación.
- Captura incidental: captura no intencional de especies que no son objetivo de la pesca.
- Chinchorro de línea: Red de enmalle de forma rectangular que en su parte superior lleva flotadores mientras en la inferior plomos que le confieren la cualidad de mantenerse extendida.
- Cimbra o palangre: Arte de pesca que consta de una línea madre horizontal o vertical, sujeta con boyas, que ha de estar en la superficie, de la que penden, unidas mediante destorcedores giratorios u otros sistemas, brazoladas provistas de anzuelos.
- Luz de malla: Paño es la red con la luz de malla específica para las diferentes especies objetivo.
- Pesca ribereña: Captura que se realiza en cuerpos de agua interiores, bahías, sistemas lagunares o estuarinos, así como en el mar hasta un límite de tres millas náuticas (5.6 km) a la costa. En la mayoría de los casos, este tipo de pesca se práctica con embarcaciones menores.
- Potera: Equipo de pesca utilizado para la captura de recursos pesqueros como el calamar, consistente en uno o más grupos de ganchos o “robadores” (anzuelos no mortales) dispuestos a manera de corona sobre una línea vertical.
- Sostenibilidad: Se refiere al equilibrio de una especie con los recursos de su entorno, es decir, asegurar las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las generaciones futuras en los enfoques de la ecología, la economía y la sociedad.
- Sostenible: Garantiza un equilibrio entre el crecimiento de la economía, el respeto al medioambiente y el bienestar social.

- Suripera: Equipo de pesca de arrastre sin o con escasa propulsión mecánica. Se utiliza en zonas someras de lagunas costeras, o canales de estuarios.
- Varamiento: Se refiere al arribo a las costas de un animal marino, vivo o muerto. La mayoría de las veces los animales mueren en el mar y son llevados hacia la costa por las corrientes y el viento. También se puede referir a vegetación marina o residuos sólidos de cualquier tipo.
- Zona de Refugio Pesquero: Área delimitada con la finalidad de conservar y contribuir, natural o artificialmente, al desarrollo de los recursos pesqueros con motivo de su reproducción, crecimiento o reclutamiento, así como preservar y proteger el ambiente que lo rodea.

1. INTRODUCCIÓN

Practicada por el hombre desde la antigüedad, la pesca es una actividad importante a nivel mundial que constituye una fuente importante de alimentos que proporciona empleo y beneficios para las poblaciones de todo el mundo (FAO, 1995); es también considerada una de las actividades más complejas del sector primario ya que se encuentra fuertemente influenciada por factores ambientales, económicos, culturales, sociales y políticos (Acosta-Velázquez y Vázquez-Lule, 2009).

La actividad pesquera a nivel mundial enfrenta grandes retos, de los cuales en México se reflejan todos, tales como el uso sostenible de los recursos, mejorar la calidad de vida de los pescadores, motivar a que la sociedad incremente su consumo en pescado y mariscos, dar valor agregado a la materia prima, la generación de empleos con el fin de crecer responsablemente y recuperar las pesquerías sobreexplotadas (Lluch-Cota *et al.*, 2006). Si bien, nuestro país cuenta con una extensión litoral de poco más de 11,000 km y cerca de tres millones de km² de Zona Económica Exclusiva (ZEE), la mayoría de la actividad pesquera del país se centra sobre la plataforma continental (0 a 200 metros de profundidad; Acosta-Velázquez y Vázquez-Lule, 2009), es decir, muy cercano a la línea de costa, por ello, la actividad pesquera más significativa en nuestro país es conocida como ribereña o artesanal, que se lleva a cabo en las inmediaciones de la zona costera hasta un límite exterior de tres millas náuticas a partir de la línea de base desde la cual se mide la ZEE (DOF, 1986). Las pesquerías ribereñas o de pequeña escala tienen gran importancia en la vida y economía de miles de personas, con más de la mitad del producto destinado al consumo humano directo (Valdez-Leyva, 2012) y se calcula que este sector genera entre 250 y 300 mil empleos directos aportando el 23 % de la producción pesquera nacional, lo que contribuye al desarrollo económico de numerosas familias y comunidades costeras del país (Inteligencia Pública, 2019).

Este tipo de pesca se realiza a bordo de embarcaciones menores utilizando, de manera general, técnicas tradicionales de captura con poco desarrollo tecnológico (Fernández-Rivera *et al.*, 2018). Las artes de pesca utilizadas incluyen diversos diseños de redes de enmalle tales como las agalleras, los chinchorros y los trasmallos que pueden trabajar en el fondo o en la superficie del

mar; hay además atarrayas, y otros artes que no involucran redes como las líneas de mano con anzuelos, las cimbras o palangres, las trampas y la pesca a través de buceo autónomo o semiautónomo con hooka (sistema de aire por compresión localizado en la embarcación con una manguera que provee aire al buzo; Valdez-Leyva, 2012). Las redes son utilizadas principalmente para la obtención de escama que es el término genérico para el recurso de peces óseos tales como: huachinangos y pargos, curvinas, cabrillas, róbalos y mojarra; las cimbras o palangres se emplean en la pesca de cazones, tiburones u otros peces pelágicos; y con excepción del camarón que se extrae con redes, la mayoría de crustáceos y moluscos se extraen regularmente con trampas o mediante el buceo, y la producción está compuesta por jaibas, langosta, caracoles y almejas (Díaz-Uribe *et al.*, 2013). Sin embargo, aunque las artes de pesca van dirigidas para realizar capturas específicas, la gran mayoría de estas no son selectivas, por lo que existe la posibilidad de interacción entre éstas y otras especies que no son objetivo de la pesca, tal es el caso de lobos marinos, delfines y tortugas marinas, todas ellas bajo protección especial en la legislación nacional e internacional (Ramírez-Rodríguez y Hernández-Herrera, 2016).

Al respecto de las tortugas marinas, si bien la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) menciona que a nivel global la mayor amenaza para la conservación de estos organismos es la destrucción de sus nidos y el consumo de sus huevos (Mathew, 2004), algunos autores sugieren que, si las hembras son capturadas incidentalmente por las flotas pesqueras antes de desovar, el impacto sería equivalente al de la destrucción de los nidos, contribuyendo con ello a la baja densidad poblacional en las siguientes temporadas (Rodríguez-Valencia y Cisneros-Mata, 2006). Específicamente la captura incidental de tortugas marinas en las pesquerías ha sido reconocida como un factor de alta mortalidad donde las principales artes de pesca implicadas son las redes de arrastre, de enmalle (agalleras y chinchorros) y los palangres o cimbras (Eckert *et al.*, 2000). Por lo que las afectaciones relacionadas con las actividades pesqueras alrededor del mundo han sido severamente señaladas como una de las principales causas de las disminuciones de sus poblaciones, ya que a nivel mundial se estima que mueren cada año más de un millón de tortugas marinas por ahogamiento al quedar enmalladas o por picar en los anzuelos de los palangres o cimbras (Work y Balazs, 2010).

En México, el problema no es la excepción, y particularmente en el litoral occidental de Baja California Sur (BCS), esta situación ha encendido alertas no solo nacionales sino internacionales. Específicamente en el GU, donde se presenta una gran diversidad y abundancia de recursos pesqueros, la pesca incidental de tortugas marinas ha sido señalada como una de las principales causas de mortalidad registradas en el área durante la última década (Narchi *et al.*, 2018).

En el GU la pesca ribereña de escama es la más importante seguida de langosta, abulón, almejas, y tiburón (Cariño *et al.*, 2008; Ramírez-Rodríguez y Hernández-Herrera, 2016). Los pescadores de la región viven en 26 comunidades costeras con un total de 7,940 habitantes de los cuales un 13 % se ve afectado por niveles altos de marginación al no contar con servicios de agua, energía eléctrica, salud y educación y 87 % por niveles medios, por lo que la actividad de la pesca como principal fuente de ingresos económicos es primordial en el desarrollo de las comunidades (Valdez-Leyva, 2012); así mismo, y dada la alta productividad biológica del GU, cinco de las siete especies de tortugas marinas reportadas a nivel global tienen incidencia en el área durante diferentes etapas de su ciclo de vida, lo cual ha sido asociado a la diversidad de hábitats costeros y marinos, así como las condiciones oceanográficas de la región (Márquez-Millán y Garduño-Dionate, 2014). En este contexto, el GU es una zona de gran importancia tanto para la actividad pesquera como para la conservación de especies emblemáticas como las tortugas marinas.

Si bien existen diversos estudios que señalan una fuerte relación entre las actividades de pesca y la mortalidad derivada de la pesca incidental de tortugas marinas en la zona (Koch *et al.*, 2006; Peckham *et al.*, 2007; Peckham *et al.*, 2008a; Seminoff y Wallace, 2012; Ramírez-Rodríguez y Hernández-Herrera, 2016), el estudio de las interacciones *in situ* entre las distintas especies de tortugas marinas y los diversos tipos de pesquerías en el GU, es un tema poco abordado, por lo que aún es vigente y de gran interés que continúe investigándose para entenderlo con claridad y poder dar elementos que coadyuven en la resolución de este problema por demás complejo. En este marco, la presente tesis tiene como objetivo caracterizar las interacciones de las actividades extractivas de pesca con las tortugas marinas, específicamente analizando las redes de tipo chinchorro y las especies *Caretta caretta* y *Chelonia mydas*, con el fin de dimensionar cuantitativamente dichas interacciones en tiempo y espacio dentro del sistema.

2. ANTECEDENTES

2.1 Sobre la actividad pesquera y su interacción con las tortugas marinas

En el GU la eficiencia en la operación de las embarcaciones dentro de la región tiene una fuerte relación con la experiencia de los pescadores, considerando la elección de áreas y artes de pesca, cuya selectividad es un factor determinante en el resultado final que está fuera del control de los pescadores (Ramírez-Rodríguez y Hernández-Herrera, 2016). Al respecto, y dada la coincidencia espacial y temporal, hay que considerar los posibles efectos de la operación de las artes de pesca con las especies que no son objetivo de la actividad como las tortugas marinas, en cuyo caso, el peor escenario puede resultar en el enredo o atrapamiento del organismo impidiéndole subir a la superficie a respirar y ocasionando su muerte por ahogamiento.

Para el GU se han reportado eventos de captura incidental en las actividades de pesca de escama y tiburón, documentando la captura incidental de tortugas amarillas (*Caretta caretta*), golfinas (*Lepidochelys olivacea*), verdes (*Chelonia mydas*) y carey (*Eretmochelys imbricata*). A partir del año 2003 algunos autores señalaron una fuerte relación entre la temporada de pesca de escama en la zona (mayo-agosto) y un aumento en los varamientos de tortugas marinas muertas (Koch *et al.*, 2006; Peckham *et al.*, 2008a); sin embargo, en los mismos documentos se señala que la evidencia de ello no es clara, por ejemplo, Koch y colaboradores (2006), reportaron que en el periodo de 2003 a 2005 de los 982 cadáveres de tortuga amarilla encontrados en San Lázaro, menos del 2 % presentaron marcas por artes de pesca y no se pudo precisar la causa principal de los decesos de los organismos. Nuevamente en el periodo de 2010 y 2011 se hizo un estudio sobre los varamientos de tortugas marinas a lo largo de la costa del Pacífico de BCS, y se encontró que el 87 % de los varamientos de tortugas (594 organismos) ocurrieron en las localidades del GU y de los cuales, solo el 1.8 % se les atribuyó a las redes de enmalle y anzuelos (Koch *et al.*, 2013).

Estas situaciones motivaron a que desde el 2007 se efectuaran reuniones con los pescadores, instituciones académicas y organizaciones de la sociedad civil para establecer estrategias de conservación y evaluar la factibilidad social y económica del establecimiento de medidas adicionales para la conservación de tortugas marinas, como lo fue el caso de una posible área de refugio. Sin embargo, en 2012 ocurrió otro varamiento masivo de tortugas marinas en el que, de

acuerdo con las autoridades, el número de organismos aumentó en un 600 % respecto a la década anterior (CIBNOR-UABCS-CICIMAR-IPN, 2013) por lo que el proceso se aceleró considerablemente y en 2013, con la finalidad de esclarecer las causas de la mortandad de tortugas amarillas en el GU, se llevó a cabo un proyecto de investigación interinstitucional donde participaron la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), el Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR), el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. (CIBNOR), la Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS) y organizaciones de la Sociedad Civil (OSC) como Centro Mexicano de Derecho Ambiental (CEMDA), PRONATURA y Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF por sus siglas en inglés), quienes concluyeron que las causas de la mortandad fueron multifactoriales, y que diversos estudios señalan las especies de tortugas marinas en los litorales de la Península de California son afectadas por los factores ambientales y biológicos, de forma similar a lo observado en el GU, destacando que las causas de mortandad son inciertas, principalmente por el avanzado estado de descomposición de los animales al llegar a las costas (Koch *et al.*, 2013).

Como se mencionó anteriormente, este fenómeno no es exclusivo del GU, así, Palacios-Vélez y Perero-Menéndez (2019) realizaron en Ecuador un estudio durante el periodo de 2018 y 2019 para valorar el efecto de las actividades antropogénicas sobre los varamientos de tortugas marinas (*Chelonia mydas*, *Lepidochelys olivacea* y *Eretmochelys imbricata*), los autores exponen que sí existe una interacción de las tortugas marinas con las actividades pesqueras; sin embargo, señalan que el 60 % de las tortugas encontradas varadas mostraban algún tipo de daño o herida antes de ser capturadas por la red, sin poder especificar la causa de éstas, concluyendo que no se identificaron las causas de muerte, pero que de acuerdo con las entrevistas realizadas, se les atribuyó a la captura incidental, afirmando la interacción con redes o anzuelos, y estimando que alrededor del 50 % de las muertes de tortuga fue por colisión con las embarcaciones y las artes de pesca.

Por su parte, Sönmez (2018) menciona que en la playa de Samandag en Turquía durante 2002 a 2017, se registraron 302 tortugas varadas, de dos especies diferentes, en las cuales para 130 organismos (50 tortugas verdes y 80 tortugas amarillas) se identificó como principal causa de muerte a las actividades pesqueras seguida de la contaminación marina, caza intencional,

atropello por vehículos y depredación. Adicionalmente, en 2016, Orós y colaboradores reportaron las causas de los varamientos de 1,860 individuos de la tortuga amarilla registrados de 1998 a 2014 en la isla Gran Canaria en España, donde al realizar el análisis de las causas de mortandad, y utilizando únicamente 226 tortugas, se observó que las causas más frecuentes fueron desconocidas con un 70.35 %, seguido de los enredos en las redes de pesca con el 11.5 %, a los traumatismos se les atribuyó el 9.37 % de las muertes y finalmente el 6.19 % por la ingesta de anzuelos.

Ya en este lustro, Hama y colaboradores (2020) hicieron un estudio en la costa adriática croata donde se examinó el estado de tres especies de tortugas marinas (*C. caretta*, *C. mydas* y *D. coriacea*) varadas, flotantes (avistadas) y capturadas incidentalmente por artes de pesca (redes de arrastre, redes de enmalle y palangres) durante el periodo de 2010 a 2015, con un registro total de 272 individuos, con mayor abundancia de tortuga amarilla (260 organismos). El mayor número de tortugas amarillas varadas fueron registradas en otoño e invierno y de cinco necropsias realizadas, tres individuos presentaron evidencia de material de pesca como anzuelos de palangre y nylon de pesca en su tracto intestinal. Los autores mencionan que el mayor número de tortugas varadas en invierno puede ser debido a la migración de tortugas a zonas más cálidas o por la dinámica de factores antropogénicos. Este mismo estudio expone que en su mayoría (143 individuos), las causas de los varamientos y muertes de tortuga amarilla permanecen sin determinar por el avanzado estado de descomposición. Aún cuando los antecedentes de registros de mortandad masiva de tortugas marinas descritos en este trabajo son pocos, es evidente que en distintas regiones del mundo no se ha podido definir con precisión las causas de este fenómeno.

2.2 Marco legal y declaración del GU como ZRP

El marco legal de la pesca en México recoge la preocupación de desarrollar la actividad extractiva en un contexto de sostenibilidad evitando el daño al ecosistema; en este sentido, la política pesquera mexicana ha dado prioridad a los aspectos de generación de empleos y acceso a los recursos pesqueros particularmente para las organizaciones sociales de producción, como las cooperativas (Lluch-Cota *et al.*, 2006) y contempla a las zonas de refugio en un contexto de

desarrollo de los recursos pesqueros a partir de su reproducción, crecimiento o reclutamiento (DOF, 2020). Así, la Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables (LGPAS) constituye un instrumento jurídico de orden público e interés social, reglamentaria del artículo 27 constitucional y que tiene por objeto *regular, fomentar y administrar el aprovechamiento de los recursos pesqueros y acuícolas en el territorio nacional, con el fin de propiciar el desarrollo integral y sostenible de las actividades de la economía nacional* (DOF, 2007).

No obstante la preocupación expresada en el marco legislativo, en la actualidad la actividad pesquera se ha visto afectada por diversos factores tales como que el sector dedicado a dicha actividad no ha podido modernizar sus embarcaciones, o bien, no ha logrado adquirir nuevas embarcaciones a favor de la sostenibilidad; o porque el esfuerzo pesquero de prácticamente todas las pesquerías se encuentra en el valor máximo de conformidad con la Carta Nacional Pesquera; o por la falta de diversificación de recursos para poder reorientar la actividad pesquera y también por la falta de fomento al consumo de productos de origen marino a nivel nacional. Como resultado de lo anterior, la pesca artesanal es una de las principales actividades económicas desarrolladas en las zonas costeras por lo que su ordenamiento es de suma importancia para mantener las poblaciones y ecosistemas de interés saludables (Fernández-Rivera *et al.*, 2018); no obstante, los estudios sobre la pesca ribereña se enfocan principalmente a la biología y dinámica poblacional de las especies objetivo (Espino-Barr *et al.*, 2002; Díaz-Uribe *et al.*, 2013) y generalmente no hay información sobre procedimientos de operación de las flotas pesqueras, organización pesquera, desempeño económico, infraestructura para conservación, procesamiento y comercialización de productos pesqueros, precios y mercados, alternativas de manejo de pesquerías e impacto de políticas pesqueras en las comunidades costeras involucradas, demostrando que la situación actual de la pesca ribereña en nuestro país requiere con urgencia la aplicación de medidas de manejo pesquero participativas (Jiménez-Esquivel *et al.*, 2018).

Por su parte, respecto a la protección de las tortugas marinas en aguas mexicanas, éstas se encuentran catalogadas como especies en "peligro de extinción" bajo la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de

especies en riesgo (DOF, 2010). Se han creado vedas y áreas naturales protegidas que han apoyado a la restauración de la población de tortugas, especialmente de las tortugas golfinas, cuya población es de más de un millón de individuos (Fuentes-Mascorro *et al.*, 2022). Estas listas nacionales de especies en riesgo representan un mecanismo central para legislar en temas relacionados con la protección y la recuperación de especies amenazadas y sus hábitats, así como una fuente de información primordial para determinar prioridades nacionales de conservación.

Si bien a partir de 1962 se iniciaron actividades de prospección en las áreas tradicionales de pesca de tortugas marinas, en particular en algunas comunidades del Pacífico y el Caribe para ubicar las zonas más importantes de alimentación, reproducción y captura (Márquez-Millán y Garduño-Dionate, 2014) fue a partir de 1990 que, en México, se declaró al grupo de tortugas marinas como organismos en veda permanente, sobre el acuerdo por el que se establece veda para las especies y subespecies de tortuga marina en el que se resalta la prohibición de capturar, perseguir y molestar o perjudicar en cualquier forma a todas las especies y subespecies de tortugas marinas en aguas de jurisdicción federal del Golfo de México, Mar Caribe, Océano Pacífico y Golfo de California (García-Martínez y Nichols, 2000).

Además de lo ya mencionado, existen leyes complementarias que deben acatarse según corresponda, como la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) dirigida a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente, en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción. Respecto a la legislación y conservación de tortugas marinas, la LGEEPA menciona en su artículo 83 que *el aprovechamiento de los recursos naturales en áreas que sean el hábitat de especies de flora o fauna silvestres, especialmente amenazadas o en peligro de extinción, deberá hacerse de manera que no se alteren las condiciones necesarias para la subsistencia, desarrollo y evolución de dichas especies* (DOF, 2015). Por su parte, la Ley General de Vida Silvestre (LGVS) responde al objetivo de conservar la vida silvestre mediante su protección y aprovechamiento sustentable. Esta ley establece en el artículo 60 Bis 1, que *ningún ejemplar de tortuga marina, cualquiera que sea la especie, podrá ser sujeto de aprovechamiento extractivo, ya sea de subsistencia o comercial, incluyendo sus partes y derivados* (DOF, 2006).

Ahora bien, como se mencionó anteriormente, la problemática que existe con las artes de pesca y las tortugas marinas, particularmente en el GU, ha provocado que se efectúen medidas que consideren ambos intereses, la actividad pesquera y la conservación de las tortugas marinas para establecer estrategias de conservación y evaluar la factibilidad social y económica, por lo que en 2009 las autoridades estatales y federales, acordaron desarrollar un Programa de Ordenamiento Pesquero y un Plan de Manejo Pesquero de Escama en la región. El ordenamiento pesquero es definido como *el conjunto de instrumentos cuyo objetivo es regular y administrar las actividades pesqueras para inducir el aprovechamiento sustentable de los recursos pesqueros y acuícolas* (DOF, 2007). Por ello, el ordenamiento pesquero es la primera opción en compromiso con los permisionarios para el cumplimiento de reglas que promueven modificaciones en sus patrones de operación (Ramírez-Rodríguez y Hernández-Herrera, 2016).

En México, los programas de ordenamiento pesquero son un instrumento de política pública que da pautas para regular y administrar las actividades pesqueras (Fernández-Rivera *et al.*, 2018). El manejo de las pesquerías artesanales debe ajustarse a lo que establece la LGPAS, conformada por tres instrumentos de política pesquera los cuales incluyen programas de ordenamiento pesquero, planes de manejo pesquero y concesiones y permisos (DOF, 2020). Por lo anterior, en coordinación con las dependencias competentes, se llevó a cabo el Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Pacífico Norte, con el objeto de establecer los lineamientos y previsiones a las que deberá sujetarse la preservación, restauración, protección y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales existentes en áreas específicas ubicadas en aguas marinas de jurisdicción nacional, incluyendo las zonas federales adyacentes (2023b). Este Programa de Ordenamiento inició en 2009, entre 2012 y 2014 se hicieron estudios técnicos de caracterización, diagnóstico, pronóstico y propuesta, dentro de los cuales se incluyeron un análisis de aptitud y de conflictos ambientales y la identificación de áreas prioritarias para la conservación. Entre diciembre de 2014 y marzo de 2015 se llevó a cabo un proceso de consulta pública para dar a conocer la propuesta del Programa y ampliar el proceso de participación pública en la región (Fernández-Rivera *et al.*, 2018).

Durante este periodo se llevó a cabo también el estudio interinstitucional mencionado anteriormente (CIBNOR-UABCS-CICIMAR-IPN, 2013) y acciones del ordenamiento pesquero

propio del GU que implicó censo de pescadores y de artes de pesca, verificación de permisos, colocación e instalación de dispositivos electrónicos de identidad a embarcaciones de pesca (chipeado) y registro de unidades de pesca, entre otras acciones (López-Ramírez, 2018). Posterior a ello, y todavía como parte de las acciones por intentar solventar este problema, en 2014 se implementó un Programa de Asistentes Técnicos a Bordo de la Flota Artesanal en el GU, especialmente dirigido al acompañamiento de las actividades de pesca con el objetivo de registrar y llevar un control y monitoreo diario de las operaciones de pesca a bordo de las embarcaciones menores, con el fin de determinar la potencial interacción con tortugas marinas. Dichas observaciones fueron realizadas en el periodo de septiembre a diciembre de 2014, en las zonas centro y sur del GU (DOF, 2018a) y durante 2015, 2016, 2017 y 2018 en todo el GU (Ramírez, 2021). Sin embargo, a la par de estas acciones, ante la amenaza de embargo (CEMDA, 2015) y considerando el marco legal que rige la conservación de especies marinas en México, que permite declarar áreas de refugio pesquero o áreas marinas protegidas bajo la coordinación de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), en mayo del 2015 el GU fue declarado Zona de Refugio Pesquero (ZRP) debido a la interacción entre la actividad pesquera ribereña con las poblaciones de especies emblemáticas protegidas internacionalmente, particularmente la tortuga amarilla, limitando por decreto la actividad pesquera por dos años y con ello restringiendo la principal actividad productiva en la región. Esta acción se llevó a cabo sin la consideración integral de las implicaciones sociales ya que, como se ha mencionado, la pesca ribereña en la región es esencial para la economía de los habitantes de las comunidades locales y para Baja California Sur, siendo uno de los principales promotores de la economía local y estatal (Cortés-Ortiz *et al.*, 2016).

Además, las comunidades pesqueras dentro del GU presentan vulnerabilidad social elevada, es decir, desigualdades y desventajas sociales que van más allá de la pobreza monetaria, ya que cuentan con numerosas amenazas locales y globales que ponen en riesgo los medios de subsistencia, bienestar, seguridad alimentaria y estilos de vida. Es importante señalar que los pescadores son parte integral del sistema socioambiental del GU en el que los cambios que se presenten dentro del ecosistema impactan igualmente a las comunidades y viceversa, por lo tanto, la naturaleza interactiva entre el GU y el entorno pesquero es fundamental para la toma de decisiones (Salinas-Zavala *et al.*, 2022).

Así, la ZRP para la tortuga amarilla expone la protección de esta especie en el GU, al respecto, la LGPAS menciona específicamente en el artículo 9 que la SADER deberá coordinarse con la SEMARNAT para alcanzar *objetivos relacionados con la preservación, restauración del equilibrio ecológico y la protección del ambiente*, particularmente (fracción V) para el caso de dictar las medidas tendientes a la protección de los quelonios, mamíferos marinos y especies acuáticas sujetas a un estado especial de protección. Así mismo, establecerá las vedas, totales o parciales, referentes a estas especies (DOF, 2018b). Cabe destacar que diversos estudios han demostrado que se incrementan los beneficios ecológicos al establecer polígonos como ZRP ubicadas en la misma área o región, ya que pueden tener influencia unas sobre otras, de tal manera que se conformen redes interconectadas biológicamente en beneficio de las especies de la región y del ambiente (DOF, 2014). Las ZRP se definen en el Artículo 4º, Fracción LI de la LGPAS como “*Áreas delimitadas, con la finalidad de conservar y contribuir, natural o artificialmente, al desarrollo de los recursos pesqueros con motivo de su reproducción, crecimiento o reclutamiento, así como preservar y proteger el ambiente que lo rodea*” (DOF, 2007).

Conforme a lo anterior, la ZRP fue modificada en sus dimensiones y alcances en 2016, y publicado en el Diario Oficial de la Federación el "*Acuerdo por el que establece la Zona de Refugio Pesquero y nuevas medidas para reducir la posible interacción de la pesca con tortugas marinas en la costa occidental de Baja California Sur*", en el que se amplía la superficie de la ZRP a 19,934 km², con una vigencia de 2 años y en donde se explican las medidas de manejo complementarias para la conservación y al aprovechamiento sustentable de las especies de interés pesquero, así como de aquellas en régimen de protección especial y donde además se exponen las siguientes medidas para prevenir la interacción con las tortugas marinas:

- I. *En caso de captura incidental se deberán aplicar medidas para la liberación del ejemplar, en adecuadas condiciones de sobrevivencia. Solamente se permite la retención temporal de algún ejemplar de tortuga marina capturado accidentalmente, cuando ocurra alguno de los casos siguientes:*
 - a. *Se tomen datos morfológicos, muestras biológicas o serológicas, o cualquier otra necesidad de estudio o investigación autorizada. Esto implica que el ejemplar sea regresado al agua en adecuadas condiciones.*

Así mismo, durante la fase final de esta tesis, en agosto de 2023 se publicó en el Diario Oficial de la Federación el aviso por el cual se modificaba el Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Pacífico Norte (DOF, 2023b), mismo que ratifica al GU como una zona de protección para la tortuga amarilla y donde se expone lo siguiente:

Apartado CB25: Las actividades de aprovechamiento pesquero que utilicen artes de pesca que interactúen con individuos de tortuga amarilla (Caretta caretta) en el Golfo de Ulloa no deberán afectar a la población de esta especie. La mortandad de tortuga amarilla con las artes de pesca comercial en el GU deberá supervisarse y comprobarse.

Apartado CB25 bis: Durante el período de máxima agregación (mayo a septiembre, que son los meses de mayor actividad pesquera), la mortandad de tortuga amarilla por interacción con las artes de pesca comercial en el polígono de la "ZRP y medidas para reducir la posible interacción de la pesca con tortugas marinas en la Costa Occidental de Baja California Sur" deberá supervisarse y comprobarse. Las autoridades competentes, federales y locales definirán de común acuerdo con los sectores de la pesca de altura y la ribereña, el mecanismo de monitoreo y supervisión para prevenir la mortalidad de tortuga marina por la pesca y acordarán las medidas a tomar al comprobarse la mortandad de tortuga por esta actividad.

Apartado CB26: Durante el período de máxima agregación (mayo-agosto), el aprovechamiento pesquero: (1) con redes de enmalle se permite en profundidades menores o iguales a 15 m, mientras no se compruebe mortandad de tortuga amarilla (Caretta caretta) por interacción con las artes de pesca comercial en el Golfo de Ulloa; (2) en profundidades mayores de 15 m, el aprovechamiento pesquero sólo se permite con artes de pesca que no tengan interacción con esta especie.

A partir de la actualización en 2023, sobre la consideración del GU como una zona de protección para *C. caretta* y la vigencia del polígono de la ZRP, es importante señalar que algunas de las actividades que antes eran altamente estrictas, como el número límite de mortalidad causado por la pesca que en un principio era de 90 organismos y después de 200, quedaron en la

ambigüedad dado que ahora ya no se señala el número límite de organismos por captura incidental al año.

2.3 Sobre los aspectos biológicos y ecológicos de las especies de interés

Las tortugas marinas forman parte de la historia y el patrimonio biológico de México (García-Grajales *et al.*, 2018) y son consideradas importantes componentes de los complejos ecosistemas marinos y costeros (Rodríguez y Ruíz, 2010); sin embargo, igual que el resto de los testudinos, se encuentran entre los clados de vertebrados más amenazados del mundo (Böhm *et al.*, 2013). Este grupo biológico cumple con papeles ecológicos importantes en ecosistemas tan diversos como los arrecifes coralinos (León y Bjorndal, 2002) y los pastos marinos, transportando además energía entre el mar y las playas (Bouchard y Bjorndal, 2000).

Las tortugas marinas y los humanos han estado vinculados desde los tiempos en que el hombre se estableció en las costas e inició sus recorridos por los océanos (Eckert *et al.*, 2000). Las especies de tortugas marinas están catalogadas como “En peligro crítico”, “En peligro” o “Vulnerable” por la Unión Mundial para la Conservación de la Naturaleza (UICN; Baillie *et al.*, 2004). Algunas, de las poblaciones a nivel mundial han disminuido como secuela de las prácticas de extracción no sustentables para el aprovechamiento de su carne, concha, aceite, pieles y huevos (Putman *et al.*, 2015) en los siguientes apartados se hace una breve descripción de los aspectos biológicos y ecológicos de las dos especies de interés abordadas en este trabajo: la tortuga amarilla (*Caretta caretta*) y la tortuga verde (*Chelonia mydas*).

2.3.1 *Caretta caretta*

También conocida como tortuga amarilla, caguama, cayume, cabezona, cayuma, cahuama, perica, o boba (*loggerhead turtle* en inglés), es una tortuga marina pelágica que habita en los cinco océanos y se distribuye en las regiones tropicales alrededor del mundo (Mota-Rodríguez *et al.*, 2014). En el Océano Pacífico sus playas de anidación se encuentran en el archipiélago japonés; los juveniles migran utilizando la corriente de Kuroshio nadando 12,000 km aproximadamente hasta las inmediaciones de la Península de Baja California, donde sus zonas de alimentación se

encuentran dentro del GU, el cual está considerado como hábitat prioritario de alimentación de la especie y donde se establecen por rango de residencia de ocho a 20 años hasta alcanzar su estado adulto (Eckert *et al.*, 2000; Nichols, 2003; Dow-Piniak y Eckert, 2011). A esta población se le considera altamente migratoria por los movimientos transoceánicos que realizan desde Japón hasta costas de América del Norte (Nichols, 2003). La tortuga amarilla no se suele reproducir todos los años, normalmente deja de una a dos temporadas e incluso puede llegar a tener tres temporadas de reposo y alimentación en sus áreas de migración normalmente alejadas miles de kilómetros de las zonas de anidación. Es frecuente observar a los machos en el mar cerca de las playas durante la anidación esperando a las hembras que vuelven a ovular pocas horas después de cada puesta (Baptistotte *et al.*, 2003). En México, esta especie se distribuye en el Atlántico, incluyendo el Golfo de México y el Mar Caribe, así como en el Pacífico, aunque en este litoral su distribución es más restringida, concentrándose en las inmediaciones de la Península de Baja California (CONANP, 2022). Esta especie de tortuga no anida en costas mexicanas y con excepción de un registro de cortejo y apareamiento en aguas del GU (Merino-Zavala *et al.*, 2018), no se han observado individuos en fases reproductivas; sin embargo, su presencia se debe a un largo periodo de crecimiento alimentándose en el sitio, por lo que es posible encontrar numerosas agrupaciones de varios cientos de juveniles y preadultos al suroeste de Baja California (entre 1 y 20 km o más alejados de la costa), en zonas de aguas profundas, especialmente entre los meses de abril y septiembre. Tienen un amplio espectro alimenticio que incluye casi todos los grupos zoológicos, esponjas, medusas, corales, crustáceos, moluscos, tunicados y peces (Contreras-Salazar, 2008). Los hábitos alimenticios de esta especie son principalmente carnívoros pues se alimenta de una gran variedad de animales pelágicos cuando son juveniles, y de organismos bentónicos cuando se encuentran en la etapa adulta (Morales-Zárate *et al.*, 2021).

2.3.2 *Chelonia mydas*

Esta tortuga, también llamada verde, negra, prieta, sacacillo, parlama o torita, motivó un alto interés comercial por el valor que llegó a tener su piel y la alta calidad de su carne en el mercado (CONANP, 2011). La vulnerabilidad de las poblaciones de la tortuga verde se debe principalmente a la madurez sexual tardía de los individuos (Balazs, 1980) y a su compleja historia de vida. Al ser

una especie migratoria utiliza una gran variedad de ambientes a lo largo de su ciclo vital (Hirth, 1971).

Las crías, juveniles y adultos migrantes ocurren en zonas pelágicas (CONANP, 2011). Su alimentación está basada en macroalgas, pastos marinos, mangle y algunos grupos de invertebrados presentes en lagunas costeras, islotes, áreas de manglar y arrecifes, sitios que son utilizados como zonas de forrajeo (González-Ramos *et al.*, 2016). Por lo que su alimentación es omnívora durante las etapas de cría y juvenil, pero al llegar a la madurez su alimentación es totalmente herbívora, ya que el mayor consumo es de macroalgas y pastos marinos (López-Mendilaharsu *et al.*, 2008). Es reconocida por ser muy selectiva en cuanto a los sitios de alimentación y apareamiento, tanto que generaciones enteras pueden migrar alternativamente entre las mismas áreas de anidación y apareamiento (Plotkin *et al.*, 1993). Estudios en el Océano Pacífico oriental demostraron que, en su etapa juvenil, se traslada a aguas costeras poco profundas para alimentarse (Seminoff y Wallace, 2012). La tortuga verde se distribuye desde Alaska hasta Chile, en el Pacífico occidental frecuentan Japón y algunas partes del sur de Rusia, en el hemisferio sur llegan hasta el extremo norte de Nueva Zelanda y algunas islas al sur de Tasmania. En Baja California Sur, los juveniles y subadultos de tortuga verde se agregan en áreas costeras de forrajeo con abundantes pastos marinos y algas, donde permanecen entre 20 y 30 años, mostrando alta fidelidad a los sitios de alimentación y ámbitos hogareños limitados (López-Castro *et al.*, 2010).

3. JUSTIFICACIÓN

Los eventos anteriormente mencionados y las complicaciones que conllevan la interacción de las actividades de pesca y la presencia de tortugas marinas en el GU han hecho que exista una fuerte presión internacional para responder la problemática en el marco de los compromisos de la conservación del grupo de organismos. Adicionalmente, los intereses sociales dentro del sistema socioambiental del GU, han sido poco valorados en la toma de decisiones para el establecimiento de políticas encaminadas hacia la sostenibilidad de sistema, dejando de lado el arraigo cultural que existe por parte de los pescadores de la región hacia sus actividades prioritarias. Aunque se ha investigado sobre los fenómenos de mortandad masiva, la hipótesis de que la pesca incidental es uno de los principales factores aún persiste, y se menciona que es la mayor influencia en el declive de la población de tortugas marinas a una escala nacional y mundial. Sin embargo, aún es muy profunda la incertidumbre sobre el problema, ya que no hay evidencias claras de que los decesos de todas las tortugas varadas sean debidos a la pesca incidental, y dado que muchos organismos ya se encuentran en avanzado estado de descomposición al llegar a las playas, saber con precisión la causa de muerte es en extremo difícil de determinar. A pesar del esfuerzo y los estudios realizados en los últimos años, no se sabe con certeza la causa de la elevada mortandad de tortugas marinas en las inmediaciones del GU y áreas oceánicas adyacentes, por lo que aún no queda claro si este fenómeno corresponde completamente a la actividad pesquera u a otro evento desconocido.

La presente investigación aporta información relevante sobre la interacción que existe en tiempo y espacio entre las actividades pesqueras y la presencia de dos especies de tortuga marina (*C. caretta* y *C. mydas*) dentro del sistema socioambiental del GU en la ventana temporal definida por la información integrada de 2015 a 2016, lo cual coadyuvará a dimensionar el efecto real de dicha actividad productiva sobre los fenómenos de mortandad de estas especies en el sitio, adicionalmente se espera que los resultados sienten las bases para un diálogo abierto entre los actores y lleguen a la toma de decisiones cuyo resultado mejore las medidas de mitigación y ordenamiento ambiental acordes con las tres esferas del desarrollo sostenible: la ecológica, la económica y la social.

4. HIPÓTESIS

Considerando que el GU es un sistema socioambiental de alta importancia ya que sostiene elevadas concentraciones de diversidad marina que ha permitido durante décadas el sustento de miles de organismos, así como la explotación de recursos pesqueros, es de esperarse que las actividades productivas que inciden en el sistema socioambiental tengan coincidencia con las especies de tortuga marina *C. caretta* y *C. mydas* en tiempo y espacio, aun cuando dicha interacción no necesariamente debe ser permanente, homogénea, ni fatal.

5. OBJETIVOS

5.1 Objetivo general

Evaluar la interacción entre la actividad pesquera y dos especies de tortuga marina (*C. caretta* y *C. mydas*) dentro del sistema socioambiental del Golfo de Ulloa.

5.2 Objetivos particulares

- I. Caracterizar el esfuerzo pesquero del sistema socioambiental del Golfo de Ulloa.
- II. Caracterizar la interacción en tiempo y espacio de la tortuga amarilla (*C. caretta*) y de la tortuga la verde (*C. mydas*) con las acciones extractivas de la pesca en el sistema socioambiental del Golfo de Ulloa.
- III. Estimar los valores de probabilidad de que ocurra interacción entre las acciones extractivas de la pesca y las tortugas marinas.

6. MATERIAL Y MÉTODOS

6.1 Área de Estudio

El GU se encuentra localizado en la costa occidental del estado de Baja California Sur (BCS), aproximadamente entre los 25° y los 27° de latitud Norte y entre los 112° y 114° de longitud Oeste con una superficie de 1,993,229 ha, entre los cabos de Punta Abreojos en el norte hasta Cabo San Lázaro en el sur (Figura 1). Está completamente influenciado por la Corriente de California (CC) que fluye a lo largo de la costa de Norteamérica hasta el extremo sur de la Península de Baja California (Lynn y Simpson, 1987). Es una zona de surgencias oceánicas que cuenta con elevadas concentraciones de material orgánico y altos valores de productividad primaria estas atribuciones han permitido que el GU sea considerado un Centro de Actividad Biológica (BAC, por sus siglas en inglés: *Biological Action Center*, Lluch-Belda, 2000). El GU produce y exporta biomasa a los ecosistemas adyacentes y favorece el desarrollo de pesquerías en regiones relativamente amplias cuya importancia decrece en la medida en que la distancia aumenta desde el centro de producción. La variabilidad estacional, anual y de mesoescala en las surgencias se relaciona con la intensidad de las corrientes geostróficas, y de las corrientes inducidas por el viento (Bograd y Lynn, 2003). La existencia de los BAC ha sido relacionada con la combinación de ciertos procesos oceanográficos (Bakun y Nelson, 1991). Durante los meses de calma de los vientos, las concentraciones de biomasa costeras (dentro de los 20 km a partir de la costa) son considerablemente elevadas en el GU, pero no se extienden más allá de los 20 km antes de que la concentración sea similar al promedio de toda la zona costera. En el GU, las altas abundancias de macrozooplancton se presentan en las propias áreas de alta concentración pigmentaria de clorofila, lo que permite suponer una transferencia trófica casi inmediata (del Monte-Luna, 2004).

Por otra parte, las áreas de alta abundancia de larvas de peces aparecen relativamente cercanas a los núcleos de alta concentración pigmentaria, lo que podría ser resultado de procesos de retención y concentración, procesos oceanográficos que en conjunto con el de enriquecimiento forman la tríada de Bakun y Nelson (1991).

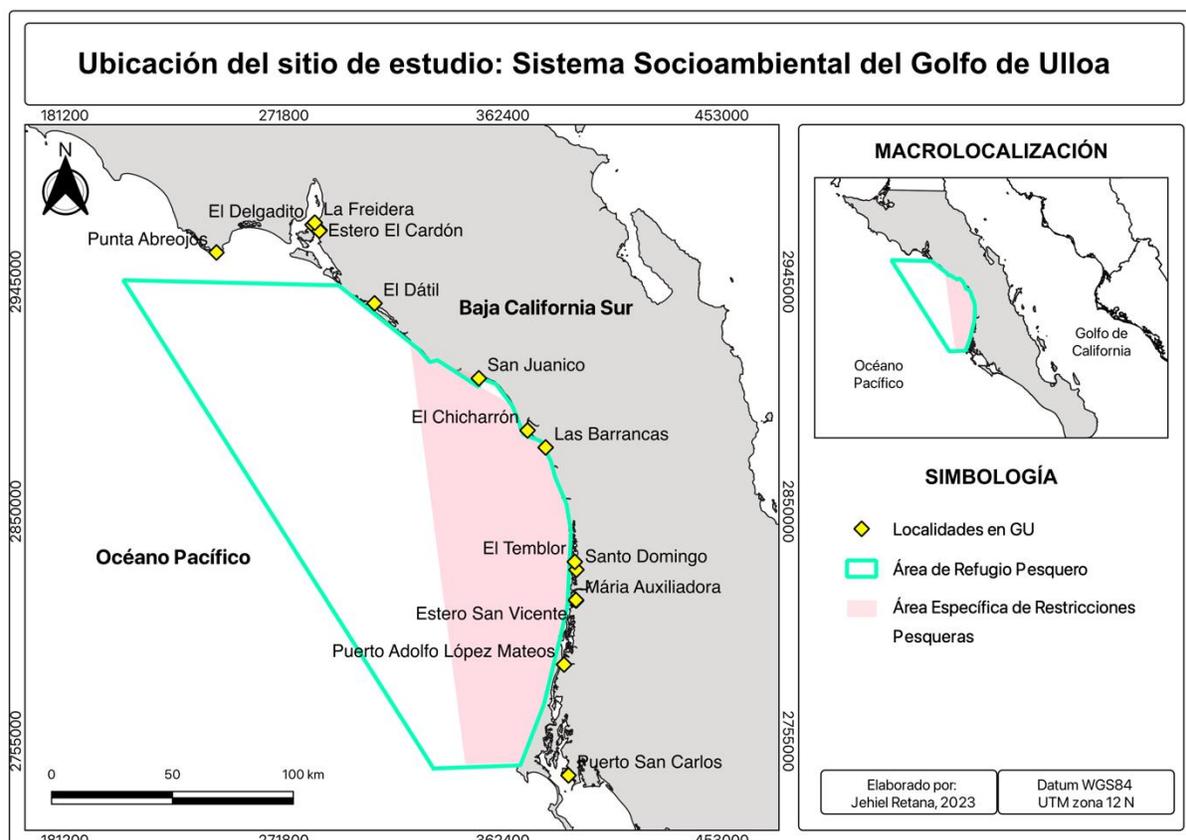


Figura 1. Ubicación del Golfo de Ulloa, polígono de la ZRP y polígono de Área Específica de Restricciones Pesqueras. Coordenadas tomadas del Diario Oficial de la Federación (2018).

El tamaño en anchura de la plataforma continental en el GU varía considerablemente, en el extremo más norte mide en promedio 30 km, y va extendiéndose paulatinamente hasta alcanzar los 80 km en su parte media. La región con la plataforma más angosta presenta un fondo predominantemente rocoso con áreas estrechas de sedimentos arenosos, típico de sistemas de alta energía y baja tasa de sedimentación. Por el contrario, en el área donde la plataforma continental es más ancha, existe un fondo de tipo arenoso con algunos parches rocosos pegados a la costa, resultado de una sedimentación más intensa (Lluch-Belda, 2000).

6.2 Caracterización del esfuerzo pesquero

Para la caracterización del esfuerzo pesquero se empleó la base de datos que contiene información sobre el censo y verificación de las artes de pesca y embarcaciones que realizan actividades dentro del GU. Esta base de datos contiene la recopilación de información de todos

los campos pesqueros permanentes y temporales, situados a lo largo del litoral del GU, así como la información referente a afiliación a federaciones, número de pescadores, dimensiones y datos de identificación de las embarcaciones, dimensiones y número de artes de pesca, situación de los permisos-concesiones y los sitios de arribo; esta información se levantó mediante encuestas por personal de la CONAPESCA y del CIBNOR durante el periodo de septiembre de 2014 a marzo de 2015 y se realizaron gráficos descriptivos al respecto de dichas variables, además, se hizo una comparación estadística del cumplimiento normativo de las dimensiones de las redes tipo chinchorro, principales artes de pesca empleadas en el GU. Estas artes de pesca son las más abundantes en el GU y son, junto con los palangres, consideradas como las artes de pesca que mayor interacción tienen con la megafauna marina. En este estudio, únicamente se analizaron las interacciones entre las redes de tipo chinchorro y las tortugas marinas.

Para facilitar la ubicación de las localidades presentes en el GU y poder visualizarlas en los mapas representados en la presente tesis, se nombraron aquellas descritas en las bases de datos utilizadas y que se enlistan en la Tabla 1.

Tabla 1. Localidades pesqueras dentro del sistema socioambiental del GU, BCS consideradas en este estudio.

Número	Localidad
1	Punta Abreojos
2	El Delgadito
3	La Freidera
4	Estero El Cardón
5	Laguna San Ignacio
6	El Dátil
7	San Juanico
8	El Chicharrón
9	Las Barrancas
10	El Temblor
11	Santo Domingo
12	Estero San Vicente
13	María Auxiliadora
14	Puerto Adolfo López Mateos
15	Puerto San Carlos

6.3 Avistamientos de tortugas marinas e interacciones con artes de pesca

Para este apartado se utilizó la base de datos que contiene información sobre los avistamientos y las interacciones de tortugas marinas con las artes de pesca que fue compilada por el programa de Asistentes Técnicos a Bordo (ATBs) organizado por la CONAPESCA y de la cual se tuvo acceso parcialmente a través del Comité de Ordenamiento Pesquero del GU. Esta información cuenta con registros desde junio 2015 a julio 2016 y contiene dos tipos de información: **1) Avistamientos**, que se refiere a los registros de observaciones de tortugas (vivas y muertas) a cualquier distancia de la embarcación durante cualquier punto del trayecto realizado en los recorridos efectuados a bordo de las embarcaciones de pesca y; **2) Interacciones**, que se refiere a los registros efectuados en el sitio de pesca durante la recuperación de las redes tipo chinchorro. Estos registros de interacciones con las tortugas marinas se clasificaron según la condición del organismo, si se encontraba enredada o no, y vivo o muerto; en adelante únicamente se hará referencia a dichos apartados denominando *Avistamientos* o *Interacciones*.

Avistamientos cuenta con 485 registros en 19 campos específicamente: id del asistente técnico a bordo, nombre del patrón, día, mes, año, hora de salida, hora de llegada, número de lanceta, número de tortugas, hora de avistamiento, coordenadas en latitud, coordenadas en longitud, dirección u orientación, distancia de avistamiento, id de actividad, id de la especie, asociación, observaciones y condición. Después de dicho análisis se realizaron los mapas correspondientes.

Interacciones cuenta con 85 registros en 24 campos específicamente: id del asistente técnico a bordo, día, mes, año, hora del levantamiento, hora de liberación, número de lanceta, id de la especie, costado izquierdo, costado derecho, descripción del caparazón, coordenadas en latitud, coordenadas en longitud, dirección u orientación, observaciones, condición, causa de la condición, causa de la cicatriz o herida, observaciones en la liberación, dimensión del ancho de la cabeza, dimensión del largo del caparazón, dimensión del ancho del caparazón, dimensión longitud de la cola y epibiota.

Mediante el análisis exploratorio de datos y con la finalidad de eliminar las inconsistencias detectadas, se corrigieron las bases de datos mediante el uso de funciones condicionantes en el programa Excel. Una vez detectadas estas inconsistencias se procedió a homogenizar términos,

claves, formatos, coordenadas, estilo en todos los campos de todos los apartados en todas las bases de datos.

Debido a que esta información es propiedad de la CONAPESCA y con el objetivo de no utilizar datos de identificación personal, para todas las bases de datos se tomaron en cuenta los siguientes campos. De la base censo: nombre del sitio de arribo y/o localidad, localidad, municipio, estado, tipo de pescador (socio / permisionario / libre / trabajador temporal), cantidad total por tipo de arte de pesca, total de artes de pesca verificadas, tipo de arte de pesca, especie objetivo, zona de pesca, nombre de los sitios de desembarque y cantidad de embarcaciones autorizados y verificación física de embarcaciones. Y de la base de datos de los ATBs: día, mes, año, id de la especie, coordenadas en latitud, coordenadas en longitud, observaciones, condición, causa de la condición, causa de la cicatriz o herida y observaciones en la liberación.

La descripción general de Avistamientos e Interacciones se realizó para cada especie, por mes y por sitio, generando tablas de conteo y mapas de ocurrencia en cada caso.

6.4 Estimación de la influencia potencial máxima de la red tipo chinchorro

Con la finalidad de tener un valor proximal del área de influencia de las redes de pesca sobre las tortugas cercanas, se consideró la longitud máxima registrada para los chinchorros de línea que fue de 1,600 m y empleando esta distancia como referencia se estableció un buffer circular con radio de dicha longitud en cada sitio en el que hubo registro de tortugas con evidencia de muerte por red (32 registros). Posterior a ello se contabilizó por mes el número de tortugas avistadas que se traslaparon con este buffer y a partir del cual, se calculó el potencial de influencia de la red, determinando si no hubo más tortugas muertas porque no hubo coincidencia de la red y las tortugas en el sitio, o porque habiendo tortugas vivas y coincidencia con la red no necesariamente todas quedarían atrapadas en la misma. Los resultados se presentan en mapas por mes por especie.

6.5 Propuesta de un índice de interacción entre las actividades de pesca y las tortugas marinas (IIAT)

Las interacciones se clasificaron en las categorías que se muestran en la Tabla 2. Para los fines de cálculo del IIAT, estos valores fueron denominados como constantes de valor para cada categoría; es decir, tienen un sentido ordinal numérico y se definen con la letra griega β de la ecuación 1. Adicionalmente, se creó una cuadrícula que delimitó el polígono de la ZRP (DOF, 2018) y se dividió en 236 cuadrantes de 10 x 10 km (100 km²), dentro de los cuales se contó el número total de tortugas registradas por categoría (β) a la cual pertenecían, considerando para ello tanto avistamientos como interacciones. Con los totales resultantes se construyó una expresión matemática que denominamos como **índice de interacción de artes de pesca y las tortugas marinas (IIAT)**, el cual se expresa con la ecuación 1.

Tabla 2. Categorías empleadas para agrupar las interacciones con los chinchorros de pesca con las tortugas marinas en el periodo de junio 2015 a julio 2016 en el sistema socioambiental del GU, BCS.

Categoría (β)	Descripción
1	Viva sin enredo
2	Muerta sin enredo
3	Viva con enredo
4	Muerta con enredo

$$IIAT = \sum_{i=1}^4 \frac{(TC_i * \beta_i)}{\sum T\alpha} \quad (1)$$

Dónde:

IIAT = índice de interacción de artes de pesca y las tortugas marinas en el cuadrante "α", en este caso es de 10 x 10 km

TC_i = total de tortugas por categoría "i"

Tα = total de tortugas por cuadrante

β_i = constantes de valor para cada categoría "i"

$i = \text{categorías de interacción (1,2,3 o 4)}$

Una vez calculado el índice por cuadrante, los valores se normalizaron utilizando el método denominado Min-Max (Spiegel y Stephens, 2009) a través de la ecuación 2.

$$IIAT = \frac{(IIAT - IIAT_{min})}{(IIAT_{max} - IIAT_{min})} \quad (2)$$

Con los valores normalizados por cuadrante se crearon cuatro categorías de posible afectación en la ZRP del GU (Tabla 3) sobre la base de la división por cuartiles.

Tabla 3. Caracterización de las categorías de afectación derivadas del IIAT utilizado para la definición de zonas de riesgo.

Tipo de riesgo	Descripción
1. Potencial IIAT (0.00 – 0.25)	Probabilidad de que las tortugas marinas se distribuyan en sitios donde haya actividad pesquera (color verde).
2. Riesgo IIAT (0.26 – 0.50)	Probabilidad de que las tortugas marinas se distribuyan en un espacio donde se registró al menos un evento de pesca incidental sin ser fatal (color amarillo).
3. Peligro IIAT (0.51 – 0.75)	Probabilidad de que las tortugas marinas se distribuyan en un espacio donde ha existido pesca incidental más de una vez pudiendo ser fatal o no (color anaranjado).
4. Daño IIAT (0.76 – 1.00)	Probabilidad de que las tortugas marinas se distribuyan en un espacio donde ha existido pesca incidental más de una vez y los resultados hayan sido fatales más de una vez (color rojo).

Finalmente, los resultados se muestran de manera espacialmente explícitos en mapas realizados con el programa Qgis.

6.6 Análisis de probabilidad de interacción entre las artes de pesca y las tortugas marinas

Considerando los datos registrados por los ATBs, para calcular la probabilidad de que ocurra un evento de interacción (Tabla 2) entre las artes de pesca y las tortugas marinas en algún sitio de la ZRP dentro del GU, debemos recordar que se trata de una variable discreta, que ocurren en algún espacio específico, en este caso, el área de ZRP dentro del GU; esta premisa nos permite plantear la solución a través del análisis de probabilidad de Poisson, que junto con la distribución binomial,

son las más importantes para el estudio de probabilidades de variables discretas, es muy utilizada para analizar situaciones donde los sucesos son raros o de ocurrencia aleatoria. Esta distribución de probabilidades discretas expresa, a partir de una frecuencia de ocurrencia media denominada lambda (λ), la probabilidad que ocurra un determinado número de eventos durante un intervalo de tiempo dado o en una región específica dada, como es el caso que nos ocupa donde se han definido cuadrantes de 10 x 10 km.

Con la información resultante del cálculo del IIAT por cuadrante, mediante la función de densidad de probabilidad de Poisson se calculó la probabilidad de ocurrencia de alguno de los cuatro tipos de interacción por unidad de espacio definido. La función de probabilidad de Poisson se representa con la notación de la ecuación 3.

$$P(x) = f(x) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!} \quad (3)$$

Dónde:

$P(x)$ = la probabilidad de tener exactamente x eventos

$e^{-\lambda}$ = exponencial 2.71828 (base de los logaritmos naturales), elevada a la lambda potencia negativa

λ = el número promedio de ocurrencias de un evento aleatorio en un espacio dado

x = el número de eventos por unidad de área

Con ello, se obtuvieron los valores de probabilidad por categoría y para el conjunto de las mismas. Los resultados de las probabilidades se muestran de manera gráfica, para lo cual se sustituyeron los valores del número de eventos en la ecuación (3), empleando los valores de λ estimados se realizaron pruebas de bondad de ajuste para cada categoría con un nivel de confianza del 95 % (Hernández de La Rosa *et al.*, 2017), finalmente se observaron los resultados.

6.7 Estimación de la probabilidad condicional entre el evento de interacción y la muerte de tortugas

La probabilidad de que un suceso A suceda (muerte de tortuga) dado que otro suceso B (enredo) ha ocurrido, es la probabilidad de que ocurra A sabiendo que B se ha verificado, esto se conoce

como probabilidad condicional. Desde un punto de vista más formal se define mediante la ecuación 4:

$$P(A|B) = \frac{P(A \cap B)}{P(B)} \quad (4)$$

Dónde:

P(A|B): la probabilidad de que un evento A suceda dado que B ha ocurrido

P(A ∩ B): la probabilidad de intersección de los dos eventos

P(B): la probabilidad del evento B

siempre que $P(B) > 0$. Además, deben tomarse las siguientes consideraciones:

- a) *Es importante diferenciar entre $P(A \cap B)$ y $P(A|B)$.*
- b) *Una probabilidad conjunta $P(A \cap B)$ es siempre menor que las probabilidades simples $P(A)$ y $P(B)$.*
- c) *Una probabilidad condicionada $P(A|B)$ puede ser mayor, menor o igual que $P(A)$.*
- d) *El espacio muestral en la probabilidad condicional $P(A|B)$ queda restringido a B.*

Para el análisis de probabilidad condicional se creó una matriz de conjuntos (Figura 2) para mostrar la probabilidad de que ocurran los eventos por categoría utilizando tanto los datos de los avistamientos como los de las interacciones dentro del polígono de la ZRP. La tabla de contingencia 2 x 2 así generada se empleó para una prueba de independencia de las muertes de tortugas respecto de la interacción mediante el estadístico χ^2 ; debido a que la distribución de frecuencias es discreta y los valores calculados de χ^2 corresponden a una distribución continua, se utilizó la corrección de Yates con un nivel de confianza del 95 % (Molina-Arias, 2021).

		A) Condición de la tortuga		TOTALES
		Viva	Muerta	
B) Enredada en la red	No	457	38	495
	SÍ	42	31	73
TOTALES		499	69	568

Figura 2. Matriz de interacción para el cálculo de la probabilidad condicional de las dos especies de estudio.

7. RESULTADOS

7.1 Caracterización del esfuerzo pesquero

Con base en el análisis estadístico y en los censos realizados en la zona de estudio del GU, se encontró el registro agregado en 15 localidades y/o campos pesqueros, en los cuales se contabilizaron un total de 1,270 pescadores (Figura 3). De acuerdo con los datos poblacionales, el intervalo de edad de los pescadores va de los 15 a los 84 años, con un valor promedio de 43 años y una moda de 42 años. Esto incluye al mayor porcentaje (61 %) dentro del intervalo de los 33 a los 56 años (Figura 4).

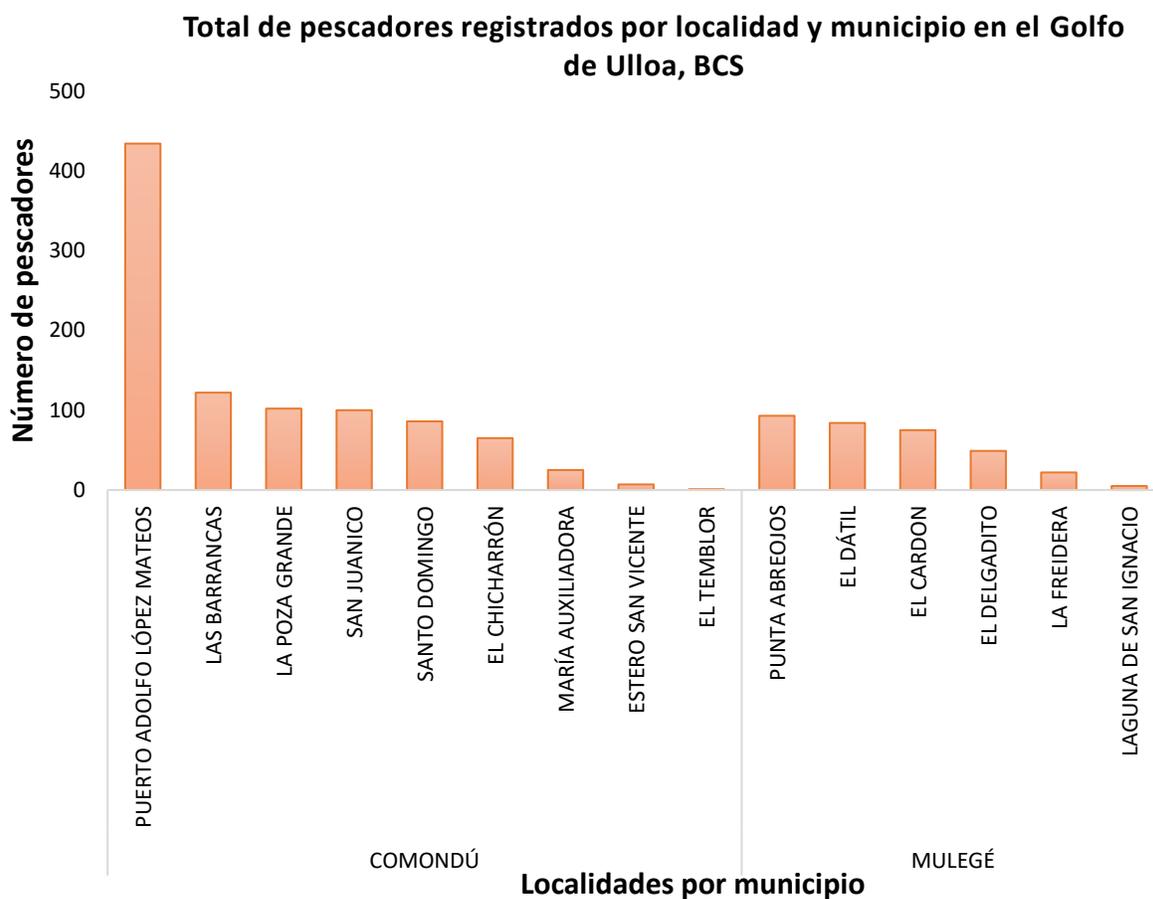


Figura 3. Número de pescadores registrados por localidad en el sistema socioambiental del GU, BCS.



Figura 4. Frecuencia de pescadores por edad en el sistema socioambiental del GU, BCS.

Analizando los datos obtenidos de manera general, se designaron cuatro categorías diferentes en los que se encuentran los pescadores por localidad y/o campo pesquero, estos son: trabajador libre, permisionario, cooperativa (socio) y trabajador temporal, cuyas definiciones acotadas para el presente ejercicio son:

- Trabajador libre: Pescadores que, sin estar asociados a una unidad económica pesquera, realizan actividades de pesca bajo el amparo de permisos prestados o rentados.
- Permisionario: Persona titular de un permiso de pesca comercial.
- Cooperativa (socio): Pescadores afiliados a una organización pesquera.
- Trabajador temporal: Pescadores asociados a una organización pesquera de manera temporal.

En la Figura 5, se observa que el mayor porcentaje de los pescadores pertenecen a una cooperativa (76 %), seguido a la respuesta de que trabaja de manera temporal (21 %), mientras que el menor registro fue para el pescador permisionario y pescador libre con 2 % y 1 %, respectivamente.

Proporción de pescadores por categoría de registro

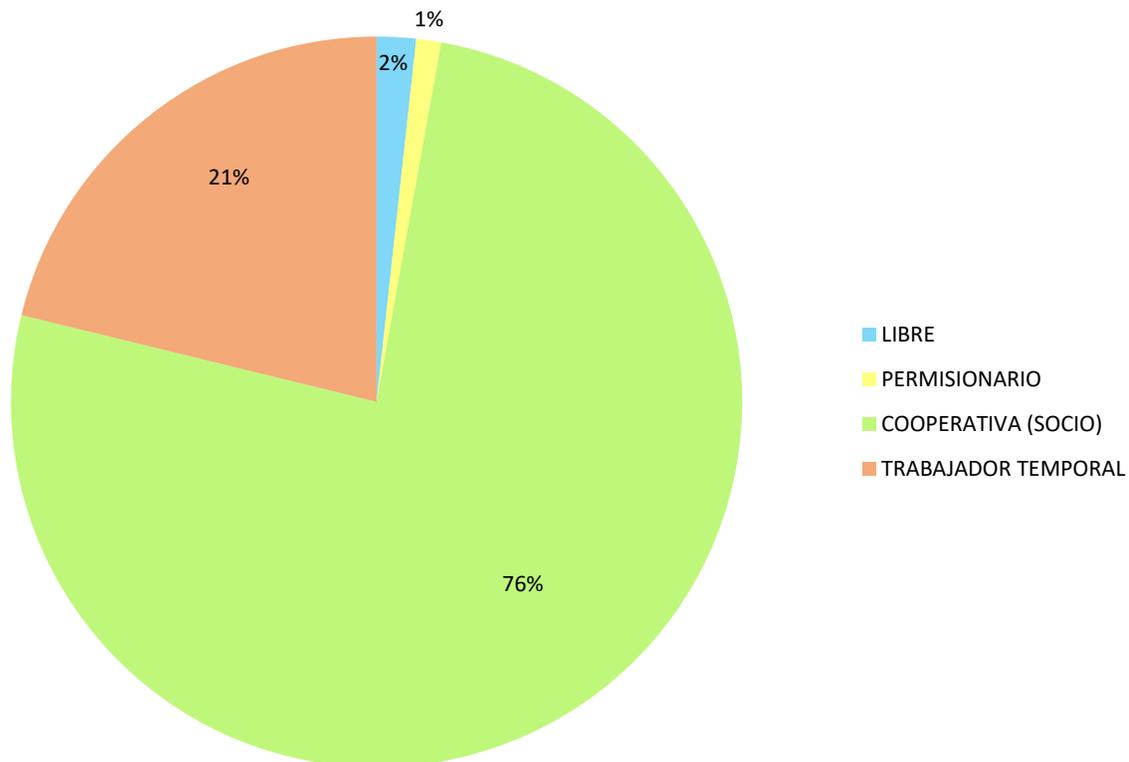


Figura 5. Proporción de pescadores de acuerdo con la categoría de registro y/o relación laboral en el sistema socioambiental del GU, BCS.

Con respecto al número de embarcaciones activas en el GU se contabilizaron 614 embarcaciones en 13 localidades (Figura 6), donde claramente en Puerto Adolfo López Mateos alberga la gran mayoría con un registro de 247 embarcaciones.

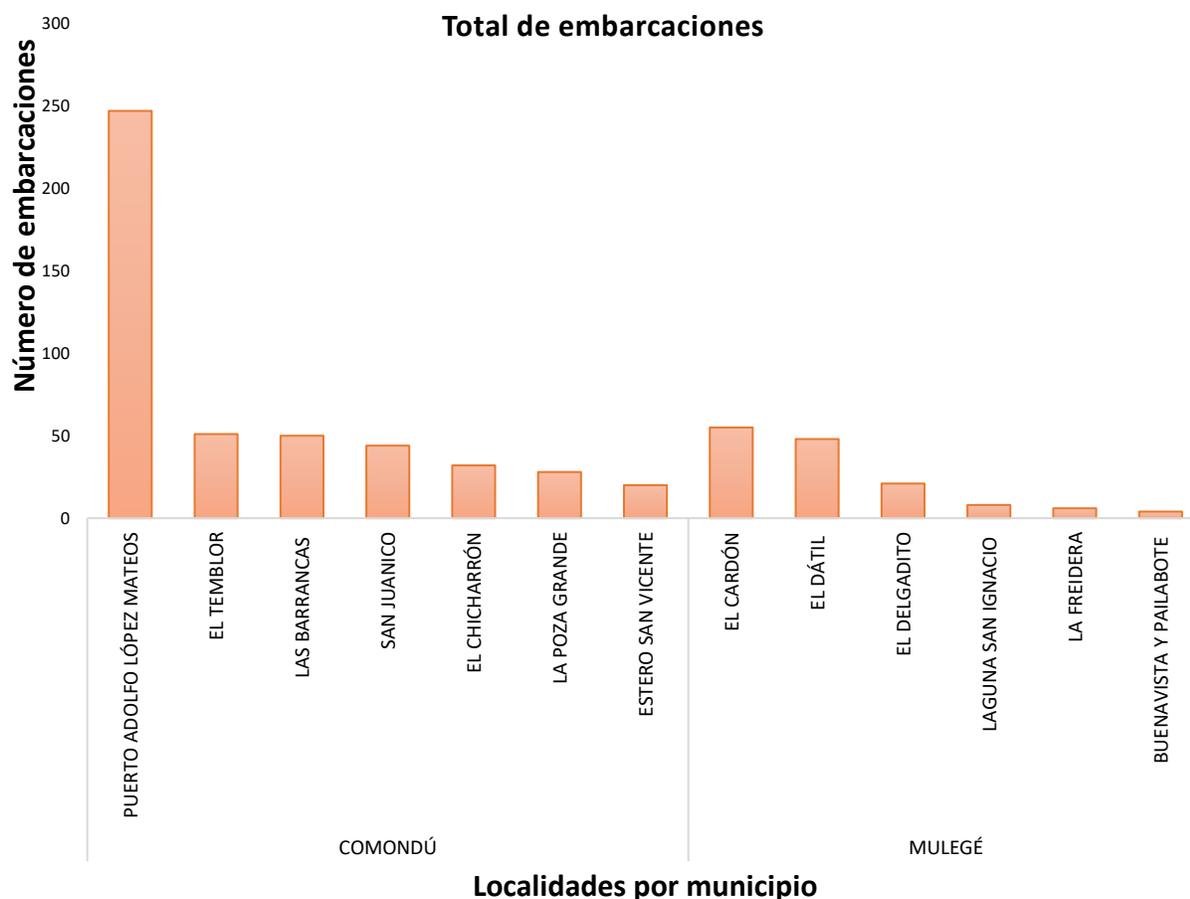


Figura 6. Número total de embarcaciones por localidad y/o campo pesquero en sistema socioambiental del GU, BCS.

Por su parte, el análisis comparativo de los sistemas de captura que se emplean para el aprovechamiento comercial de los recursos pesqueros en la zona de estudio demostró una diversidad de nueve distintos artes: chinchorro de línea, red suripera, red magdalena, trampas/nasas, cimbras o palangres, línea de mano, equipo de buceo, poteras y atarraya.

Se contabilizaron un total de 15,613 artes de pesca de las cuales se verificaron 9,191 valor que representa el 58.87 %. El arte de pesca más abundante corresponde a las trampas con el 61.49 % (Tabla 4). La mayor concentración reportada por municipio y/o localidad se encuentra en Comondú en correspondencia también con el mayor número de embarcaciones y pescadores señalados anteriormente en Puerto Adolfo López Mateos (Figura 7). Es importante mencionar que para el caso de esta investigación nos centraremos únicamente en los chinchorros, por ser una de las artes de pesca que mayormente son reportadas en la pesca incidental de tortugas

marinas. En este sentido se observó que, de los 5,561 chinchorros registrados, el 83.85 % fue verificado en el sitio.

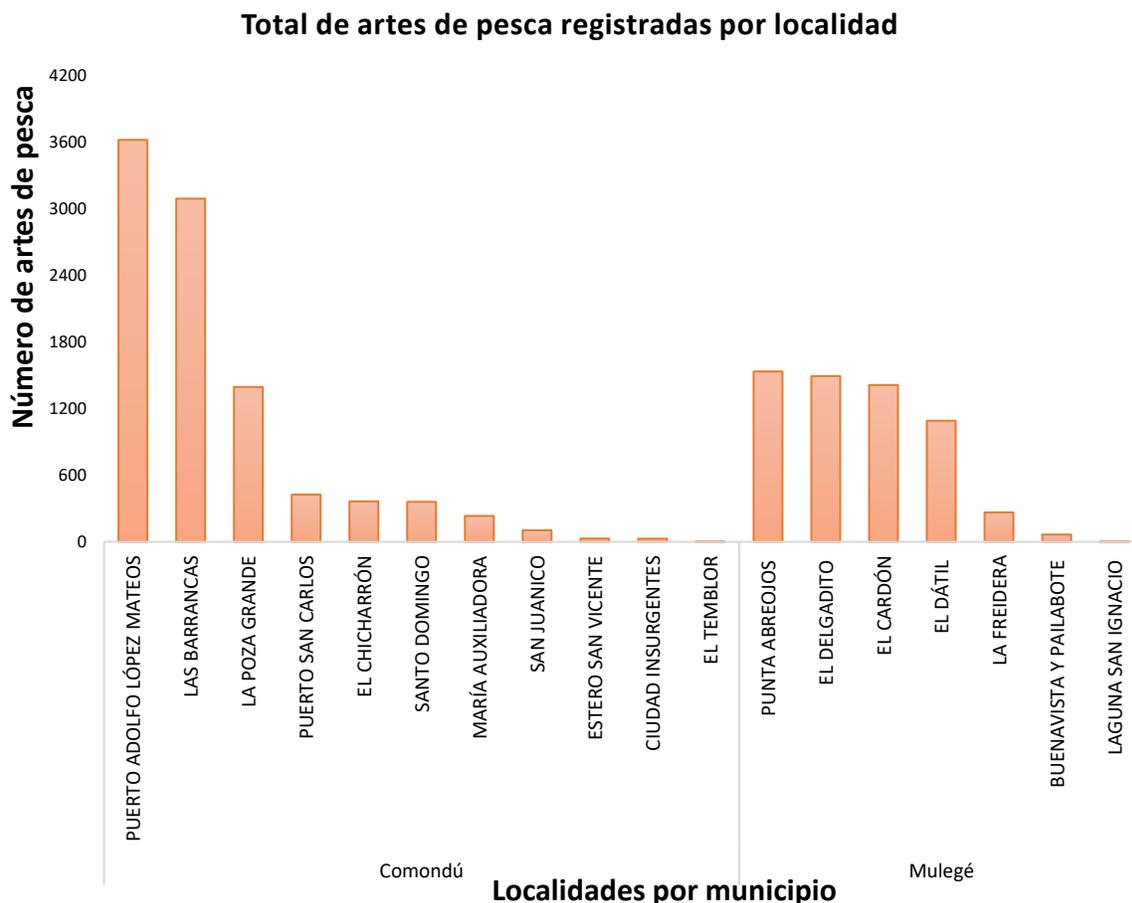


Figura 7. Número de artes de pesca registradas por localidad y/o campo pesquero y municipio en el sistema socioambiental de GU, BCS.

En la Figura 8 se muestran las artes de pesca utilizadas en cada una de las localidades donde fueron contados los diferentes artes y se observa en una gráfica de pasteles cuál es la más utilizada dentro de cada localidad, en color rojo resaltan los chinchorros, en color azul las trampas o nasas y en color verde la red suripera. Además, es notable que en el norte del GU se utilizan con mayor frecuencia los chinchorros y las trampas o nasas, mientras que en las localidades al sur del GU existe mayor variedad de las distintas artes de pesca.

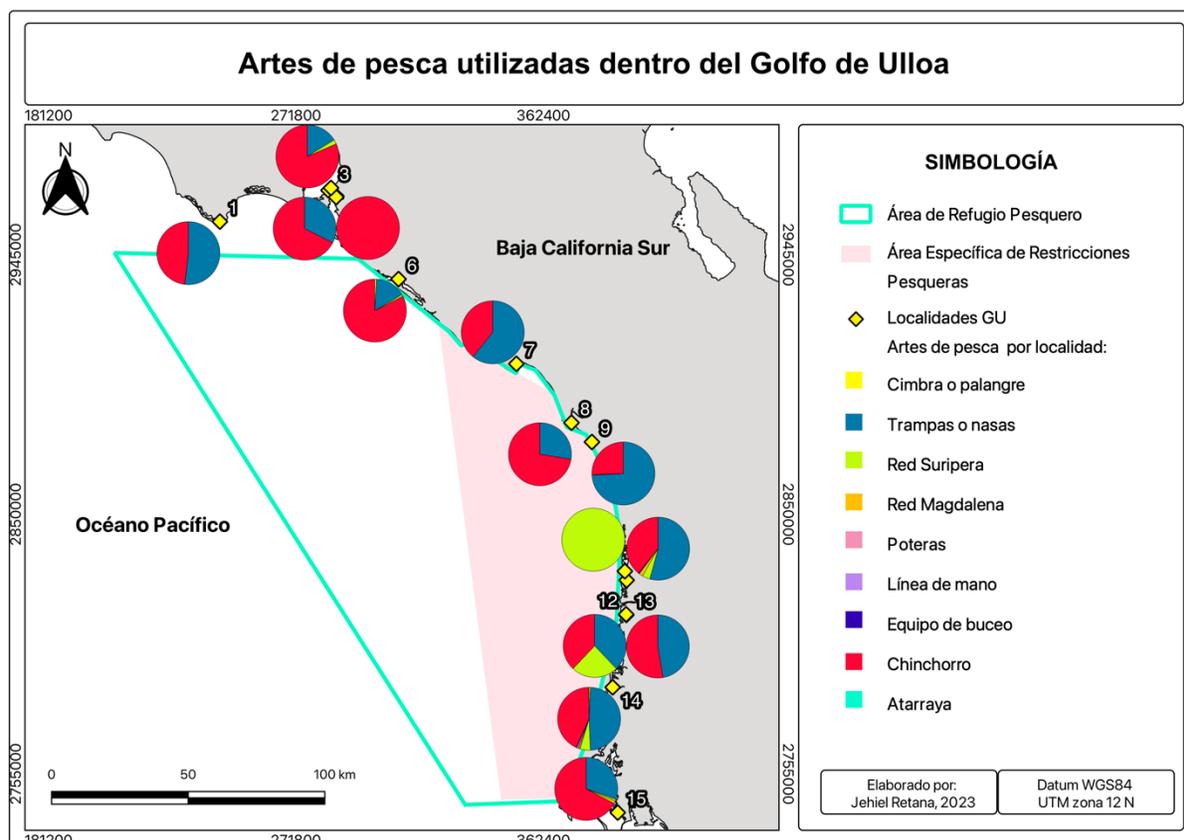


Figura 8. Artes de pesca registradas por localidad en el sistema socioambiental del GU, BCS. Los números de las localidades corresponden a la lista de la Tabla 1.

Tabla 4. Tipos de artes de pesca dentro del sistema socioambiental del GU, BCS.

Artes de pesca	Verificadas	Sin Verificar	Total
TRAMPAS O NASAS	4,116	5,485	9,601
CHINCHORRO DE LÍNEA	4,663	898	5,561
RED SURIPERA	247	23	270
RED MAGDALENA	46	3	49
POTERAS	39	1	40
CIMBRA O PALANGRE	32	5	37
LÍNEA DE MANO	32		32
EQUIPO DE BUCEO	13	7	20
ATARRAYA	3		3
Total, artes de pesca en el GU	9,191	6,422	15,613

En la Tabla 5 se observan los valores promedio y modales de las medidas de los chinchorros verificados, observando que la longitud modal fue de 100 m, el valor máximo registrado fue de 1,600 m mientras que el valor mínimo registrado fue de 5 m, por su parte las medidas de la luz

de malla fueron de 15 cm de valor modal con un valor máximo registrado de 34 cm y un valor mínimo 6.4 cm.

Tabla 5. Medidas de longitud y luz de malla de los chinchorros verificados dentro del sistema socioambiental del GU, BCS.

	Promedio (m)	Moda (m)	Valor MAX	Valor MIN
Longitud	110.09 m	100 m	1,600 m	5 m
Luz de malla	15.95 cm	15 cm	34 cm	6.5 cm

Adicionalmente se realizó un análisis estadístico comparativo del tamaño de luz de malla de las redes de tipo chinchorro de línea, indicada en los permisos oficiales contra aquella verificada en campo. Los primeros resultados indicaron que el tamaño de luz de malla presenta una distribución normal y entre sus medidas no existen diferencias estadísticamente significativas ($t_{(1,770)} = 0.4844$; $p = 0.3718$). Por otro lado, se compararon los registros del tamaño de las redes de tipo chinchorro de línea (LT) en los permisos oficiales y las medidas verificadas en campo mediante un análisis de frecuencias. Los resultados indicaron que entre las medidas de la longitud total de las redes, existen diferencias significativas ($t_{(1,792)} = 4.445$; $p = 0.000$). Siendo más largas las redes autorizadas que las verificadas en campo; es decir, *los pescadores están utilizando más redes chicas que las autorizadas.*

Finalmente, referente a la medida: caída de la red de chinchorro de línea, se realizó un análisis de frecuencias de los datos registrados en los permisos oficiales y los obtenidos en campo. Los resultados indicaron que existen diferencias estadísticamente significativas entre sus medias ($t_{(1,792)} = 4.445$; $P = 0.000$), de la medida de la caída de las redes chinchorro de línea. Siendo más grande la caída de las redes autorizadas que las verificadas en campo, es decir, *los pescadores están utilizando redes con caída menor a la autorizada.*

7.2 Avistamientos de tortugas marinas e interacciones con artes de pesca

De acuerdo con la información recabada en la base de datos de avistamientos, se obtuvieron 485 registros de tortuga marina para las dos especies de estudio. El mayor número de observaciones se mantuvo en los meses de febrero y abril, con 100 y 89 registros respectivamente. El menor número correspondió a septiembre con únicamente tres registros (Figura 9).

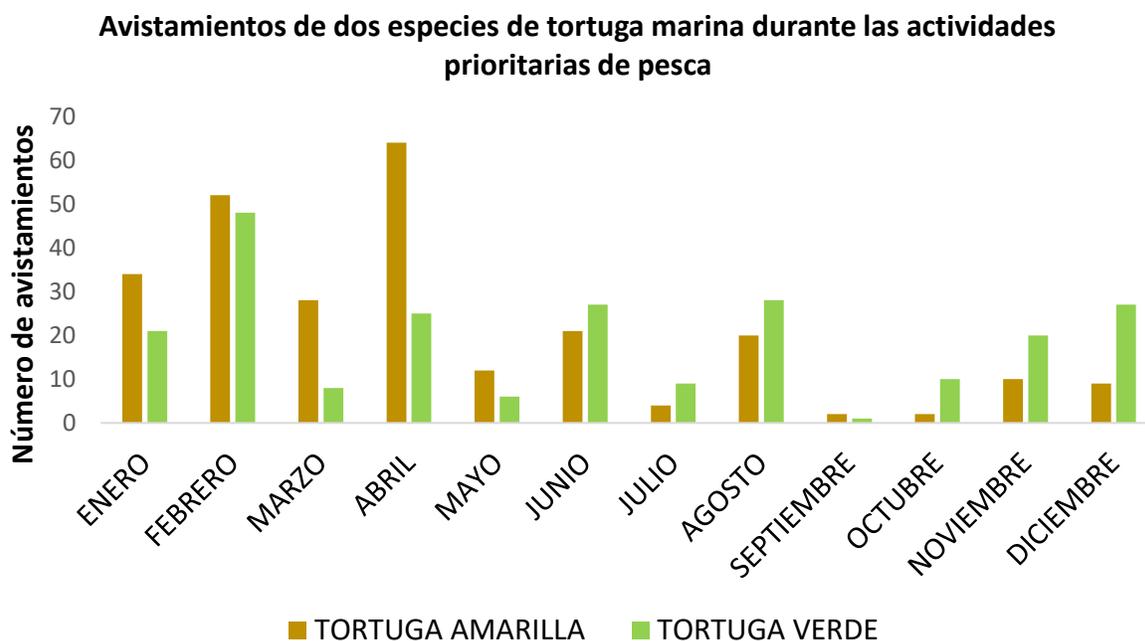


Figura 9. Número de avistamientos de tortuga marina por mes durante el periodo de junio 2015 a julio 2016 en el sistema socioambiental del GU, BCS.

La mayor abundancia de individuos registrados pertenece a la tortuga amarilla con un valor total de 258 observaciones en contraste con la tortuga verde con 227 observaciones. La Figura 10 muestra la distribución de los avistamientos para ambas especies, destacando que mientras que la tortuga verde cuenta con mayor frecuencia de registros ubicados muy cerca de las costas de las localidades de San Juanico, El Chicharrón y Las Barrancas, la tortuga amarilla tiene registro más oceánico y en todo el polígono de la ZRP con mayor abundancia dentro del Área Específica de Restricciones Pesqueras.

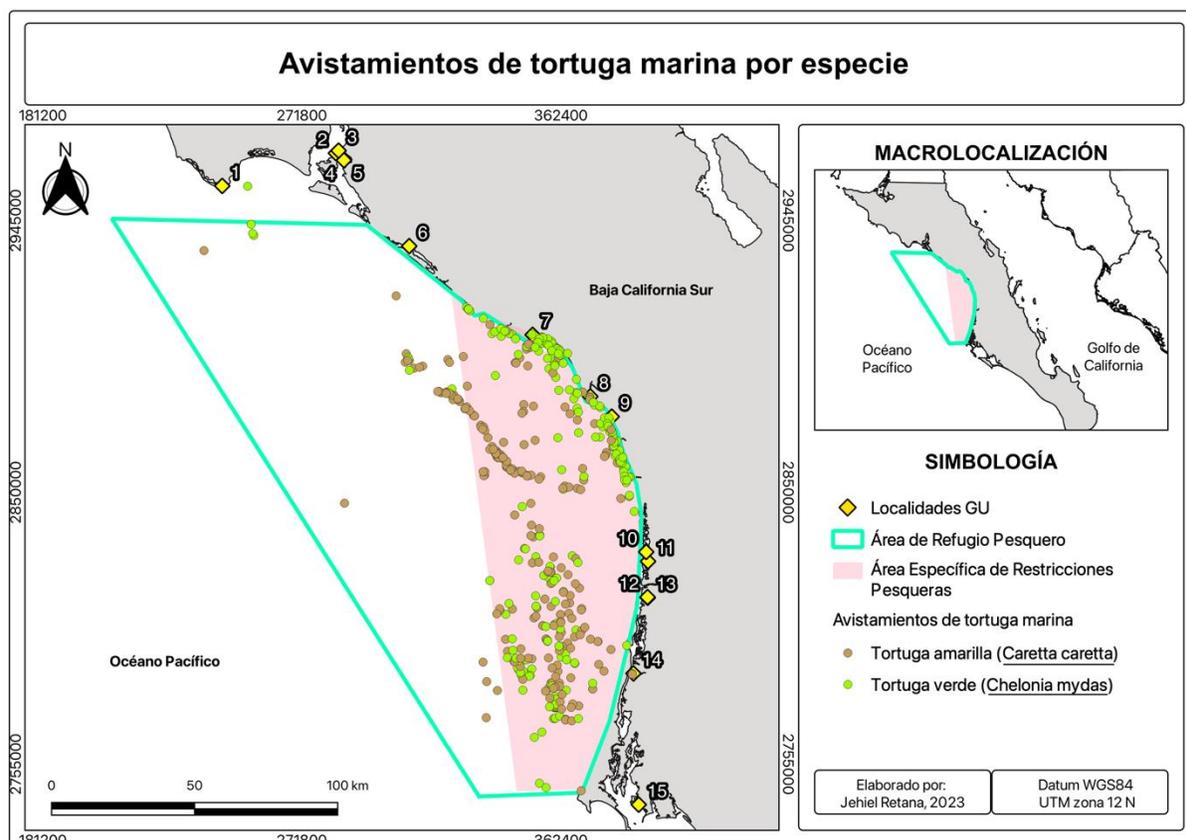


Figura 10. Ubicación de los avistamientos de tortuga marina de junio 2015 a julio 2016 en el sistema socioambiental del GU, BCS.

Continuando con la información de la misma base, en la Figura 11 se muestra la distribución espacial de los registros de avistamientos considerando la condición observada para la tortuga amarilla, de los cuales 22 (8.5 %) fueron organismos muertos (círculos anaranjados).

Los resultados para la tortuga verde se observan en la Figura 12 con 11 organismos muertos (4.8 %) todos registrados muy cercanos a la costa, además de encontrarse dentro del polígono del Área Específica de Restricciones Pesqueras.

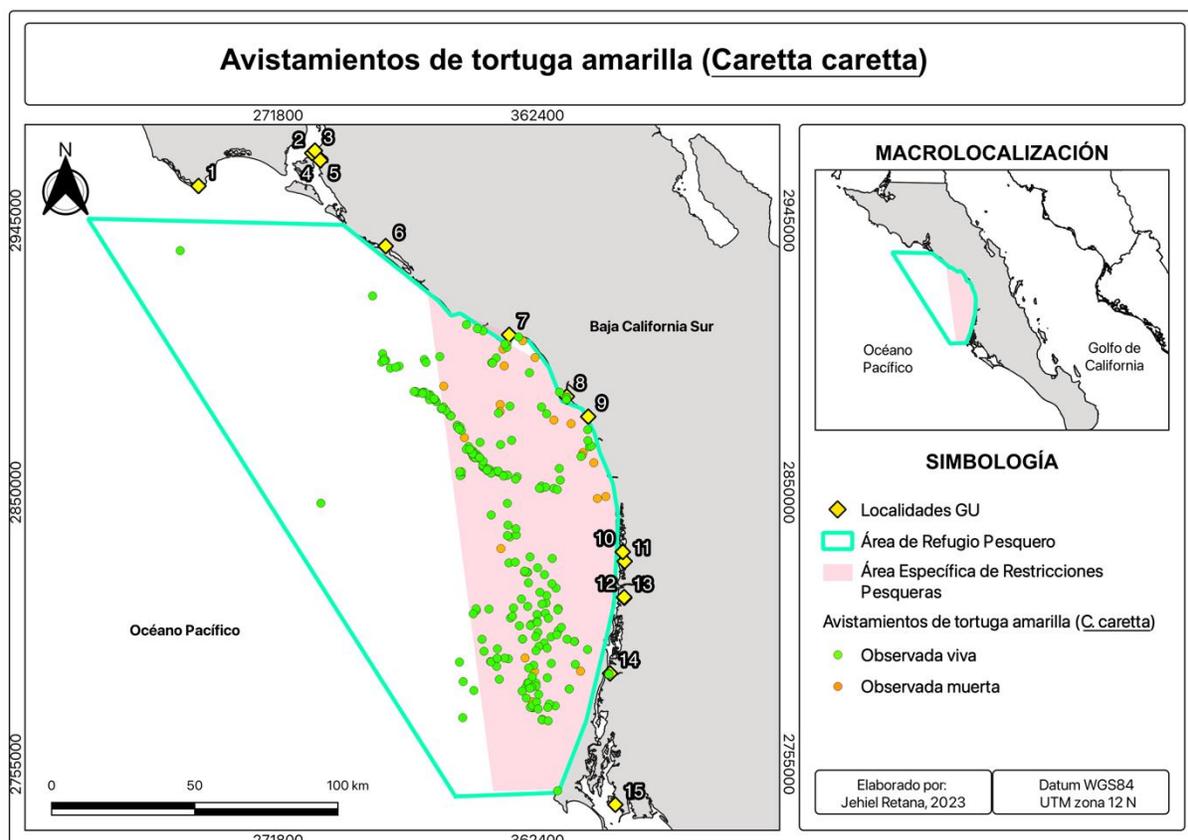


Figura 11. Registro de avistamientos de tortuga amarilla (vivas y muertas) en el sistema socioambiental del GU, BCS.

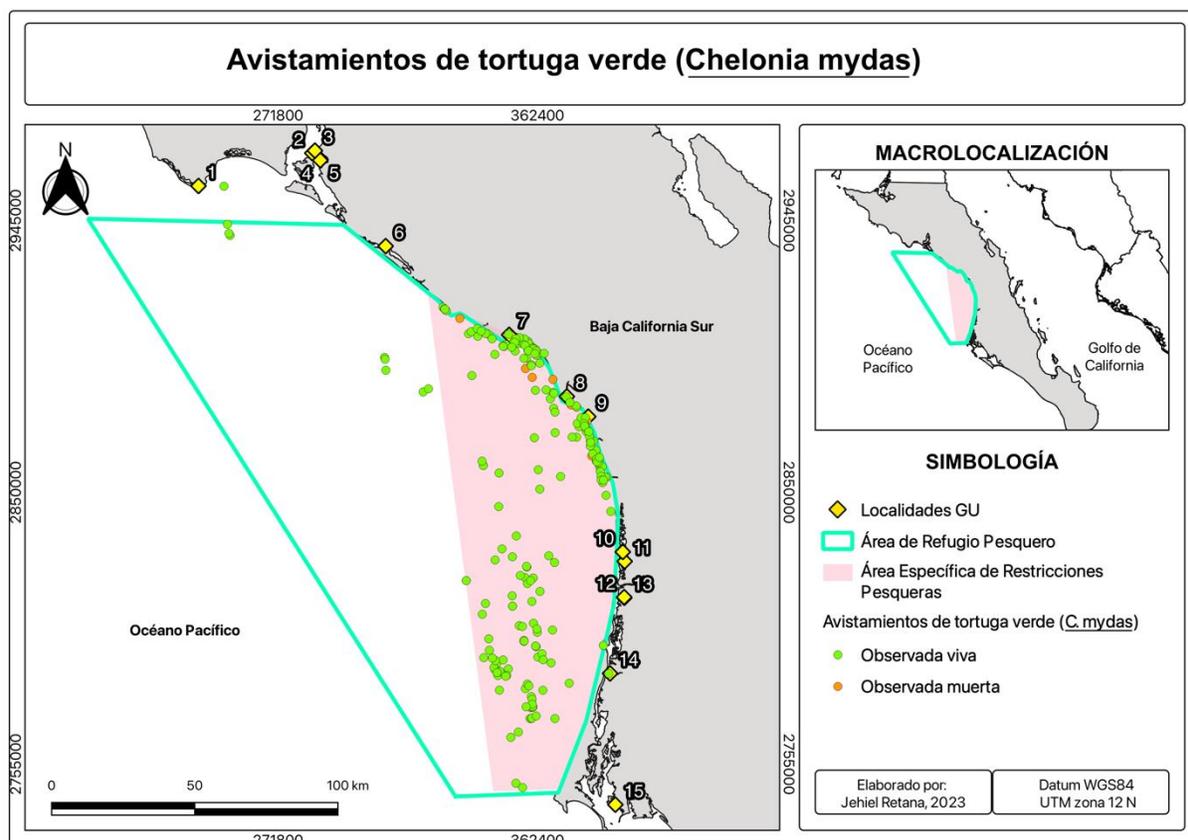


Figura 12. Registro de los avistamientos de tortuga verde (vivas y muertas) en el sistema socioambiental del GU, BCS.

Ahora bien, para identificar propiamente las interacciones, se obtuvieron 85 registros totales, de los cuales, 83 están dentro del polígono de la ZRP, de estos, 25 son de tortuga amarilla y 58 de tortuga verde e incluyen en ambos casos tanto organismos vivos y muertos. En la Figura 13 se muestra la distribución espacial de estas interacciones, observando nuevamente que hay mayor incidencia de las tortugas verdes muy cercana a la costa, mientras que para las tortugas amarillas las interacciones se observan mayormente dispersas, pero completamente restringidas al polígono de restricción pesquera.

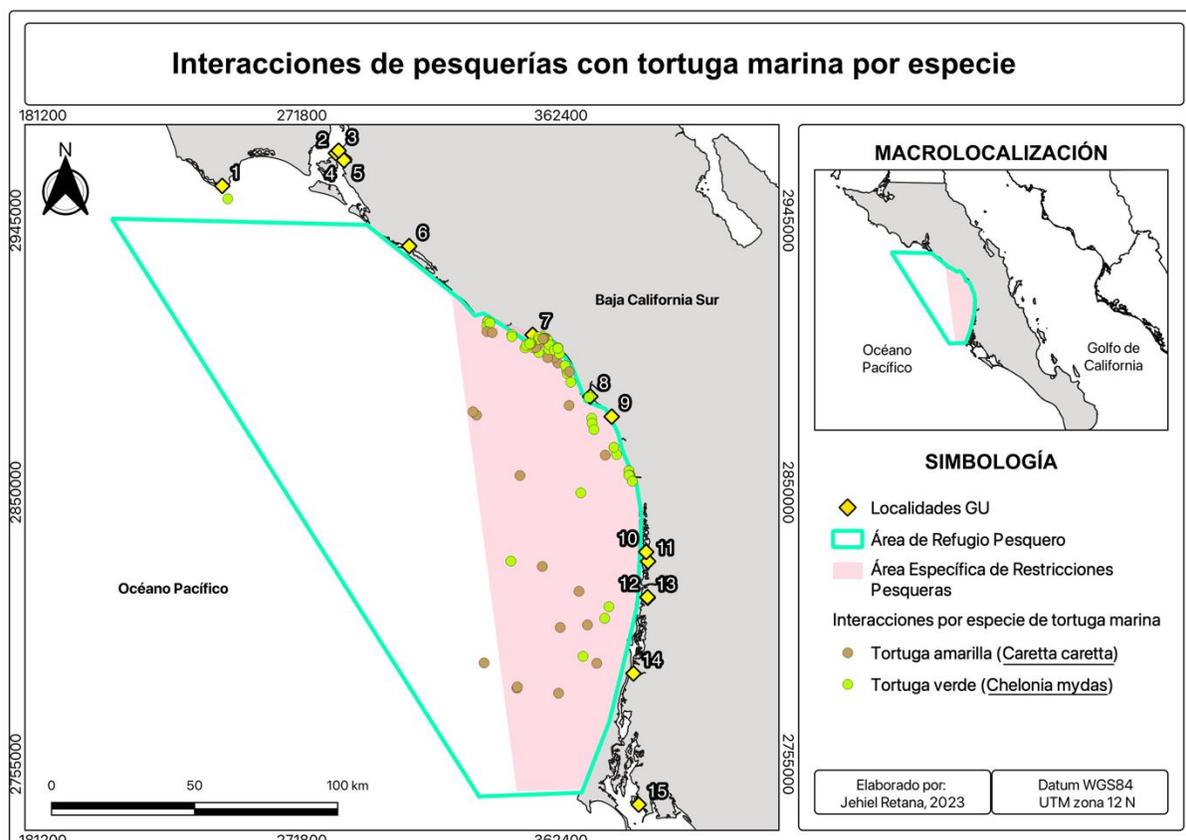


Figura 13. Registro de las interacciones de tortugas marinas por especie con actividades de pesca durante el periodo de junio 2015 a julio 2016 en el sistema socioambiental del GU, BCS.

Con respecto al comportamiento temporal, se observó que el mayor número de interacciones se obtuvo en junio con 25 registros, de los cuales, ocho fueron tortugas amarillas y 13 tortugas verdes. El menor número correspondió a noviembre con únicamente un registro de tortuga verde, aunque cabe señalar que para los meses de septiembre, octubre y diciembre no hay observaciones con ninguna de las dos especies de estudio (Figura 14).

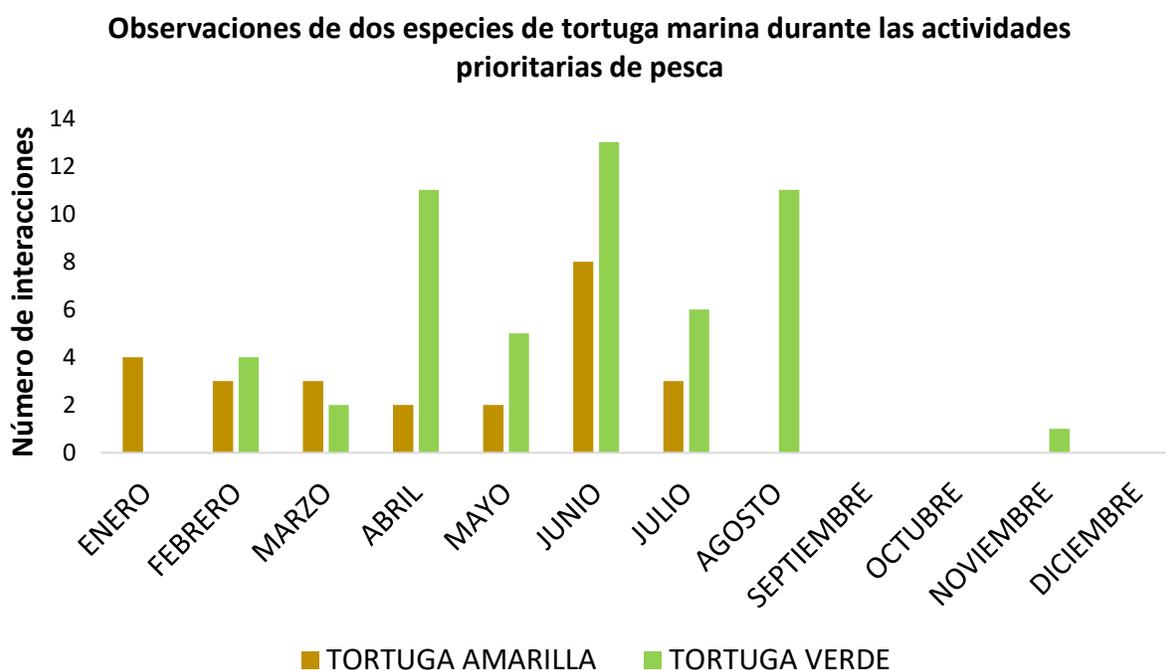


Figura 14. Número de observaciones durante el registro de interacciones de dos especies de tortuga marina con las interacciones de las actividades prioritarias de pesca en el periodo de junio 2015 a julio 2016 en el sistema socioambiental del GU, BCS.

Las 85 interacciones se agruparon en cuatro categorías que se describen en la Tabla 6 y dicha categorización por especie se muestra en la Tabla 7.

Tabla 6. Categorías empleadas para agrupar las interacciones de las actividades de pesca con chinchorro y las tortugas marinas en el periodo de junio 2015 a julio 2016 en el sistema socioambiental del GU, BCS. Entre paréntesis se indica el color de la viñeta que identifica la categoría en el mapa de la Figura 15.

Categoría	Descripción
1	Tortuga observada viva sin evidencia de enredo con los chinchorros (círculos verdes).
2	Tortuga observada muerta sin evidencia de enredo con los chinchorros (círculos anaranjados).
3	Tortuga encontrada viva con evidencia de enredo con los chinchorros (círculos azules).
4	Tortuga encontrada muerta con evidencia de enredo con los chinchorros (círculos rojos).

Tabla 7. Categorización por especie de las interacciones de las actividades de pesca con chinchorro y las tortugas marinas en el periodo de junio 2015 a julio 2016 en el sistema socioambiental del GU, BCS.

Categoría	Tortuga amarilla (<i>C. caretta</i>)	Tortuga verde (<i>C. mydas</i>)
1	3	3
2	1	4
3	16	26
4	7	25
TOTALES	27	58

En la Figura 15 se observa la distribución del total de los organismos de ambas especies en cada una de las categorías a lo largo del GU, destacando que la mayor densidad de interacciones ocurre dentro del polígono del Área Específica de Restricciones Pesqueras; como se puede apreciar, las categorías 2 y 4 tienen un patrón predominantemente costero, mientras que las categorías 1 y 3 se observan más distribuidas tanto en la parte oceánica como en la costera.

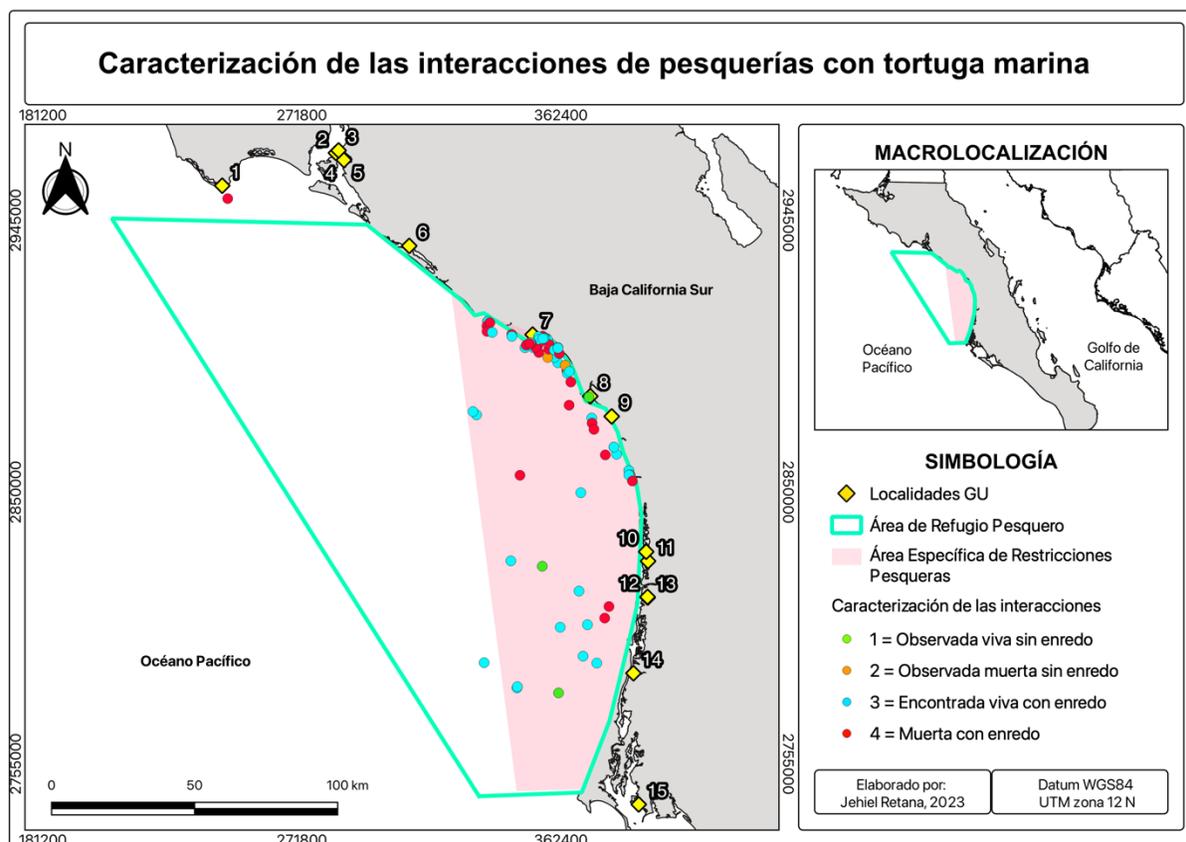


Figura 15. Caracterización de las interacciones de tortuga marina con las actividades de pesca con chinchorro en el sistema socioambiental del GU, BCS.

La información disgregada por especie se muestra en las Figura 16 y Figura 17 para la tortuga amarilla y verde respectivamente. Específicamente para la tortuga amarilla, en la Figura 16 se observa que se mantiene el patrón de distribución con las categorías 2 y 4 mayormente cercanas a la costa y mientras que las categorías 1 y 3 presentan incidencia tanto en la costa como en la parte más oceánica; sin embargo, resulta notorio que el 42 % de los círculos rojos (categoría 4) se encuentran casi apilados muy cerca de la localidad de San Juanico.

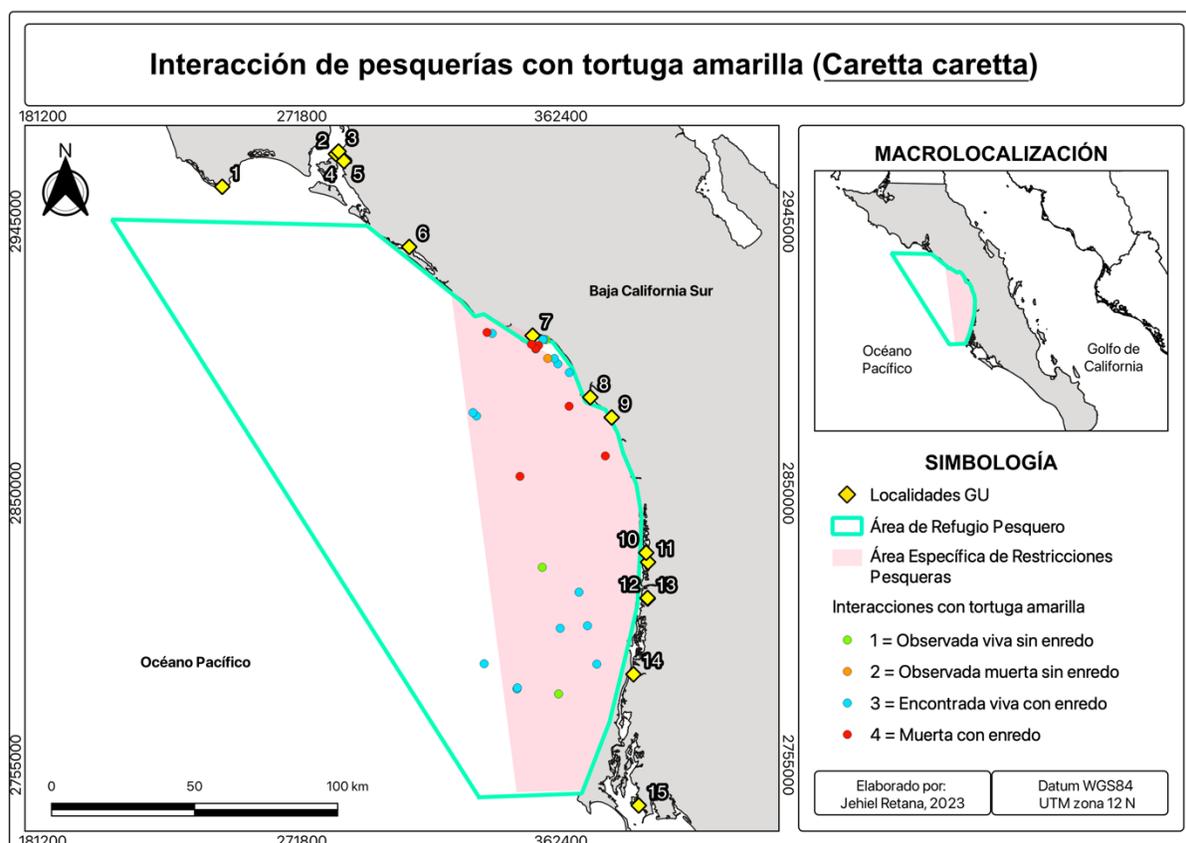


Figura 16. Caracterización de las interacciones de tortuga amarilla (*C. caretta*) con las actividades de pesca con chinchorro en el sistema socioambiental del GU, BCS.

Por su parte, para la tortuga verde, en la Figura 17 se observa una clara tendencia de concentración hacia la costa de todas las categorías, lo cual es entendible en el sentido de que, como se ha mencionado anteriormente, el comportamiento de la tortuga verde es primordialmente costero. Nuevamente resalta que los círculos rojos (categoría 4) se distribuyen mayormente muy cerca de la localidad de San Juanico, pero también cerca de El Chicharrón y Las Barrancas.

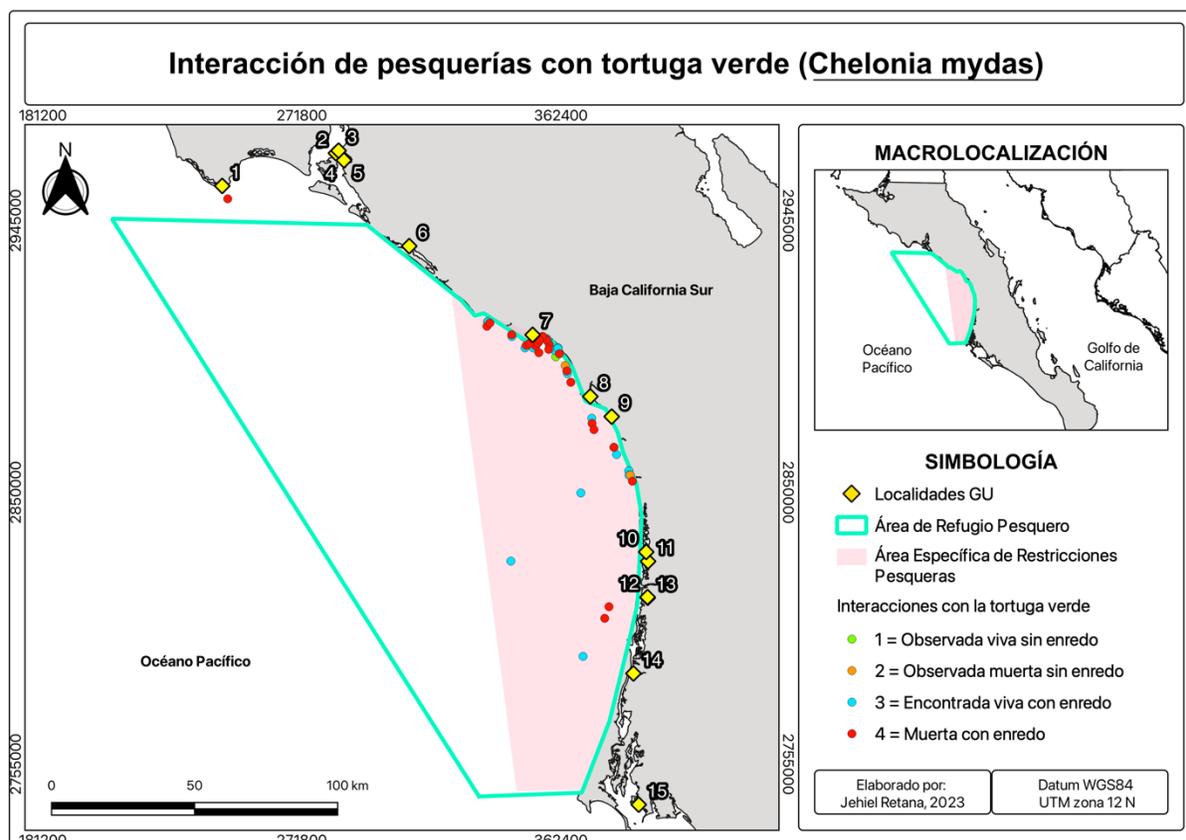


Figura 17. Caracterización de las interacciones de tortuga verde (*C. mydas*) con las actividades de pesca con chinchorro en el sistema socioambiental del GU, BCS.

Con respecto a la variación temporal por especie, en la Figura 18 se observan las interacciones de la tortuga amarilla por mes, donde se expone que en junio existió el mayor registro de interacción en los sitios de recuperación de las redes, mientras que los meses de septiembre octubre, noviembre y diciembre no se registró interacción en los sitios de recuperación de las redes. Cabe mencionar que los organismos que se encontraron enredados con la red fueron liberados al momento. Se registraron ocho individuos muertos de esta especie, de las cuales un organismo no presentó algún indicio de que la causa fuera por redes mientras que los siete restantes se les atribuyó que la causa fue por red o enmalle, dichos decesos fueron registrados durante los meses de febrero, abril, mayo, junio y julio.

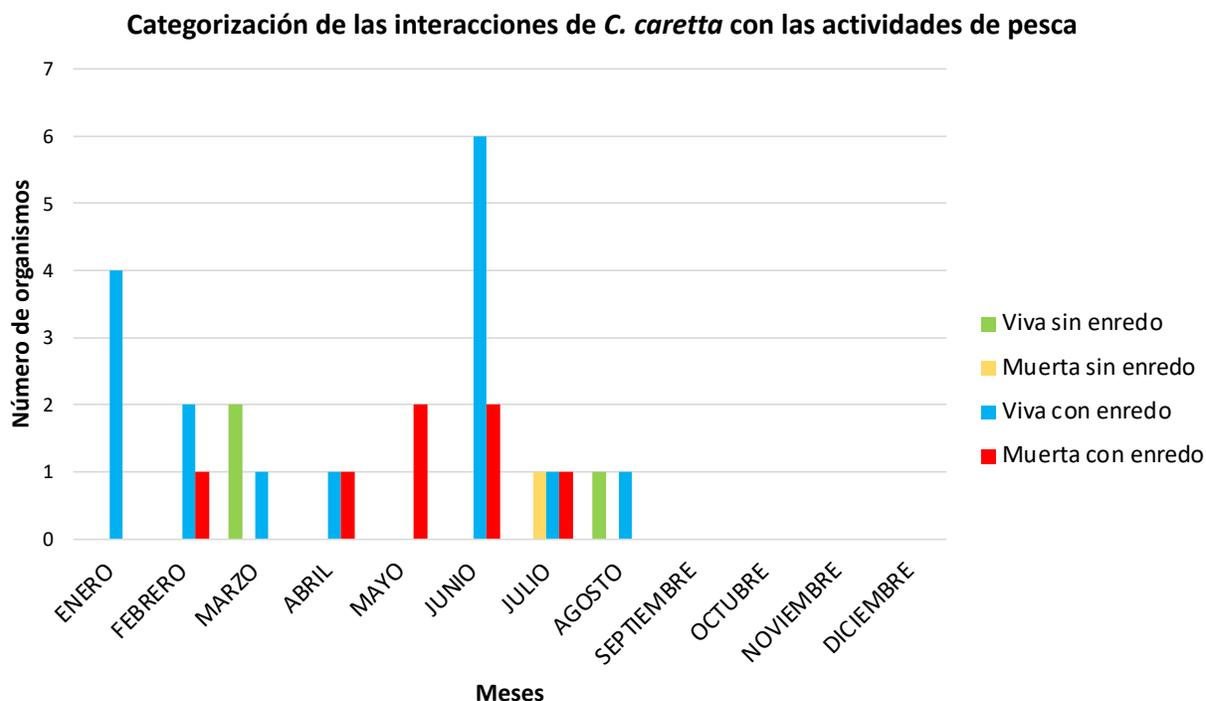


Figura 18. Categorización de las interacciones por mes de *C. caretta* con las actividades de pesca con chinchorro y las tortugas marinas en el sistema socioambiental del GU, BCS.

En la Figura 19 se observan las interacciones de la tortuga verde por mes, donde se expone que en junio existió la mayor interacción en los sitios de recuperación de las redes, mientras que los meses de enero, septiembre, octubre, noviembre y diciembre no se registró interacción. Para esta especie se registraron 26 organismos con categoría 3 que fueron liberadas sin problema, y en buen estado de salud. Además, se observaron 29 tortugas muertas de las cuales únicamente cuatro no mostraron evidencia de enredo por red. Los 25 individuos con categoría 4 fueron registrados durante los meses de marzo, abril, mayo, junio, julio y agosto.

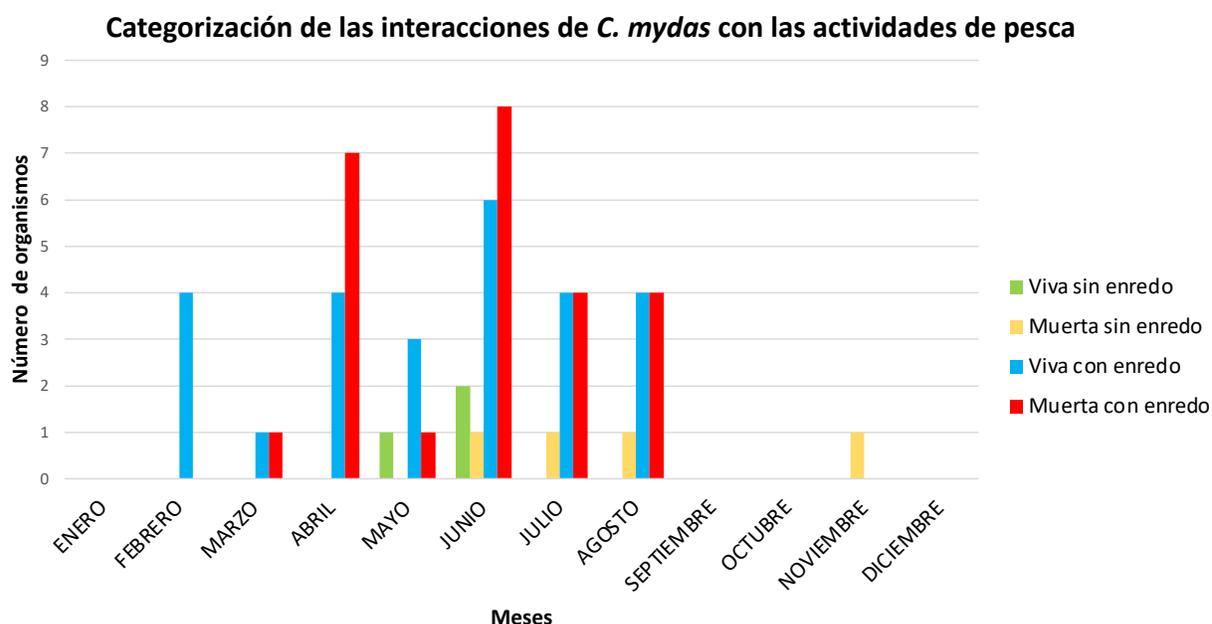


Figura 19. Categorización de las interacciones por mes de *C. mydas* con las actividades de pesca con chinchorro y las tortugas marinas en el sistema socioambiental del GU, BCS.

7.3 Estimación de la influencia potencial máxima de la red tipo chinchorro

Recordando que en los resultados del censo de las artes de pesca se observó que la longitud máxima fue de 1,600 m, se tomó esta medida como referencia para establecer un primer valor proximal del ámbito de influencia de estas artes de pesca, de tal modo que empleando como centroide aquellos puntos de las interacciones en la categoría 4 (muerta con evidencia de enredo con chinchorro) se estableció un buffer circular con radio de 1,600 m y se contrastó con la distribución espacial de los avistamientos correspondientes a cada mes (Figura 18 y Figura 19).

En la Tabla 8 se muestra el análisis del área de influencia con la tortuga amarilla con el fin de tener un cálculo proximal del número de tortugas presentes en el sitio que pudieron haber estado dentro del área de influencia de los chinchorros por mes en cada categoría comparado con el total de avistamientos observados por mes.

Tabla 8. Cálculo proximal de la influencia de los chinchorros con base en los registros de tortuga amarilla (*C. caretta*) dentro del sistema socioambiental del GU, BCS.

Mes	Organismos que incidieron dentro del área de influencia		Total de organismos avistados por mes
	Viva	Muerta	
FEBRERO	1 (1%)	0	100
ABRIL	0	0	89
MAYO	1 (5.55 %)	0	18
JUNIO	1 (2.08%)	1 (2.08%)	48
JULIO	0	0	10
TOTALES	3 (0.01%)	1 (0.003%)	265

Acorde con la Tabla 8, en febrero, a pesar de registrarse 100 avistamientos solo un organismo cayó dentro del área de influencia establecida, que para este mes se ubicó mar adentro a la altura de las localidades de El Chicharrón y Las Barrancas (Figura 20).

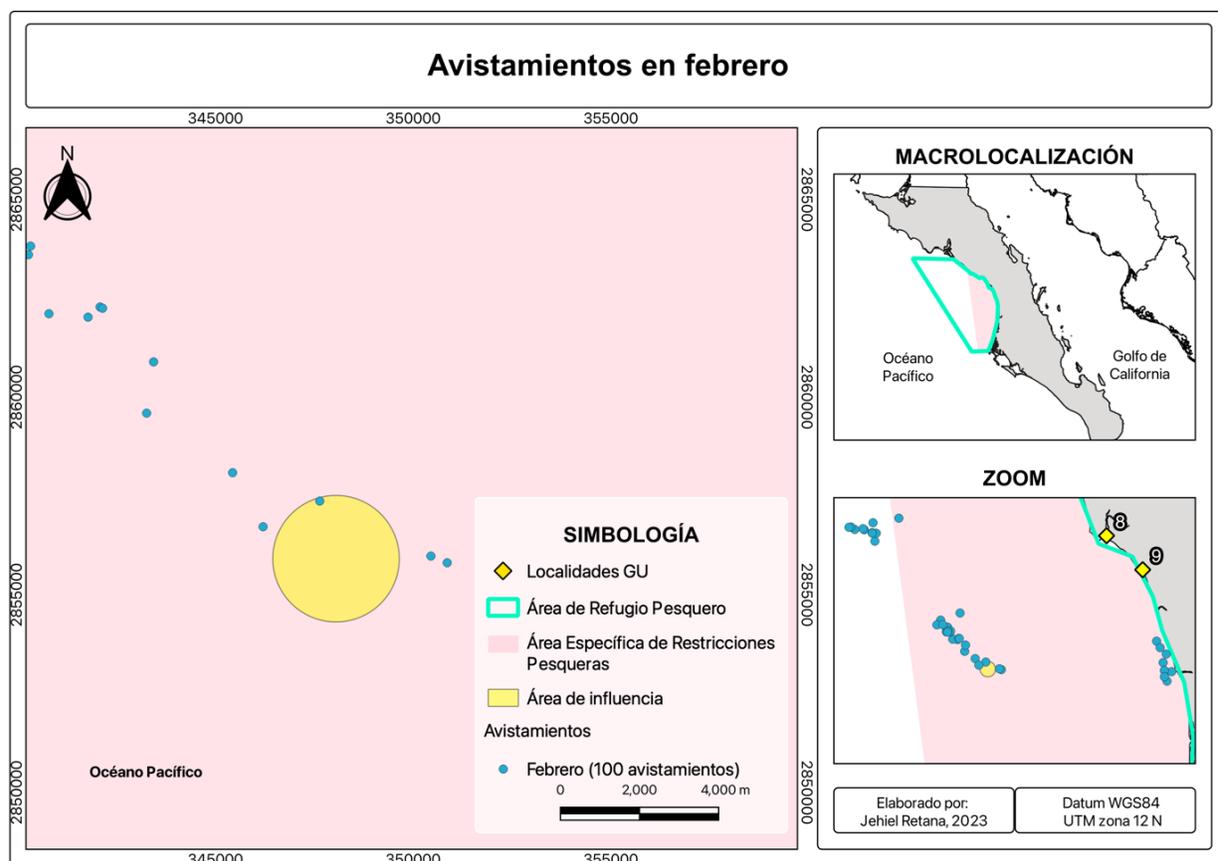


Figura 20. Contraste del área de influencia de la tortuga amarilla en categoría 4 y los avistamientos de ambas especies de tortugas marinas en febrero.

En mayo se registraron 18 avistamientos, de los cuales 12 fueron tortugas amarillas (11 vivas y una muerta) mientras que seis pertenecían a la tortuga verde (cinco vivas y una muerta). Durante este mes hubo dos áreas de influencia muy cerca de la localidad de San Juanico, pero únicamente una tortuga verde viva coincidió en el área (Figura 21).

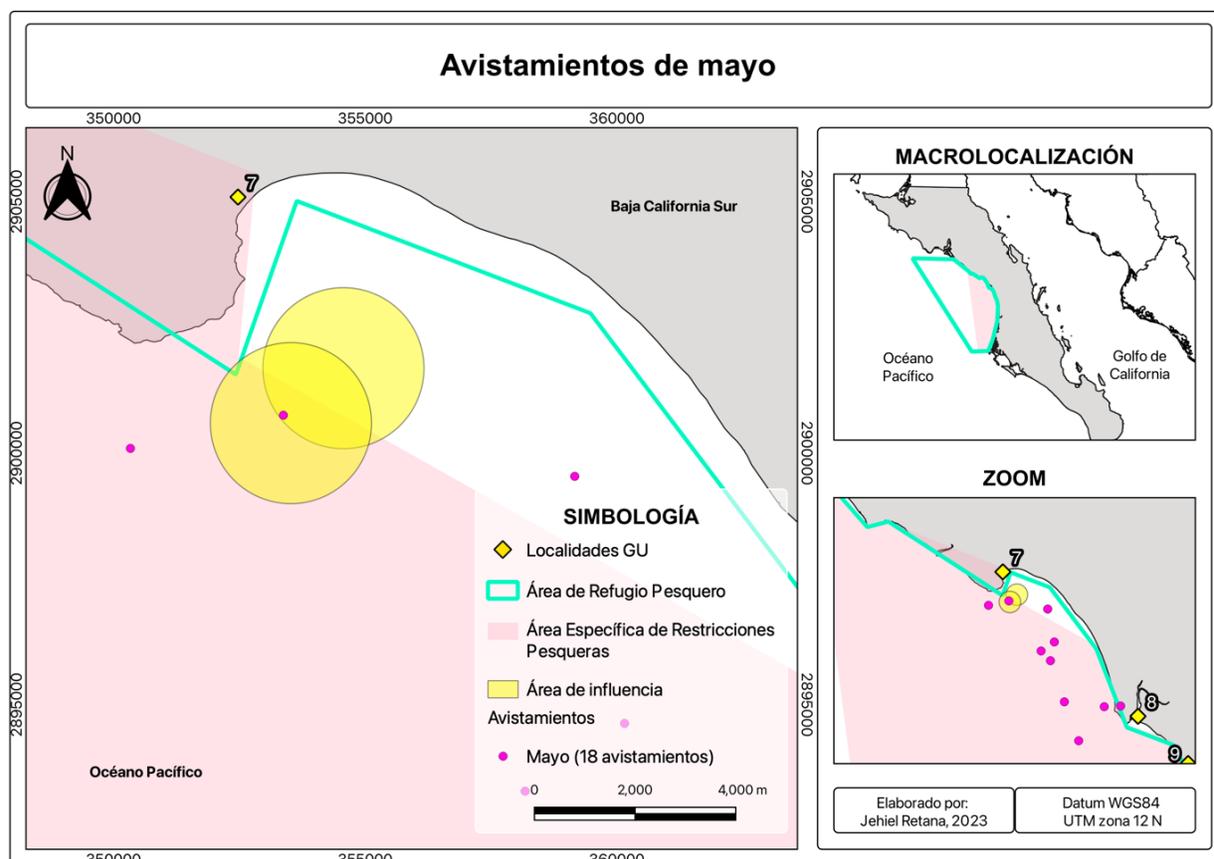


Figura 21. Contraste del área de influencia de la tortuga amarilla en categoría 4 y los avistamientos de ambas especies de tortugas marinas en mayo.

En junio se registraron 48 avistamientos, de los cuales 21 fueron tortugas amarillas (17 vivas y dos muertas) y 27 eran verdes (23 vivas y cuatro muertas). Al igual que el mes anterior, hubo dos buffers, el primero ubicado cerca de la costa de la localidad San Juanico, y el segundo ubicado al sur de la localidad Las Barrancas, en este último, al realizar el contraste con los avistamientos, se presentó la coincidencia de un organismo de tortuga amarilla viva y un organismo de tortuga amarilla muerta dentro del área (Figura 22).

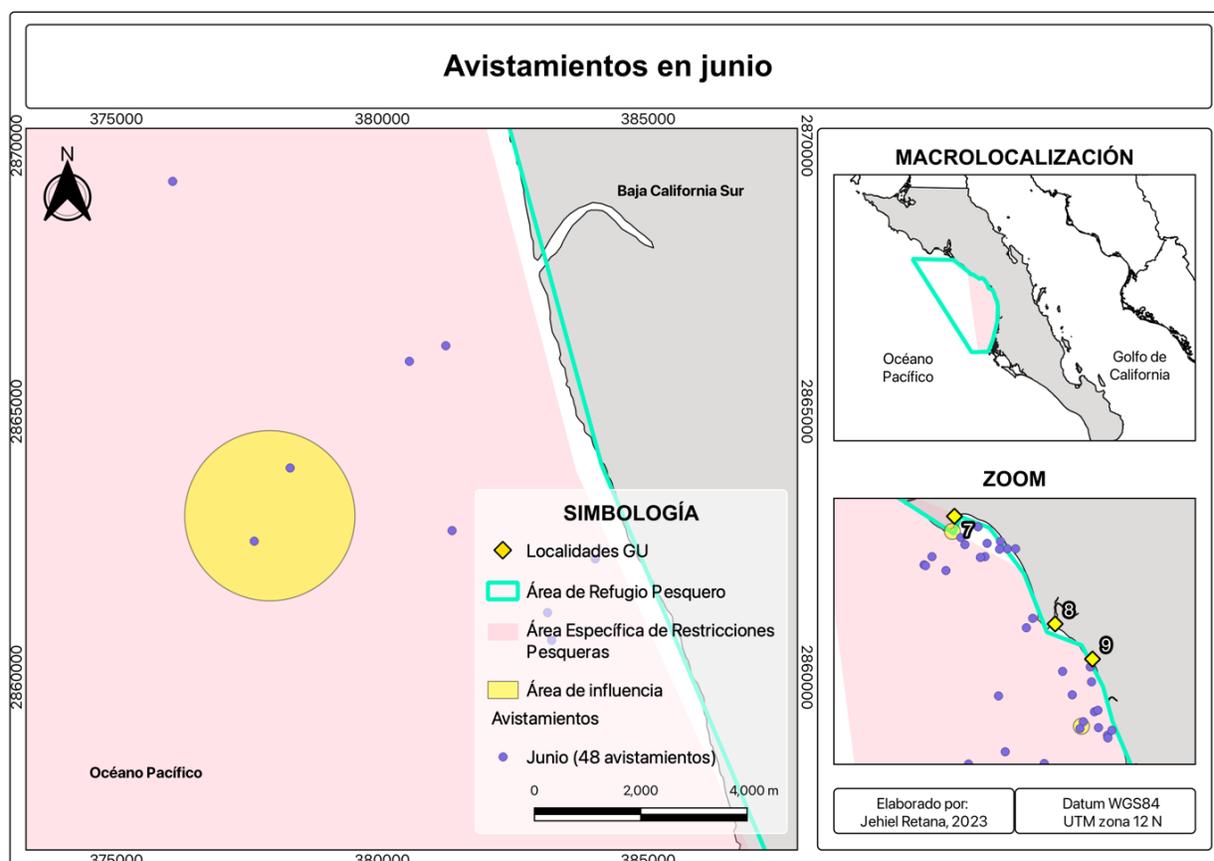


Figura 22. Contraste del área de influencia de la tortuga amarilla en categoría 4 y los avistamientos de ambas especies de tortugas marinas en junio.

En la Tabla 9 se muestra el análisis del área de influencia con la tortuga verde con el fin de representar con porcentajes las observaciones que hubo por mes en cada categoría comparado con el total de avistamientos totales por mes. Cabe mencionar que las tortugas no fueron marcadas por lo que las observaciones registradas puede que se hayan repetido en el paso de los días y se haya registrado un mismo organismo en más de una ocasión.

Tabla 9. Cálculo proximal de la influencia de los chinchorros con base en los registros de tortuga amarilla (*C. mydas*) dentro del sistema socioambiental del GU, BCS.

Mes	Organismos que incidieron dentro del área de influencia		Total de organismos avistados por mes
	Viva	Muerta	
MARZO	0	0	36
ABRIL	0	0	89
MAYO	0	0	18
JUNIO	3 (6.25 %)	0	48
JULIO	0	0	10
AGOSTO	4 (8.33 %)	0	48
TOTALES	7 (2.81 %)	0	249

Acorde con la Tabla 9, en junio, a pesar de registrarse 48 avistamientos, y con la creación de siete áreas de influencia muy cercanas de la localidad de San Juanico, se observaron tres tortugas verdes vivas dentro del área delimitada (Figura 23).

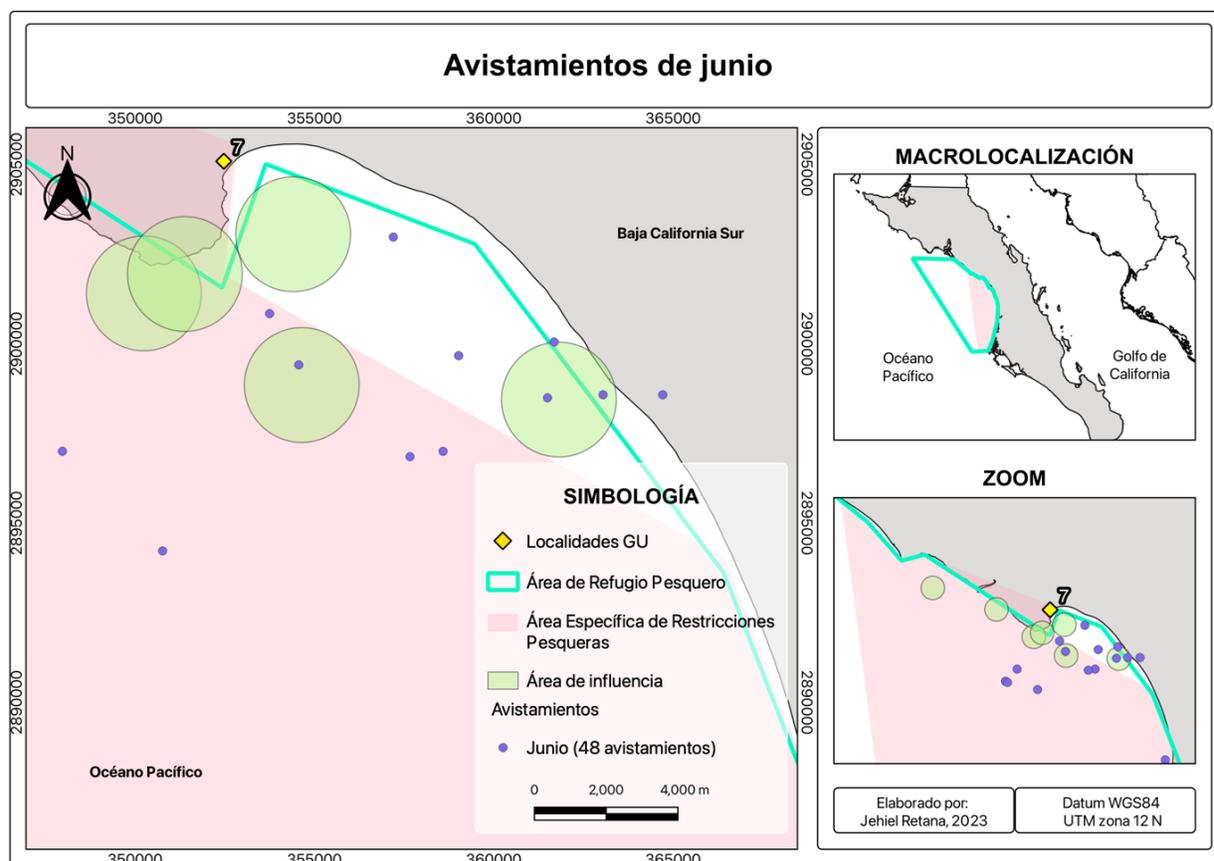


Figura 23. Contraste del área de influencia de la tortuga verde en categoría 4 y los avistamientos de ambas especies de tortugas marinas en junio.

En agosto se registraron 48 avistamientos, de los cuales 20 fueron tortugas amarillas (15 tortugas vivas y cinco tortugas muertas) y 28 fueron tortugas verdes vivas. A partir de la creación de cuatro áreas de influencia cercanas a la costa de la localidad San Juanico, se registraron cuatro tortugas verdes vivas dentro del área (Figura 24).

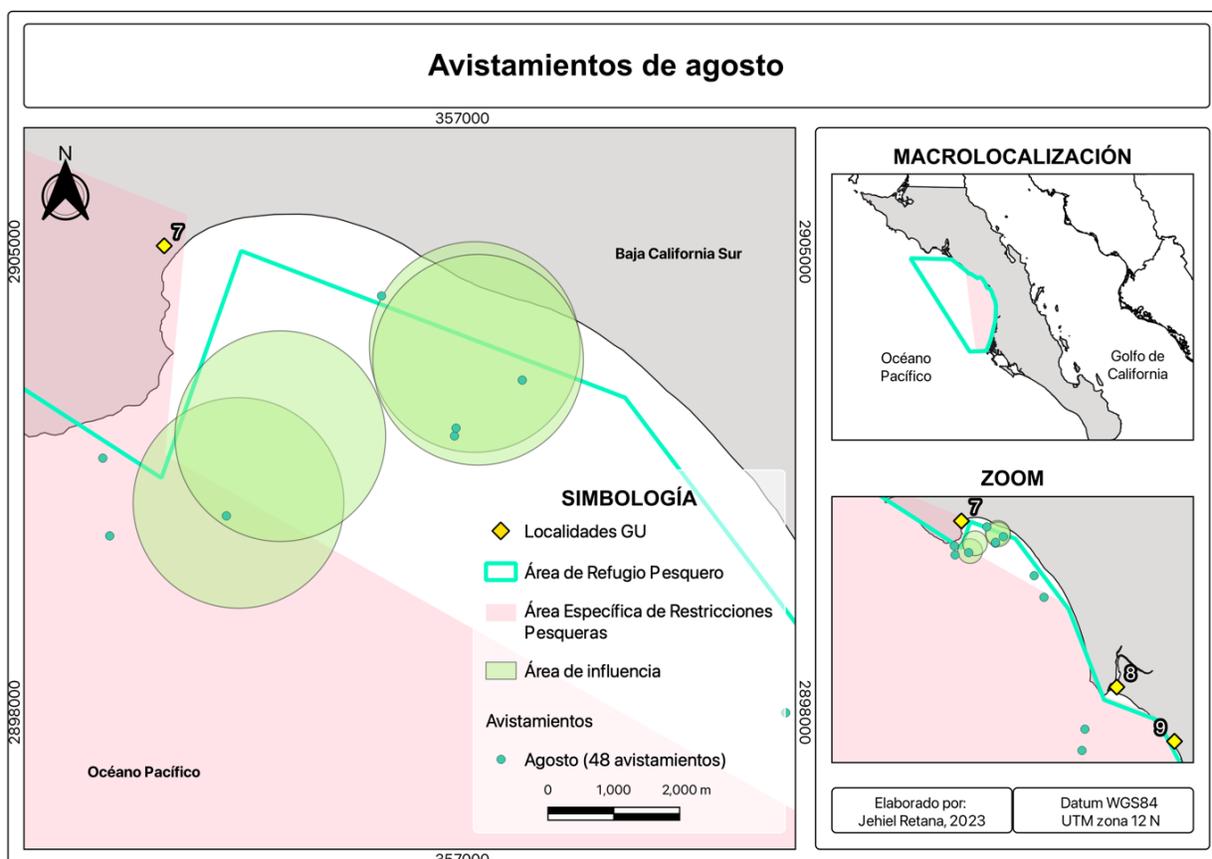


Figura 24. Contraste del área de influencia de la tortuga verde en categoría 4 y los avistamientos de ambas especies de tortugas marinas en agosto.

7.4 Propuesta de un índice de interacción entre las actividades de pesca y las tortugas marinas (IIAT)

Al ajustar los datos con las categorías en las que se encontraban las dos especies de tortuga marina, con ayuda del IIAT, y el establecimiento de categorías descritas en la Tabla 3, en la Figura 25 se observa que la categoría de potencial en color verde (IIAT 0.00-0.25) se distribuye por todo el polígono con mayor coloración en las áreas oceánicas, mientras que las demás categorías se encuentran ubicadas dentro del polígono de Área Específica de Restricciones Pesqueras. La categoría de riesgo en color amarillo (IIAT 0.26-0.50) se encuentra distribuida tanto en las costas como en la parte oceánica. Así mismo, la categoría de peligro en color anaranjado (IIAT 0.51-0.75) se encuentra distribuida en las costas de San Juanico hasta la altura de Las Barrancas, también se observa un cuadrante que se muestra en la parte oceánica a la altura de las localidades de El Temblor y Santo Domingo. La última categoría de daño en color rojo (IIAT 0.76-1.00) solo se señala con un único cuadrante en las costas del Estero San Vicente y María Auxiliadora.

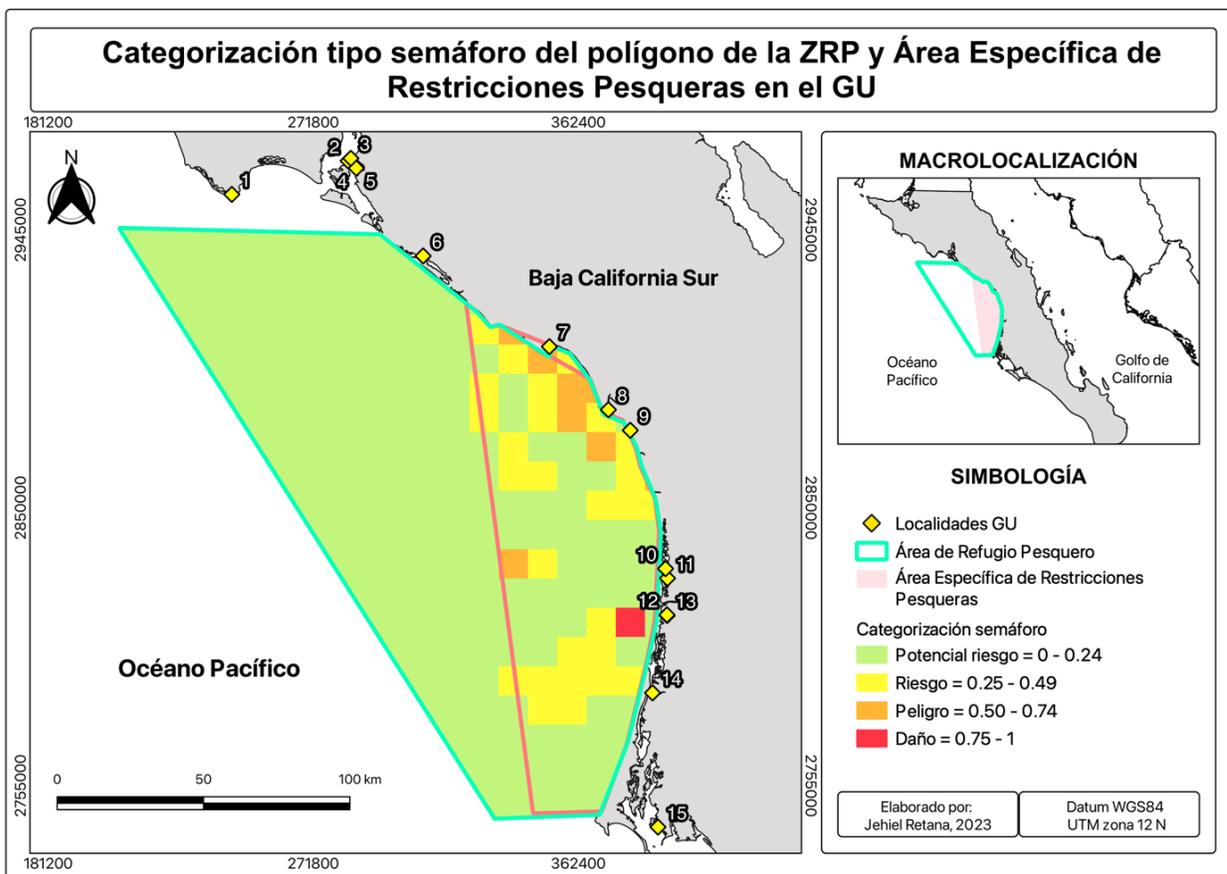


Figura 25. Categorización del potencial riesgo que presentan las tortugas marinas con base en el índice de interacción de artes de pesca y tortugas marinas (IIAT) dentro de la ZRP y el Área Específica de Restricciones Pesqueras.

7.5 Análisis de probabilidad de interacción entre las actividades de pesca y las tortugas marinas

En la Figura 26 se observan las probabilidades de ocurrencia para cada categoría de interacción, donde la probabilidad de ocurrencia de la categoría 1 que corresponde al evento “tortuga viva sin enredo” dentro de un cuadrante de 10 x 10 km es alrededor del 30 %, para esta categoría, el área bajo la curva muestra que existe la posibilidad de observar cuatro eventos de tortugas vivas sin enredo con una probabilidad del 8 %. Mientras que con respecto a las categorías 2, 3 y 4 la probabilidad máxima de que se presente un evento en esas categorías es alrededor del 12 %. En otras palabras, la probabilidad de que ninguno de estos eventos (categorías 2, 3 y 4) suceda es alrededor del 88 %.

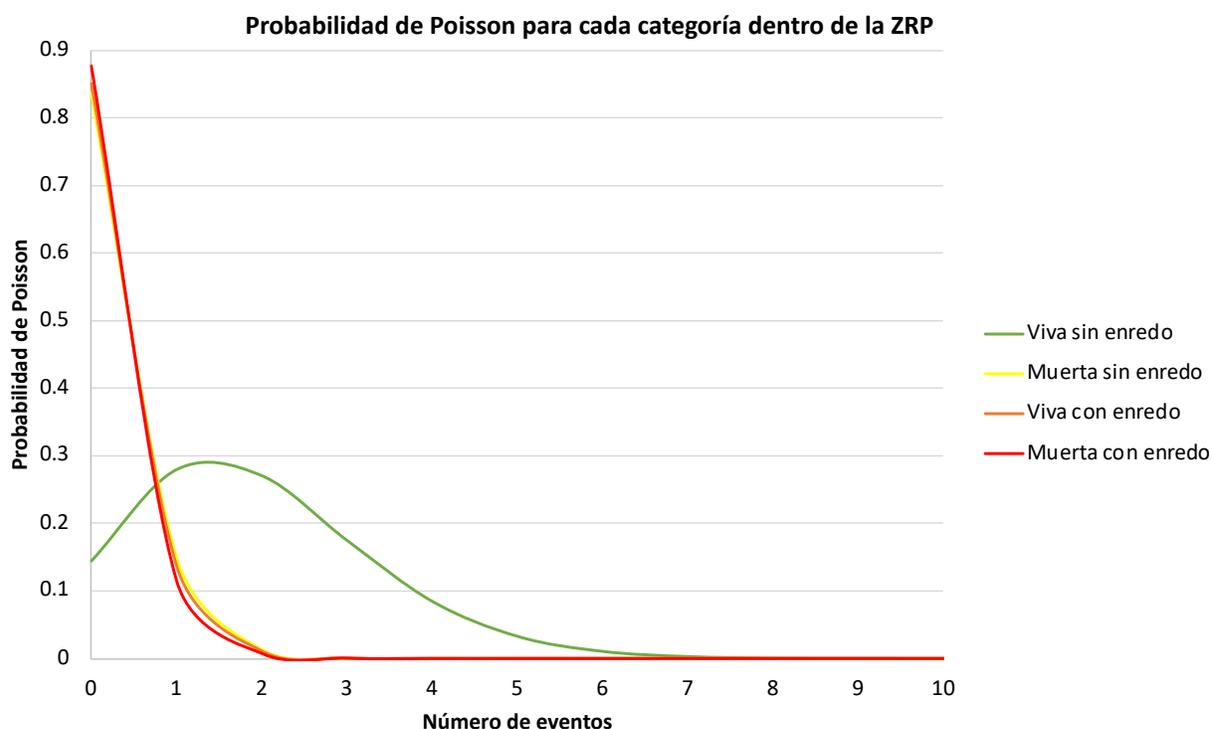


Figura 26. Probabilidad de Poisson para cada categoría: 1) Viva sin enredo (color verde), 2) Muerta sin enredo (color amarillo); 3) Viva con enredo (color naranja) y 4) Muerta con enredo (color rojo), en la ZRP dentro del Sistema Socio Ambiental de GU, BCS.

Con la finalidad de dar a conocer la bondad de ajuste de la distribución de Poisson, se encontró que para la categoría 1 el valor crítico fue de $\chi^2_{(0.05,5)} = 592.27 > 15.09$, para la categoría 2 el valor crítico fue de $\chi^2_{(0.05,1)} = 17.96 > 3.84$, para la categoría 3 el valor crítico fue de $\chi^2_{(0.05,1)} = 26.71 > 3.84$ y finalmente, para la categoría 4 fue de $\chi^2_{(0.05,1)} = 20.04 > 3.84$. Siendo en todos los casos no significativa estadísticamente por lo que es preciso señalar que estos resultados solo son consistentes considerando los parámetros y valores de entrada aquí presentados. En el Anexo I se muestran todos los estadísticos correspondientes.

7.6 Estimación de la probabilidad condicional entre el evento de interacción y la muerte de tortugas

Con base en los registros obtenidos por categoría, se generó una matriz que resume cuántos organismos y bajo qué categoría fueron encontrados dentro del polígono de la ZRP (Figura 27). De los 568 organismos registrados durante el periodo de estudio, 80.46 % fueron encontrados

vivos sin enredo con la red; 6.69 % fueron encontrados muertos sin enredo con la red; 7.39 % fueron encontrados vivos enredados en la red y 5.46 % fueron encontrados muertos enredados en la red; con esta información la probabilidad condicional de que una tortuga presente la condición de muerta (evento A) dado que el evento de interacción con la red sucedió (evento B) es del 42.46 %, mientras que, la probabilidad de que exista enredo y la condición de la tortuga sea viva resultó más alta con un 57.53 %, es decir, dado que existió una interacción con la red, la probabilidad de que la tortuga continúe viva es mayor a que la tortuga muera.

		A) Condición de la tortuga		TOTALES
		Viva	Muerta	
B) Enredada en la red	No	457	38	495
	Sí	42 (57.53%)	31 (42.46%)	73
TOTALES		499	69	568

Figura 27. Probabilidad condicional sobre los organismos dentro del polígono de la ZRP para la condición (viva, muerta) de la tortuga dado que ha ocurrido el evento B (enredo).

Con el objeto de identificar si las variables de enredada en la red (sí, no) y condición de la tortuga (viva, muerta) están relacionadas, se realizó la prueba de independencia con ayuda del estadístico χ^2 con la corrección de Yates o también conocida como corrección por continuidad, ya que estamos aproximando una variable discreta (categorías) a una distribución continua. La prueba nos indica que la χ^2 experimental es mayor que la χ^2 de tablas o, dicho de otra manera, el valor de $p < 0.05$ por lo que se rechaza la hipótesis nula (H_0) que establece que las muertes son independientes de las interacciones.

8. DISCUSIÓN

Dado que el primer eslabón de las pesquerías, es decir, la extracción de los recursos pesqueros, es un proceso altamente dinámico y complejo debido a la interacción constante de diversos factores que actúan en muy distintas escalas espaciales y temporales tales como la variabilidad ambiental, la abundancia de los recursos, el uso de diversas artes de pesca, la dinámica oceanográfica de los sitios de pesca, las temporadas de pesca y la presencia o no de las especies no objetivo (Vázquez-Robles 2018), así como la dificultad en el diseño de las artes de pesca más selectivas, a nivel global, existe una estigmatización de la actividad que genera algunos conflictos con otros sectores, ya sea por interferencia con otras actividades (por ejemplo, el turismo) o debido a la percepción pública con respecto a la conservación de la biodiversidad, no obstante, del otro lado del conflicto, es decir, con miras hacia los trabajadores del sector (los pescadores), problemas como los altos costos de combustible, la disminución de las capturas, la poca diversificación de actividades productivas pesqueras y la falta de políticas públicas que velen por el bienestar para los trabajadores y las comunidades (Bravo-Olivas *et al.*, 2014) hace que los pescadores ribereños se encuentren en desventaja para operar eficientemente en los mercados, donde al mismo tiempo, se enfrentan al reto de convertirse en una actividad sostenible (Díaz-Uribe *et al.*, 2013).

Querer separar las actividades de pesca ribereña y la conservación de las tortugas marinas dentro del sistema socioambiental del GU podría resultar poco viable y quizás hasta contraponerse al postulado del desarrollo sostenible, en el sentido de generar disparidad en la consideración de las tres esferas del desarrollo sostenible: la ecológica, la económica y la social, en lugar de buscar la participación equitativa de las mismas, por lo que, en aras de abonar a una posible solución al problema que se ha agudizado en los últimos años es que se desarrolló el presente trabajo, partiendo del reconocimiento del problema y buscando una caracterización puntual que ayude a dimensionarlo de manera objetiva. Así, sobre la base de los resultados y el conocimiento sobre estas actividades mencionadas, el presente trabajo expone en su primer apartado los resultados de la caracterización del esfuerzo pesquero sobre la base del censo realizado en colaboración con el personal de la CONAPESCA y del CIBNOR en 2015. De acuerdo con las bases de datos en la región del GU para el 2014, hasta ese momento se registraron 1,764 pescadores y 950

embarcaciones (SAGARPA, 2014), mientras que en el presente trabajo se encontró 1,270 pescadores y 614 embarcaciones, es decir, menos de las reportadas en las estadísticas oficiales del año inmediato anterior, esto puede ser debido al desplazamiento que tienen algunos pescadores al buscar los posibles recursos que puedan extraer en distintos sitios y refuerza la premisa de que el sector es dinámico en tiempo y espacio; aunado a ello, también se encontró que las medidas de los chinchorros verificados, tanto en la longitud como en la luz de malla, se encuentran por debajo de lo permitido en los permisos de los pescadores y, por tanto, de acuerdo con el decreto oficial, que señala las medidas de luz de malla de las redes dentro del Área de Restricciones Pesqueras deben estar por debajo de los 15.2 cm durante todo el año (DOF, 2023a), esta condición se cumple con una significancia del 95 %. Cabe señalar que Varela-Tarango (2018) menciona que acatando al programa de conservación en la localidad de Puerto López Mateos llamado “ProCaguama”, implementado por la asociación civil Grupo Tortuguero de las Californias, A.C. (GTC) durante el periodo de 2003 a 2017, el 20 % de los pescadores encuestados pronunciaron haber cambiado el tamaño de la luz de malla por una medida más pequeña con el objetivo de reducir la captura incidental dentro del GU.

Por su parte, con respecto a la presencia de las dos especies de tortugas marinas analizadas (*C. caretta* y *C. mydas*) se encontró que el mayor número de avistamientos para la primera fue en abril mientras que la tortuga verde se registró mayoritariamente en febrero. En cuanto al dominio espacial, se encontró que *C. caretta* es más oceánica por lo que se localizó más alejada de la costa y concentrada tanto al centro como al sur de la ZRP (Figura 10 y Figura 11) lo cual es consistente con lo reportado por otros autores, señalando que la tortuga amarilla se desarrolla principalmente en grandes cuencas oceánicas para alimentarse de organismos gelatinosos y larvas de peces (Eckert *et al.*, 2000) y siendo menos frecuentes en áreas costeras (Revelles *et al.*, 2007), por su parte, la tortuga verde presentó una distribución costera, principalmente al norte del polígono de la ZRP, en las localidades de San Juanico, El Chicharrón y Las Barrancas (Figura 10 y Figura 12), su distribución durante el periodo de estudio coincide con lo mencionado por Quiñones y colaboradores (2021) donde mencionan que inicialmente la especie *C. mydas* al ser cría y juvenil se distribuye de manera pelágica, pero al llegar a su madurez abandonan los hábitats pelágicos y se incorporan a las áreas de desarrollo y alimentación costeras, ya que consumen principalmente pastos marinos y macroalgas. Es preciso señalar que incluso se observaron

registros de tortuga verde fuera de la ZRP en las costas de Punta Abreojos; en este sentido, es importante recordar que el polígono de la ZRP fue diseñado en función de la distribución y abundancia de la tortuga amarilla, sin embargo, de acuerdo con el conteo realizado durante el periodo de junio 2015 a julio 2016 se observó que, si bien la mayor abundancia en avistamientos perteneció a la tortuga amarilla (Figura 9), la mayor abundancia de interacciones registradas fue para la tortuga verde (Figura 14), cuya presencia destaca en el registro histórico de las comunidades indígenas del Pacífico mexicano, ya que fue considerada como fuente de proteína y recurso de uso ceremonial para algunas celebraciones (Seminoff y Wallace, 2012). Adicionalmente, Cerdón-Suárez y Cerdón-Suárez (2011) mencionan que la tortuga verde se encuentra distribuida generalmente en las costas en sitios de poca profundidad donde abunda la vegetación herbácea acuática y que, según lo comentado con algunos pescadores, cuando las tortugas salen a respirar se enredan en las redes, sin embargo, hacen mención de que esta interacción solo sucede en pocas ocasiones.

Si bien algunos autores como Varela-Tarango (2018) señalan que las principales fuentes de mortalidad de las tortugas marinas por artes de pesca son las redes de arrastre, los palangres pelágicos y de fondo y las redes de enmalle, en el presente trabajo únicamente se abordaron las interacciones con las redes de enmalle de tipo chinchorro, por considerar que son las artes de mayor uso en el área de estudio y porque no se contó con la información referente a palangres y/o cimbras. Al respecto, de estas interacciones entre tortugas marinas y las actividades extractivas de pesca en el GU, hay un número considerable de estudios que reporta una fuerte relación entre la temporada de pesca de escama (mayo-agosto) y un aumento en los varamientos de tortugas muertas (Koch *et al.*, 2006; Pechham *et al.*, 2007; Peckham *et al.*, 2008b; CIBNOR-UABCS-CICIMAR-IPN, 2013; Ramírez-Rodríguez y Hernández-Herrera, 2016); en este sentido, los resultados del presente trabajo mostraron que durante el periodo de análisis, se registraron 570 organismos de las dos especies tanto de los avistamientos como de las interacciones, donde únicamente 74 organismos (12.98 %) se presentaron enredados en los chinchorros. La tortuga amarilla tuvo menor incidencia con las redes al compararse con la tortuga verde, siendo que para la tortuga amarilla se contabilizaron 23 registros y que en su mayoría se observaron vivas (16 registros), mientras que para la tortuga verde se contaron 51 registros de enredo con la red, de las cuales poco más del 50 % se encontraron vivas (26 organismos). Si bien es cierto que la mayor

incidencia de interacción se observó en verano coincidiendo con el mayor periodo de actividad pesquera, también es cierto que coincide con los periodos inmediatos a los registros de temperaturas más bajas de las masas de agua (primavera) cuando se intensifican los fenómenos de surgencia en el área como se aborda más adelante.

La coincidencia de varamientos con el periodo de pesca ha sido reportada también para otros sitios como en Uruguay, donde Domingo y colaboradores (2006) mencionan que se encontraron 163 varamientos de tortuga marina en la costa uruguaya con el mayor número de varamientos de tortuga verde presentados en enero (verano), mientras que para la tortuga amarilla el mayor número ocurrió en abril (otoño), así mismo, los autores mencionan que únicamente el 7.94 % de estos varamientos se asoció con la actividad pesquera.

En este trabajo, dentro de la ZRP y del total de registros para esta zona, se observaron 31 organismos muertos por interacción con la red, es decir, el 5.46 %. Estos resultados no se alejan de lo reportado por CIBNOR-UABCS-CICIMAR-IPN (2013) quienes mencionaron que solamente el 1.8 % (6 tortugas) de los 594 cadáveres encontrados en las playas del GU, mostraron signos claros de heridas por artes de pesca como anzuelos, marcas de red o señales de enredamiento. Adicionalmente, reportan que el registro de que menos del 2 % (8 organismos de 972) de los animales varados presentaban marcas de interacción con pesquerías, al considerar ejemplares en distintos estados de descomposición. Referente al cálculo proximal del área de influencia de los chinchorros, observamos que, a pesar de que sí hubo más registros de tortugas avistadas en las inmediaciones de los sitios de pesca con chinchorro, éstos no resultaron en más interacciones de enredo, ni aumento de organismos muertos, reforzando la idea de que no por el hecho de que las redes de pesca y las tortugas marinas coincidan en tiempo y espacio, deberá de existir una interacción fatal para los organismos.

A diferencia del presente trabajo, cabe mencionar que de los estudios de varamientos consultados (Orós *et al.*, 2016; Sönmez, 2018; Palacios-Vélez y Perero-Menéndez, 2019; Hama *et al.*, 2020) ninguno menciona haber hecho el análisis sobre lo observado durante las actividades propias de la pesca realizando la extracción de los recursos; al respecto, Palacios- Vélez y Perero-Menéndez (2019) afirman que los estudios de varamientos de tortugas marinas deben

profundizarse con un seguimiento más frecuente y verificado en acompañamiento con los pescadores en sus actividades cotidianas; así mismo, Hama y colaboradores (2020) exponen la necesidad de obtener datos espaciales y temporales más detallados sobre las actividades pesqueras donde se evalúe por separado el tipo de arte de pesca utilizado, además de recopilar datos confiables con la información de los pescadores locales.

Como ha sido señalado por diversos autores (CIBNOR-UABCS-CICIMAR-IPN, 2013; Salinas-Zavala *et al.*, 2020; Morales-Zárte *et al.*, 2021) considerar las condiciones ambientales imperantes, específicamente la temperatura del agua, puede ser un factor determinante en la supervivencia de las tortugas marinas dada su naturaleza ectotérmica. En este sentido, se precisa señalar que en 2015 se presentaron condiciones del fenómeno El Niño (NOAA, 2016), manteniendo con ello condiciones adecuadas para las tortugas, pudiendo haber sido ésta una de las causas por lo que las tortugas amarillas tuvieron baja interacción con las redes; sin embargo, realizar este tipo de análisis para los periodos fríos (p.e. La Niña) podría generar resultados completamente diferentes, ya que las tortugas en condiciones de temperatura fría pueden estar en estado de letargia y, por lo tanto, son más susceptibles de ser depredadas, enfermarse o quedar enredadas en las redes de pesca como señalan Morales-Zárte y colaboradores en 2021, específicamente para la tortuga amarilla en el GU. En este sentido, cabe mencionar que es precisamente durante los meses de mayo y junio que la CC presenta mayor intensidad en la costa occidental de la península de Baja California, por lo que las temperaturas del agua superficial suelen ser más bajas en estos meses y podrían explicar el mayor número de interacciones y muertes (Lynn y Simpson, 1987), lo cual podría apoyar la hipótesis de la termorregulación propuesta por Salinas-Zavala y colaboradores en 2020.

En este trabajo se intentó encontrar un modelo de probabilidad que nos permitiera hacer inferencias sobre las muertes de las tortugas y su relación con las interacciones con las redes tipo chinchorro; sin embargo, aun cuando las variables registradas cumplen con los supuestos de la distribución de Poisson, datos discretos, aleatorios e independientes entre sí, los resultados del análisis de bondad de ajuste de los datos muestreados (avistamientos e interacciones) nos indican que no son representativos de la población total. De igual manera los resultados de la prueba de independencia entre la condición registrada de las tortugas (muerta o viva) y la interacción con

las redes (con enredo, sin enredo) mostraron que no hay suficiente evidencia estadística para suponer independencia entre estas variables. Por lo que con los datos reunidos a la fecha no podemos construir un modelo probabilístico de causa-efecto lo suficientemente robusto, significativo y concluyente.

Retomando la hipótesis planteada en este trabajo, y como claramente se ve reflejado en los resultados presentados, esta relación existe, pero no es constante, no es lineal y no es siempre fatal; de hecho, con base en el IIAT, se observó que únicamente una pequeña porción del área (<1% de todo el polígono delimitado) donde ocurrió esta interacción se consideró en la categoría “daño” (cuadrante en color rojo en la Figura 25). Considerando lo anterior, sobre la base de estos resultados, se puede plantear la idea de que el área delimitada para el ZRP está sobredimensionada y que quizás deba tomarse en consideración para una revisión de la misma para reducir su tamaño e incluso no ser un polígono rígido, sino dinámico, ya que el comportamiento de los organismos presentes no es continuo en un área específica a lo largo del año, ni entre años, esto con el fin de que en un futuro cercano se tomen las medidas de manejo más incluyentes y equitativas en el marco de la sostenibilidad, ya que la elaboración de las políticas públicas y su planificación deben plantearse en el sentido de que contribuyan al beneficio de la sociedad, al ambiente y la conservación; y aunque ha sido muy poco estudiada en comparación con otros procesos sociopolíticos, su desarrollo ha sido escaso, ya que aún prevalece la toma de decisiones dirigida en su mayoría hacia la política, la formación, la estructura y el funcionamiento del sistema político, sus partidos, el proceso electoral, la cultura política, la institucionalidad, pero no hacia la sostenibilidad de un ecosistema (Villanueva-Aguilar, 1992). Respecto a las decisiones tomadas para la conservación y la creación de estrategias que la promuevan, nuevamente se hace hincapié en la participación del sector social, dando relevancia e importancia a las comunidades locales que dependen de la pesca en el GU. Finalmente, se espera que el material presentado, los resultados y los comentarios expuestos a lo largo del documento sirvan de ayuda para un acercamiento más amplio entre los actores involucrados e incluyan la pertinencia de considerar tanto a los fenómenos ambientales como a los sociales en un diálogo abierto que permita el cuidado participativo del ecosistema y así persista la conservación de los recursos presentes y su aprovechamiento de manera sostenible.

9. CONCLUSIONES

- Sobre la base de los resultados se observó que la mayor parte de la población dedicada a la pesca en el GU está organizada en sociedades cooperativas y que los chinchorros como arte de pesca de amplio uso en el GU se encuentran operando dentro de las medidas autorizadas para ello, por lo que se considera que los pescadores en las inmediaciones de la ZRP tienen conciencia en acatar las medidas de manejo señaladas por las autoridades.
- Si bien la ZRP se creó con la finalidad de proteger a la tortuga amarilla (*C. caretta*) y sobre la base de los resultados de este trabajo se observó una mayor abundancia de esta especie, sin embargo, las interacciones con chinchorros fueron observadas con mayor frecuencia con las tortugas verdes (*C. mydas*).
- El periodo de mayor frecuencia de interacción entre las tortugas marinas y los chinchorros se registró en junio, coincidiendo con el mayor registro de actividad pesquera, pero también con los periodos inmediatos de intensificación de la CC en el área.
- Con ayuda del IIAT se observó que el comportamiento de las interacciones es bien diferenciado en espacio, identificando zonas puntuales de mayor interacción dentro de la ZRP y que podrían ser utilizadas como indicador para aumentar la vigilancia en ciertas localidades al momento de realizar la extracción de recursos pesqueros con chinchorros.
- Con base en la probabilidad de Poisson se determinó que, dentro de la ZRP, existió cerca del 30 % más probable de encontrar una tortuga viva sin interacción con las redes de pesca.
- La probabilidad condicional identificó que existe mayor probabilidad de que una tortuga continúe viva (57.53 %) a que muera (42.46 %) dado que haya existido una interacción entre la tortuga y la red.
- Fue posible caracterizar las interacciones de las tortugas marinas y los chinchorros dentro del polígono de la ZRP, sin embargo, se requiere mayor esfuerzo de monitoreo a lo largo del año que permita darle robustez estadística a los resultados.
- Sobre la base de estos resultados, se considera que el área del polígono de la ZRP es susceptible a redimensionarse debido a que las interacciones con las redes de tipo chinchorro no están ocurriendo de la misma manera en toda el área ni de manera

permanente, y que además existen ciertas zonas como las localidades de San Juanico, El Chicharrón, Las Barrancas y el Estero San Vicente en las que se requiere el monitoreo de las redes de manera más constante.

9.1 Recomendaciones

- I. Continuar con el monitoreo de observadores a bordo para la recopilación de información sobre la interacción de las tortugas marinas y las actividades extractivas de la pesca.
- II. Recabar información de datos ambientales *in situ*, para continuar con las investigaciones y estudios que ayuden a profundizar las hipótesis que plantean en cuanto a las posibles causas de los varamientos de tortugas marinas.
- III. El polígono de la ZRP fue también declarada una zona para la protección de la tortuga amarilla, sin embargo, deben extenderse las medidas de protección para incluir a la tortuga verde y tomar en cuenta las medidas necesarias para estas dos especies emblemáticas de la zona.
- IV. Atender las necesidades sociales y de vulnerabilidad que presentan las localidades del GU.
- V. Desarrollar lineamientos suficientes en materia de política ambiental para abordar la problemática que se presenta en el GU tanto a nivel económico, social y de conservación incluyendo la participación de los actores.
- VI. Capacitar a los pescadores para el manejo de los organismos que llegan a enredarse en las redes, incluidas las técnicas de reanimación de los organismos. Además de revisión de las redes con mayor frecuencia con el fin de evitar o remediar el enredo de las tortugas, haciendo más intensiva la vigilancia en aquellas localidades donde ocurre más interacción con las redes.

10. LITERATURA CITADA

- Acosta-Velázquez, J. y Vázquez-Lule, AD. (2009). *Caracterización del sitio de manglar Bahía Magdalena, en Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica.* CONABIO, México, DF. 18 p.
- Baillie, J.E.M., Hilton-Taylor, C. y Stuart, S.N. (2004). *2004 IUCN red list of threatened species: a global species assessment.* IUCN. Gland, Switzerland. 191 p. Disponible en: <https://globalpact.informea.org/sites/default/files/documents/MON-085104.pdf>. [Consulta: 19 de septiembre 2023].
- Bakun, A. y Nelson, C.S. (1991). The seasonal cycle of wind-stress curl in subtropical eastern boundary current regions. *Journal of Physical Oceanography*, 21(12): 1815-1834. doi:[https://doi.org/10.1175/1520-0485\(1991\)021%3C1815:tscows%3E2.0.co;2](https://doi.org/10.1175/1520-0485(1991)021%3C1815:tscows%3E2.0.co;2).
- Balazs, G.H. (1980). *Synopsis of biological data on the green turtle in the Hawaiian islands.* NOAA Technical Memorandum NOAA-TM-MFS-SWFC-7. Honolulu, Hawaii. 148 p.
- Baptistotte, C., Thome, J.C.A. y Bjorndal, K.A. (2003). Reproductive biology and conservation status of the loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*) in Espírito Santo State, Brazil. *Chelonian Conservation and Biology*, 4(3): 1-7.
- Bograd, S.J. y Lynn, R.J. (2003). Long-term variability in the southern California Current system. *Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 50(14-16): 2355-2370. doi: 10.1016/S0967-0645(03)00131-0.
- Böhm, M., Collen, B., Baillie, J.E.M., Bowles, P., Chanson, J., Cox, N., Hammerson, G., Hoffmann, M., Livingstone, S.R., Ram, M., Rhodin, A.G.J., Stuart, S.N., van Dijk, P.P., Young, B.E., Afuang, L.E., Aghasyan, A., García, A., Aguilar, C., Ajtic, R. y Akarsu, F. (2013). The conservation status of the world's reptiles. *Biological Conservation*, 157: 372-385. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2012.07.015>.
- Bouchard, S.S. y Bjorndal, K.A. (2000). Sea turtles as biological transporters of nutrients and energy from marine to terrestrial ecosystems. *Ecology*, 81(8): 2505-2313. doi: 10.1890/0012-9658(2000)081[2305:STABTO]2.0.CO;2.
- Bravo-Olivas, M., Chávez-Dagostino, R., López-Fletes, C. y Espino-Barr, E. (2014). Fishprint of coastal fisheries in Jalisco, Mexico. *Sustainability*, 6(12): 9218-9230. doi: <https://doi.org/10.3390/su6129218>.
- Cariño M., E. Gámez, A. Martínez, J. Varela, y M. Monteforte. (2005). Ecoturismo, certificación y desarrollo sustentable: la empresa Kuyimá en Baja California Sur, México. *Revista Global Tourism*, 5(1): 1-23.
- CEMDA. (2015). "Alienta" CONAPESCA embargo pesquero contra México. Disponible en: <https://www.cemda.org.mx/alienta-conapescas-embargo-pesquero-contra-mexico/>. [Consulta: 25 de agosto 2023].
- CIBNOR-UABCS-CICIMAR-IPN. (2013). *Informe Final de Investigación Proyecto: Estudio sobre las causas de muerte de la tortuga amarilla (Caretta caretta) en la costa occidental de Baja California Sur (Golfo de Ulloa).* La Paz, B.C.S., México. 131 p.
- CONANP. (2011). *Conservación y protección de la tortuga verde (Chelonia mydas) en el Parque Nacional Arrecife Alacranes.* Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas México, (200): 9 p. Disponible en: http://www.conanp.gob.mx/acciones/fichas/tortuverde/tortu_verde.pdf. [Consulta: 25 de agosto 2023].

- CONANP. (2022). *Programa nacional de conservación de tortugas marinas*. 79 p. Disponible en: <https://www.conanp.gob.mx/documentos/Programa-Nacional-De-Conservacion-De-Tortugas-Marinas.pdf>. [Consulta: 25 de agosto 2023].
- Cordón-Suárez, M. y Cordón-Suárez, E. (2011). Uso y valoración de la tortuga verde (*Chelonia mydas*) en la comunidad de Awastara. *Ciencia e Interculturalidad*, 8(1): 112-129. doi: 10.5377/rci.v8i1.567.
- Cortés-Ortiz, R.A., Ponce-Díaz, G. y Ángeles-Villa, M. (2016). El sector pesquero en Baja California Sur: un enfoque de insumo-producto. *Región y sociedad*, 18(35): 107-129. doi: 10.22198/rys.2006.35.a579.
- del Monte-Luna, P. (2004). *Caracterización el Centro de Actividad Biológica del Golfo de Ulloa, B.C.S., bajo un enfoque de modelación ecológica*. Tesis doctoral. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN, La Paz, B.C.S., México. 93 p.
- Díaz-Uribe, J.G., Valdez-Ornelas, V.M., Danemann, G.D., Torreblanca-Ramírez, E., Castillo-López, A. y Cisneros-Mata, M.Á. (2013). Regionalización de la pesca ribereña en el noroeste de México como base práctica para su manejo. *Ciencia Pesquera*, 21(1): 41-54.
- DOF. (1986). *Ley Federal del Mar*. Disponible en: https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4781204&fecha=08/01/1986#gsc.tab=0. [Consulta: 25 de agosto 2023].
- DOF. (2006). *DECRETO por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Ley General de Vida Silvestre*. Disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4912648&fecha=26/06/2006. [Consulta: 04 de septiembre 2023].
- DOF. (2007). *Decreto por el que se expide la Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables*. Disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4994238&fecha=24/07/2007#gsc.tab=0. [Consulta: 04 de septiembre 2023].
- DOF. (2010). *NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo*. Disponible en: https://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5173091. [Consulta: 25 de agosto 2023].
- DOF. (2014). *NORMA Oficial Mexicana NOM-049-SAG/PESC-2014, que determina el procedimiento para establecer zonas de refugio para los recursos pesqueros en aguas de jurisdicción federal de los Estados Unidos Mexicanos. Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos-Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación*. Disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5340568&fecha=14/04/2014#gsc.tab=0. [Consulta: 25 de agosto 2023].
- DOF. (2015). *DECRETO por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y de la Ley General de Vida Silvestre*. Disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5378251&fecha=09/01/2015#gsc.tab=0. [Consulta: 04 de septiembre 2023].
- DOF. (2018a). *ACUERDO por el que se establece el área de refugio para la tortuga amarilla (*Caretta caretta*) en el Golfo de Ulloa, en Baja California Sur*. Disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5525056&fecha=05/06/2018#gsc.tab=0.

- [Consulta: 25 de agosto 2023].
- DOF. (2018b). *ACUERDO mediante el cual se da a conocer la Actualización de la Carta Nacional Pesquera*. Disponible en: https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5696337&fecha=21/07/2023#gsc.tab=0. [Consulta: 25 de agosto 2023].
- DOF. (2020). *PROGRAMA Nacional de Pesca y Acuicultura 2020-2024*. Disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5609194&fecha=30/12/2020#gsc.tab=0. [Consulta: 25 de agosto 2023].
- DOF. (2023a). *ACUERDO por el que se establece la zona de refugio pesquero y nuevas medidas para reducir la posible interacción de la pesca con tortugas marinas en la costa occidental de Baja California Sur*. Disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5693203&fecha=23/06/2023&print=true. [Consulta: 25 de agosto 2023].
- DOF. (2023b). *ACUERDO por el que se da a conocer la modificación al Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Pacífico Norte*. Disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5698272&fecha=11/08/2023#gsc.tab=0. [Consulta: 04 de septiembre 2023].
- Domingo, A., Bugoni, L., Prosdoci, L., Miller, P., Laporta, M., Monteiro, D., Estrades, A. y Albareda, D. (2006). *El impacto generado por las pesquerías en las tortugas marinas en el océano Atlántico Sud Occidental*. WWF Programa Marino para Latinoamérica y el Caribe, San José, Costa Rica. 71 p. ISBN: 996882531X. Disponible en: https://aquadocs.org/bitstream/handle/1834/3206/impactoffisheriesonturtles_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y. [Consulta: 19 de septiembre 2023].
- Dow-Piniak, W. y Eckert, K. (2011). Sea turtle nesting habitat in the Wider Caribbean Region. *Endangered Species Research*, 15(2): 129-141. doi: <https://doi.org/10.3354/esr00375>.
- Eckert, K.L., Bjorndal, K.A., Abreu-Grobois, F.A., y Donnelly, M. (2000). Técnicas de Investigación y Manejo para la Conservación de las Tortugas Marinas. *Grupo especialista en tortugas marinas UICN/CSE Publicación*, 4: 260 p.
- Espino-Barr, E., Ruiz-Luna, A. y García-Boa, A. (2002). Changes in tropical fish assemblages associated with small-scale fisheries: A case study in the Pacific off central Mexico. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 12(4): 393-401. doi: 10.1023/A:1025355102004.
- FAO. (1995). *Código de Conducta para la pesca responsable*. Roma, Italia. 19 p. ISBN 92.5.304541-8. Disponible en: <https://www.fao.org/3/v9878s/v9878s.pdf>. [Consulta: 15 de septiembre 2023].
- Fernández-Rivera Melo, F.J., Suárez-Castillo, A., Amador-Castro, I.G., Gastélum-Nava, E., Espinosa-Romero, M.J. y Torre, J. (2018). Bases para el ordenamiento de la pesca artesanal con la participación del sector productivo en la Región de las Grandes Islas, Golfo de California. *Ciencia Pesquera*, 26(1): 81-100.
- Fuentes-Mascorro, G., Guerrero-Zarate, F.N., Vargas-Morado, K.A., Zamudio-Castro, D., Rodríguez-Zermeño, F del R., Razo-Negrete, S.L. y Angel-Hernandez, A. (2022). Aprovechamiento y preservación de los nidos de tortuga marina en México. *Jóvenes en la Ciencia*, 14: 1-8. doi: 10.15174/jc.2022.3471.
- García-Grajales, J., Arcos-García, J.L., Ramírez-Fuentes, E. y Meraz, J. (2018). La investigación científica sobre tortugas marinas en México: una revisión a las actividades y acciones de investigación y conservación. *Ciencias Marinas*, 21(63): 3-12.
- García-Martínez, S. y Nichols, W.J. (2000). *Sea turtles of Bahía Magdalena, Baja California Sur*,

- Mexico: demand and supply of an endangered species*. IIFET 2000 Proceedings, San Francisco, California, USA. 4 p.
- González-Ramos, M. del S., Rojas Alquicira, E.F. y Fuentes-Mascorro, G. (2016). Sitios de alimentación, hábitos alimenticios y métodos de estudio de la tortuga *Chelonia mydas* (Linnaeus, 1758): perspectivas para Oaxaca. *Ciencia y Mar*, 21(53): 15-24.
- Hama, F.L., Karaica, D., Karaica, B., Rodić, P., Jelić, K., Mahečić, I. y Jelić, D. (2020). Sea turtle strandings, sightings and accidental catch along the Croatian Adriatic coast. *Mediterranean Marine Science*, 21(2): 452-459. doi: 10.12681/MMS.19490.
- Hernández de La Rosa, Y., Moreno, V.J., Batista Hernández, N.E. y Castañeda, E.T. (2017). ¿Chi cuadrado o Ji cuadrado? *Medicentro Electrónica*, 21(4): 294-295. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1029-30432017000400001. [Consulta: 08 de septiembre 2023].
- Inteligencia Pública. (2019). Impacto Social de la Pesca Ribereña en México: Propuestas para impulsar el bienestar social en el sector pesquero. CDMX: EDF (*Environmental Defense Fund*) de México. 99 p.
- Jiménez-Esquivel, V., López-Sagástegui, C., Cota-Nieto, J.J. y Mascareñas-Osorio, I. (2018). Comunidades costeras del noroeste mexicano haciendo ciencia. *Relaciones. Estudios de Historia y Sociedad*, 39(153): 129-165. doi: 10.24901/rehs.v39i153.393.
- Koch, V., Nichols, W.J., Peckham, H. y De La Toba, V. (2006). Estimates of sea turtle mortality from poaching and bycatch in Bahía Magdalena, Baja California Sur, Mexico. *Biological Conservation*, 128(3): 327-334. doi: 10.1016/j.biocon.2005.09.038.
- Koch, V., Peckham, H., Mancini, A. y Eguchi, T. (2013). Estimating at-sea mortality of marine turtles from stranding frequencies and drifter experiments. *PLoS ONE*, 8(2): 1-10. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0056776>.
- León, Y.M. y Bjorndal, K.A. (2002). Selective feeding in the hawksbill turtle, an important predator in coral reef ecosystems. *Marine Ecology Progress Series*, 245: 249-258. doi: 10.3354/meps245249.
- Lluch-Belda, D. (2000). *Centros de actividad biológica en la costa occidental de Baja California. BAC: Centros de actividad biológica del Pacífico mexicano*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., Centro Interdisciplinario de Ciencias del Mar, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. La Paz, B.C.S., México, pp: 49-64.
- Lluch-Cota, D.B., Hernández-Vázquez, S., Balart-Páez, E., Beltrán-Morales, L.F., del Monte Luna, P., González-Becerril, A., Lluch-Cota, S.E., Navarrete del Proó, A.F., Ponce-Díaz, G., Salinas-Zavala, C.A., López-Martínez, J. y Ortega-García, S. (2006). *Desarrollo Sustentable de la Pesca en México Orientaciones Estratégicas*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste/Comisión de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca del Senado de la República. México, D.F. 436 p.
- López-Castro, M.C., Koch, V., Mariscal-Loza, A. y Nichols, W.J. (2010). Long-term monitoring of black turtles *Chelonia mydas* at coastal foraging areas off the Baja California Peninsula. *Endangered Species Research*, 11(1): 35-45. doi: 10.3354/esr00264.
- López-Mendilaharsu, M., Gardner, S.C., Riosmena-Rodriguez, R. y Seminoff, J.A. (2008). Diet selection by immature green turtles (*Chelonia mydas*) at Bahía Magdalena foraging ground in the Pacific Coast of the Baja California Peninsula, México. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 88(3): 641-647. doi: 10.1017/S0025315408001057.
- López-Ramírez, J.A. (2018). *Estimación de la mortalidad natural y caracterización ecológica de la tortuga amarilla Caretta caretta mediante una aproximación ecotrófica en el centro de*

- actividad biológica del Golfo de Ulloa, BCS, México. Tesis de maestría.* Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., La Paz, B.C.S., México. 84 p.
- Lynn, R.J. y Simpson, J.J. (1987). The California Current system: The seasonal variability of its physical characteristics. *Journal of Geophysical Research*, 92(C12): 12947-12966. doi: 10.1029/jc092ic12p12947.
- Márquez-Millán, R. y Garduño-Dionate, M. (2014). *Tortugas marinas*. Instituto Nacional de Pesca, Ciudad de México. 96 p. ISBN: 978-607-8274-10-9.
- Mathew, S. (2004). Expert consultation on interactions between sea turtles and fisheries within an ecosystem context. *FAO Fisheries Report*, 738(738): 246 p. ISBN: 9251052387.
- Merino, A., Resendiz, E., Hernandez, Y. y Lara, M. (2018). First report of courtship and mating behavior by loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*) in the Gulf of Ulloa, Baja California Sur, Mexico. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 46(1): 237–239. doi:https://doi.org/10.3856/vol46-issue1-fulltext-25.
- Molina-Arias, M. (2021). Horror vacui. Corrección de continuidad de Yates. *Revista Electrónica de AnestesiaR*, 13(10): 2-5. Disponible en: <http://revistaanestesia.org/index.php/rear/article/view/671/1190>. [Consulta: 25 de agosto 2023].
- Morales-Zárate, M.V., López-Ramírez, J.A. y Salinas-Zavala, C.A. (2021). Loggerhead marine turtle (*Caretta caretta*) ecological facts from a trophic relationship model in a hot spot fishery area: Gulf of Ulloa, Mexico. *Ecological Modelling*, 439: 109327, 9 p. doi: 10.1016/j.ecolmodel.2020.109327.
- Mota-Rodríguez, C. y Lara-Uc, M. (2014). Flora y fauna epibionte. Las tortugas marinas cargando un mundo. *Bioma*, 25(3): 41-48. ISSN: 2307-0560.
- Narchi, N.E., Domínguez, W. y Rodríguez Armenta, D.J. (2018). El ocaso de la abundancia: pescadores y pesquerías en Bahía Magdalena en el siglo XXI. *Relaciones*, 39(153): 167-198. doi: <https://doi.org/10.24901/rehs.v39i153.394>.
- Nichols, W.J. (2003). *Biology and conservation of sea turtles in Baja California, Mexico. PhD thesis*. University of Arizona, USA. 479 p.
- NOAA. (2016). *NOAA National centers for environmental information, monthly global climate report for annual 2015, published online January 2016*. Disponible en: <https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/monthly-report/global/201513/supplemental/page-1>. [Consulta: 07 de septiembre 2023].
- Orós, J., Montesdeoca, N., Camacho, M., Arencibia, A. y Calabuig, P. (2016). Causes of stranding and mortality, and final disposition of loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) admitted to a wildlife rehabilitation center in Gran Canaria Island, Spain (1998-2014): A long-term retrospective study. *PLoS ONE*, 11(2): 14 p. doi: 10.1371/journal.pone.0149398.
- Palacios-Vélez, J.G. y Perero-Menéndez, M.Y. (2019). *Valoración de las actividades antropogénicas sobre los varamientos de las tortugas marinas en la playa de Canoa-Manabí*. Proyecto de investigación, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Ecuador, 110 p.
- Peckham, S.H., Maldonado-Díaz, D., Walli, A., Ruiz, G., Crowder, L.B. y Nichols, W.J. (2007). Small-scale fisheries bycatch jeopardizes endangered Pacific loggerhead turtles. *PLoS ONE*, 2(10): 6 p. doi: 10.1371/journal.pone.0001041.
- Peckham, S.H., Laudino-Santillan, J., Montano-Medrano, B., Delgado, S., Mizuno, K., Rangel-Acevedo, R., Maldonado-Díaz, D., de la Toba, V., Kinan, I., Dutton, P. y Nichols, W.J. (2008a). *An integrated approach to sentinel species conservation: reducing mortality of the north*

- pacific loggerhead in communities of the Baja California peninsula, Mexico. NOAA Tech Memo NMFS SEFSC. Disponible en: https://issuu.com/wpcouncil/docs/protected_baja_turtle_loggerhead_brochure. [Consulta: 25 de agosto 2023].*
- Peckham, S.H., Maldonado-Díaz, D., Koch, V., Mancini, A., Gaos, A., Tinker, M. y Nichols, W.J. (2008b). High mortality of loggerhead turtles due to bycatch, human consumption and strandings at Baja California Sur, Mexico, 2003 to 2007. *Endangered Species Research*, 5(2-3): 171-183. doi: 10.3354/esr005171.
- Plotkin, P.T., Wicksten, M.K., y Amos, A.F. (1993). Feeding ecology of the loggerhead sea turtle *Caretta caretta* in the Northwestern Gulf of Mexico. *Marine Biology*, (115): 1-5. doi: 10.1007/BF00349379.
- Putman, N.F., Abreu-Grobois, F.A. y Putman, E.M. (2015). *Ocean circulation models are solving mysteries of sea turtle life history. Status world's sea turtles*. Disponible en: <https://www.seaturtlestatus.org/articles/2013/ocean-circulation-models-are-solving-mysteries-of-sea-turtle-life-history>. [Consulta: 08 de septiembre 2023].
- Quiñones, J., Quispe, S., Manrique, M. y Paredes, E. (2021). Dieta de la tortuga verde del Pacífico este *Chelonia mydas agassizii* (Boucort, 1868) en el estuario de Virrilá, Sechura-Perú. 2013-2018. *Boletín Instituto del Mar del Perú*, 36(1): 85-105. doi: 10.53554/boletin.v36i1.321.
- Ramírez, P. (2021). *Carencias de inspección y presupuesto provocan aumento de muertes de tortuga caguama en Golfo de Ulloa: pescadores y ONG*. Disponible en: <https://causanatura.org/visualizacion-de-datos/carencias-de-inspeccion-y-presupuesto-provocan-aumento-de-muertes-de-tortuga-caguama-en-golfo-de-ulloa-pescadores-y-ong>. [Consulta: 25 de agosto 2023].
- Ramírez-Rodríguez, M. y Hernández-Herrera, A. (2016). Aplicación del código de conducta para la pesca responsable en el Golfo de California. *Región y sociedad*, 22(47): 53-72. doi: 10.22198/rys.2010.47.a445.
- Revelles, M., Cardona, L., Aguilar, A., San Félix, M. y Fernández, G. (2007). Habitat use by immature loggerhead sea turtles in the Algerian Basin (western Mediterranean): swimming behaviour, seasonality and dispersal pattern. *Marine Biology*, 151(4): 1501-1515. doi: <https://doi.org/10.1007/s00227-006-0602-z>.
- Rodríguez, J. y Ruíz, J. (2010). Conservación y protección de ecosistemas marinos: conceptos, herramientas y ejemplos de actuaciones. *Ecosistemas*, 19(2): 5-23. ISSN: 1132-6344.
- Rodríguez-Valencia, J.A. y Cisneros-Mata, M.A. (2006). *Captura incidental de las flotas pesqueras ribereñas del Pacífico Mexicano. Reporte técnico del programa Golfo de California de WWF-México a la Comisión de Cooperación Ambiental de América del Norte*. 127 p. doi: 10.13140/RG.2.2.10318.25925.
- SAGARPA. (2014). *Programa Integral de Ordenamiento pesquero en el Golfo de Ulloa, Baja California Sur, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México: Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca*. 61 p. Disponible en: <https://cofemersimir.gob.mx/expediente/17096/mir/34790/anexo/951235>. [Consulta: 15 de septiembre 2023].
- Salinas-Zavala, C.A., Morales-Zárate, M.V. y Martínez-Rincón, R.O. (2020). An empirical relationship between sea surface temperature and massive stranding of the loggerhead turtle (*Caretta caretta*) in the Gulf of Ulloa, Mexico. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 48(2): 214-225. doi: 10.3856/vol48-issue2-fulltext-2348.
- Salinas-Zavala, C.A., Morales-Zárate, M.V., Díaz-Santana-Iturrios, B. y Sánchez-Brito, I. (2022).

- Social vulnerability of the fishing community to restrictive public policies: case study the Gulf of Ulloa, Mexico. *Sustainability*, 14(21): 13 p. doi: 10.3390/su142113916.
- Seminoff, J. y Wallace, B. (2012). *Turtles of the eastern Pacific: advances in research and conservation*. The University of Arizona Press. U.S.A. 368 p.
- Sönmez, B. (2018). Sixteen year (2002-2017) record of sea turtle strandings on Samandağ beach, the eastern mediterranean coast of Turkey. *Zoological Studies*, 57(53): 15 p. doi: 10.6620/ZS.2018.57-53.
- Spiegel, M.R. y Stephens, L.J. (2009). *Estadística*. 4ta edición. Mcgraw-Hill, México. ISBN: 9789701068878. 557 p.
- Valdez-Leyva, G.L. (2012). *Producción pesquera ribereña por zonas de pesca en la región del Golfo de Ulloa, Baja California Sur, México. Tesis de maestría*. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN, La Paz, B.C.S., México. 87 p.
- Varela-Tarango, H.D. (2018). *Mortalidad de dos especies de tortugas marinas: su relación con la pesca y variables ambientales en el Golfo de Ulloa, B.C.S. Tesis de maestría*. Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, B.C.S., México. 93 p.
- Vázquez-Robles, L.M. (2018). *Patrones de operación de la pesca ribereña del corredor San Cosme a Punta Coyote, B.C.S., México. Tesis de maestría*. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN, La Paz, B.C.S., México. 77 p.
- Villanueva-Aguilar, L.F. (1992). *La hechura de las políticas públicas*. Primera edición. Miguel Ángel Porrúa, México. ISBN: 968-842-319-1. 441 p.
- Work, T.M. y Balazs, G.H. (2010). Pathology and distribution of sea turtles landed as bycatch in the hawaii-based north pacific pelagic longline fishery. *Journal of Wildlife Diseases*, 46(2): 422-432. doi: 10.7589/0090-3558-46.2.422.

11. ANEXOS

Anexo A

Tabla 10. Valores estadísticos como resultado de la probabilidad de Poisson.

Categoría	λ	Valor estadístico	Valor crítico	Grados de libertad
1. Viva sin interacción	1.94	597.59	15.09	5
2. Muerta sin interacción	0.16	17.96	3.84	1
3. Viva con interacción	0.17	26.71	3.84	1
4. Muerta con interacción	0.13	20.04	3.84	1

Tabla 11. Cuadro de contingencia para la prueba de independencia en la probabilidad condicional.

Categoría	Columna 1	Columna 2	Total
Frecuencias, fila 1	457	38	495
Porcentaje del total	80.46 %	6.69 %	87.15 %
Frecuencias, fila 2	42	31	73
Porcentaje del total	7.39 %	5.46 %	12.85 %
Totales en columnas	499	69	568
Porcentaje total	87.85 %	12.15 %	
Chi cuadrada (df = 1)	75.15	p= 0.000	
Corrección de Yates	68.92	p= 0.000	

Anexo B

Como parte de las actividades de retribución social se presentaron los resultados de la presente tesis a los líderes de las cooperativas presentes en el Golfo de Ulloa, fue entregado un tríptico con la información expuesta para que los pescadores cuenten con la información relevante de lo que se trabajó en el proyecto de maestría.



La pesca ribereña es
identidad sudcaliforniana



Contacto: jretana@pg.cibnor.mx

Dra. María Verónica Morales Zárate.
mzarate04@cibnor.mx

Dr. César Augusto Salinas Zavala
csalinas@cibnor.mx

Pesca y conservación en el Golfo de Ulloa

Actividades compatibles

Elaborado por: Jehiel Retana

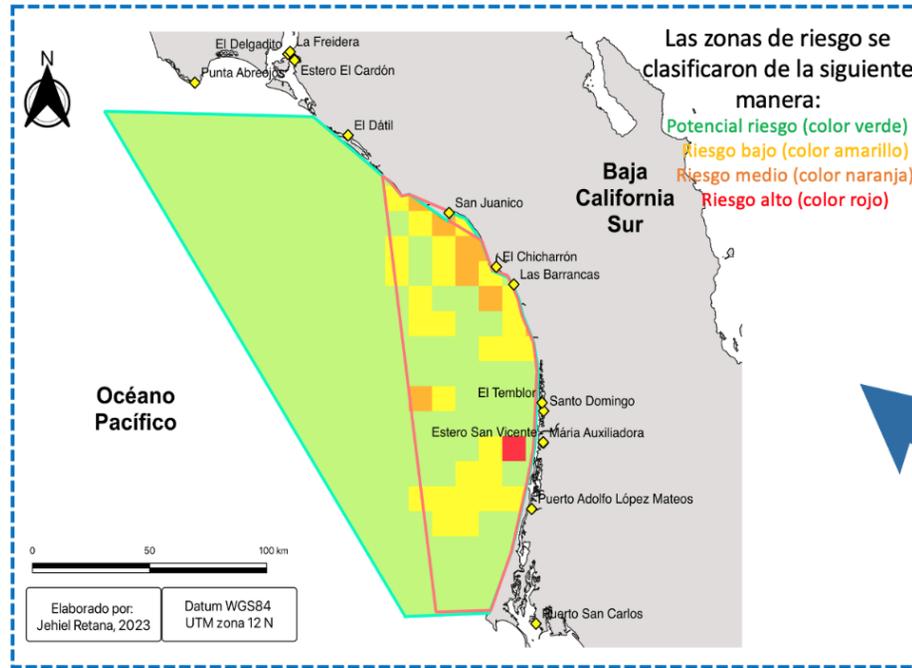
¿Qué sucede en el GU?

En 2012-2014 se registró un varamiento masivo de tortugas marinas en las playas del Golfo de Ulloa (GU), donde a pesar de los estudios, aún no se determinan las causas, sin embargo, la pesca ribereña ha sido señalada como la principal causa de este evento, comprometiendo las actividades de los pescadores.

En 2015, en el GU se declaró un Área de Refugio Pesquero para la protección de tortuga amarilla (*Caretta caretta*), limitando la actividad pesquera. Fue ratificado en 2018 y es aún vigente. En 2021 SAGARPA, actual SADER (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural) declaró el GU como una zona para la protección de la tortuga amarilla.

Si bien se reconoce que sí existe una interacción entre las actividades pesqueras y las tortugas, que puede resultar en la muerte de algunas, esta interacción no ha sido evaluada, por lo que con información de 2015-2016, se hizo un estudio donde se analizaron las interacciones de las tortugas en el área con las redes de pesca de tipo chinchorro.

Para este estudio se consideraron dos especies: la tortuga amarilla también llamada caguama (*Caretta caretta*) y la tortuga prieta (*Chelonia mydas*).



Con base a las categorías y a la abundancia de las tortugas, se realizó un mapa tipo semáforo con el fin de identificar las zonas de mayor interacción entre las artes de pesca y las tortugas, señalando en rojo los cuadrantes con más riesgo para la tortuga y que dicha interacción sea fatal.

Estos resultados señalan que los riesgos son diferenciados en espacio y tiempo por lo que cabría la posibilidad de realizar propuestas de manejo del área más adaptativas, que propicien tanto las actividades de conservación como a las pesqueras.

¿Qué encontramos?

En total se registraron 570 observaciones de las dos especies, tanto de avistamientos como de interacciones (propriadamente con las redes) y se categorizaron de la siguiente manera:

Categoría	Descripción	Número de registros
1	Viva sin interacción con actividades de pesca	458
2	Muerta sin interacción con actividades de pesca.	38
3	Viva con interacción con actividades de pesca.	42
4	Muerta con interacción con actividades de pesca.	32

Nuestros resultados también señalan que es la tortuga prieta presenta mayor interacción con las actividades de pesca.

¿Qué esperamos?

Que estos resultados aporten elementos para un diálogo abierto entre los pescadores y los tomadores de decisiones en el marco de un manejo más equitativo en las tres esferas de la sostenibilidad: ecológico, económico y social.

Además, se realizó un video con la información de la presente tesis y fue publicado en las redes sociales oficiales del CIBNOR:

- ✓ YouTube: <https://youtu.be/VJx-cFR7yXY>
- ✓ Facebook: <https://fb.watch/m7KWVTyRTD/?mibextid=qC1gEa>
- ✓ Twitter: https://twitter.com/cibnoroficial/status/1678524666699481089?s=46&t=1bEenCai7gdd_sVCGrfpj5Q

