



CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS
DEL NOROESTE, S.C.

Programa de Estudios de Posgrado

**USO DEL HÁBITAT POR *Tursiops truncatus* Y SU
INTERACCIÓN CON EL TURISMO NÁUTICO EN LA BAHÍA DE
SAN FRANCISCO, SONORA.**

T E S I S

Que para obtener el grado de

Maestro en Ciencias

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

P r e s e n t a

Luis Ernesto Villa Díaz de León

La Paz, Baja California Sur, Julio de 2026.

ACTA DE LIBERACIÓN DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B. C. S., siendo las **10:00 horas** del día **8** del mes de **junio** del **2026**, 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:

"Uso del hábitat por *Tursiops truncatus* y su interacción con el turismo náutico en la bahía de San Francisco, Sonora"

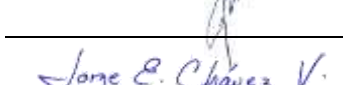
Presentada por el alumno:

Luis Ernesto Villa Díaz de León

Aspirante al Grado de MAESTRO 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

Grado y nombre	Estatus	Firma
Dr. José Alfredo Arreola Lizárraga	Director de Tesis	
Dr. Juan Pablo Gallo Reynoso	Co-Tutor	
Dr. Jorge Eduardo Chávez Villalba	Co-Tutor	



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



La Paz, Baja California Sur, a 18 de junio de 2026

Los miembros del comité de tesis de la estudiante Luis Ernesto Villa Díaz de León del Programa de Maestría en el Uso, Manejo 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.

**Tesis de Maestría en Ciencias en UMPRN
(CIBNOR)**

Por Luis Ernesto Villa Díaz de León

- Herramientas antiplagio:

iThenticate

- Filtros utilizados:

Bibliografía

Texto citado (mencionado)



11% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto mencionado

Fuentes principales

11% Fuentes de Internet
5% Publicaciones
0% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

USO DEL HÁBITAT POR *TURSIOPS TRUNCATUS* Y SU INTERACCIÓN CON EL TURISMO NÁUTICO EN LA BAHÍA SAN FRANCISCO, SONORA

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de su categoría. Las fuentes superpuestas no se muestran.

1	Internet	5%
2	Internet	<1%
3	Internet	<1%
4	Internet	<1%
5	Internet	<1%
6	Internet	<1%
7	Internet	<1%
8	Internet	<1%
9	Internet	<1%
10	Internet	<1%
11	Internet	<1%

Firmas del Comité Tutorial

Director

Dr. José Alfredo Arreola Lizárraga

Estudiante

Luis Ernesto Villa Díaz de León

Personal técnico de asesoría en el análisis

M. en C. Edgar Alcántara Razo

Conformación de Comités

Comité Tutorial

Dr. José Alfredo Arreola Lizárraga
Centro de investigaciones Biológicas del Noroeste S.C
Director de Tesis

Dr. Juan Pablo Gallo Reynoso
Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C.
Co-Tutor de Tesis

Dr. Jorge Eduardo Chávez Villalba
Centro de investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.
Co- Tutor de Tesis

Comité de Revisor de Tesis

Dr. José Alfredo Arreola Lizárraga
Dr. Juan Pablo Gallo Reynoso
Dr. Jorge Eduardo Chávez Villalba

Jurado de Examen

Dr. José Alfredo Arreola Lizárraga
Dr. Juan Pablo Gallo Reynoso
Dr. Jorge Eduardo Chávez Villalba

Suplente

M. en C. María Sara Burrola Sánchez

Resumen

En México, la tonina o delfín nariz de botella *Tursiops truncatus*, es una especie sujeta a protección especial por la norma mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001. El objetivo del estudio es conocer la abundancia, distribución, uso del hábitat y comportamiento de la tonina *T. truncatus*, así como su interacción con el turismo náutico en la Bahía San Francisco, Sonora, México. Se determinaron las características ambientales de la bahía: tipo de costa, batimetría, patrón de corrientes, patrón de vientos, temperatura del agua y biomasa de fitoplancton. Asimismo, durante el periodo mayo de 2024 a abril de 2025, se realizaron 560 registros en videos de $\approx$ 20 min con un vehículo aéreo no tripulado DJI SE 2 equipado con una cámara 4k y posicionador geográfico; los videos se analizaron para determinar la abundancia y distribución espacio-temporal de las toninas, así como su comportamiento con y sin interacción de turismo náutico. Adicionalmente, se aplicaron encuestas a los capitanes de yates turísticos para determinar el interés de los turistas por observar a las toninas, así como los sitios, el horario y el periodo de observación. Los resultados mostraron que las toninas ocurren todo el año en grupos de entre 3 y 20 individuos, específicamente en el flanco costero Este de la bahía, donde se ubica el Área Natural Protegida estero El Soldado, presentando una mayor abundancia en invierno y en primavera, atribuido a surgencias costeras que aportan disponibilidad de alimento para las toninas. Durante el estudio las toninas exhibieron comportamientos de socialización, alimentación, descanso, reproducción, crianza y desplazamiento. El destino turístico cuenta con 87 yates turísticos, además el 30 % de los turistas eligen pasear en yate para observar a las toninas; los periodos de observación duran entre 30 y 60 minutos y el sitio con mayor frecuencia de observación de las toninas es el flanco Este de la bahía, frente al estero El Soldado. Se observó que la práctica actual del turismo náutico genera perturbación a las toninas indicada por la disminución en las actividades de alimentación, descanso, respiración controlada, buceo regular y nado lento; además, las toninas mostraron un incremento de conductas evasivas hacia las embarcaciones. Con la evidencia aportada se propone un protocolo de observación de toninas en la bahía, incluyendo una zona de avistamiento y una zona de exclusión de yates turísticos y privados para minimizar la perturbación de las toninas. El propósito es que las toninas continúen utilizando la Bahía San Francisco como su hábitat y que la actividad turística de observación de toninas perdure con base en prácticas responsables, privilegiando la conservación de las toninas y su hábitat.

Palabras clave: toninas, turismo náutico, dron, Golfo de California,

ORCID: 0009-0005-3685-4977

Vo.Bo.

Director de Tesis



Dr. José Alfredo Arreola Lizárraga

Summary

In Mexico, the bottlenose dolphin *Tursiops truncatus* is a species subject to special protection under Mexican regulatory framework NOM-059-SEMARNAT-2001. The objective of this study is to determine the abundance, distribution, habitat use, and behavior of *T. truncatus*, as well as its interaction with nautical tourism in San Francisco Bay, Sonora, México. The environmental characteristics of the bay were determined: coast type, bathymetry, current patterns, wind patterns, water temperature, and phytoplankton biomass. Furthermore, during the period from May 2024 to April 2025, 560 video recordings of approximately 20 minutes each were made using a DJI SE 2 unmanned aerial vehicle equipped with a 4K camera and a geolocation system. The videos were analyzed to determine the abundance and spatiotemporal distribution of bottlenose dolphins, as well as their behavior with and without interaction from nautical tourism. Additionally, surveys were administered to captains of tourist yachts to determine tourists' interest in observing dolphins, as well as the locations, times, and periods of observation. The results showed that bottlenose dolphins occur year-round in groups of 3 to 20 individuals, specifically along the eastern coast of the bay, where the El Soldado estuary (Protected Area) is located, with higher abundance in winter and spring, attributed to coastal upwellings that provide food availability for the dolphins. Throughout the study, the dolphins exhibited socializing, feeding, resting, breeding, rearing, and movement. It was found that the tourist destination has 87 tourist yachts and that 30% of tourists choose a yacht tour for dolphin watching; observation periods last between 30 and 60 minutes, and the site with the highest frequency of dolphin sightings is the eastern side of the bay, opposite the El Soldado estuary. It was also observed that current nautical tourism practices cause disturbance to the dolphins, as indicated by a decrease in feeding, resting, controlled breathing, regular diving, and slow swimming; furthermore, the dolphins exhibited an increase in evasive behaviors. Based on the evidence provided, a protocol for dolphin observation in the bay is proposed, including a viewing zone and an exclusion zone for tourist and private yachts to minimize disturbance to the dolphins. The goal is for the dolphins to continue using San Francisco Bay as their habitat and for dolphin-watching tourism to continue based on responsible practices that prioritize the conservation of the dolphins and their habitat.

Keywords: bottlenose dolphins, nautical tourism, drone, Gulf of California.

ORCID: 0009-0005-3685-4977

Vo.Bo.
Director de Tesis



Dr. José Alfredo Arreola Lizárraga

Dedicatoria

A la familia hecha de personas que, aunque no comparten tu sangre son motor de vida e inspiración, amor, comprensión, apoyo incondicional y compañía.
Gracias a ellos que hacen que tenga sentido la vida.

A todos aquellos que han luchado y seguirán luchando por preservar el equilibrio de la naturaleza, los animales, el medio ambiente.

“La tierra no pertenece al hombre; el hombre pertenece a la tierra.
Todas las cosas están conectadas como la sangre que une a una familia.
Lo que le ocurre a la tierra, le ocurre a los hijos de la tierra.
El hombre no tejió la trama de la vida; es solo un hilo en ella.
Lo que le haga a la tierra, se lo hace a sí mismo.”

Agradecimientos

Al Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., por brindarme la oportunidad de cursar la Maestría en Ciencias en el Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales, así como por el apoyo recibido durante mi formación.

A la Secretaría de Ciencias, Humanidades, Tecnología e Innovación, por el otorgamiento de la beca **No. 1022410203** que hizo posible la realización de estos estudios.

A mi Director de tesis Dr. José Alfredo Arreola Lizárraga, por todo sus consejos y guía para realizar esta tesis.

A los Doctores Juan Pablo Gallo Reynoso y Jorge Eduardo Chávez Villalba, miembros de mi comité tutorial, les agradezco por todo su conocimiento, experiencia y apoyo brindados para mejorar y enriquecer mi trabajo de tesis.

A la M. en C. María Sara Burrola Sánchez, responsable técnico del Laboratorio de Manejo Costero del CIBNOR, por la ayuda con la información para la caracterización de la bahía y todo su conocimiento compartido en procesos costeros.

Al Ing. David Urías Laborín y al Ing. Guillermo Ismael Padilla Serrato, adscritos al Laboratorio de Manejo Costero del CIBNOR, por ayudarme con la elaboración y edición de mapas, imágenes y gráficas.

Al Dr. Luis Brito Castillo y al Ing. Julio Egrén Félix Domínguez, responsables académico y técnico, respectivamente, del Laboratorio de Modelación Espacial y Sensores Remotos del CIBNOR, por facilitarme la información meteorológica durante el periodo de estudio de la tesis.

Al M. en C. Edgar Alcántara Razo, responsable del Laboratorio de Ecología Aplicada y Pesquerías, CIBNOR – Unidad Guaymas, por sus observaciones y comentarios al trabajo, además de todo su apoyo en los procesos administrativos de Posgrado.

A los señores José Luis Álvarez y Enrique Hudson de la empresa de yates turísticos OASIS de San Carlos, Sonora, por todas las facilidades y apoyo brindado para aplicar las encuestas a los capitanes de yates.

Contenido

Resumen.....	i
Summary... ..	ii
Dedicatoria	iii
Agradecimientos.....	iv
Contenido.....	v
Lista de figuras.....	vi
Lista de tablas.....	vii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES	3
2.1 Generalidades de <i>Tursiops truncatus</i>	3
2.2 Interacción con turismo	5
2.3 Uso de vehículos aéreos no tripulados (VANT)	6
2.4 Regulaciones de observación	8
3. JUSTIFICACIÓN	10
4. HIPÓTESIS	11
5. OBJETIVOS	12
5.1 Objetivo general	12
5.2 Objetivos específicos	12
6. MATERIALES Y MÉTODOS	13
6.1 Área de estudio.....	13
6.2 Caracterización ambiental	14
6.3 Observaciones con VANT	14
6.4 Distribución y abundancia	16
6.5 Comportamiento	16
6.6 Encuestas a capitanes de Yates turísticos	18
7. RESULTADOS	19
7.1 Caracterización de la Bahía San Francisco	19
7.2 Distribución y abundancia	23
7.3 Desarrollo del turismo náutico	25
7.4 Comportamiento de <i>Tursiops truncatus</i> con y sin interacción con el turismo náutico	29
7.5 Protocolo de avistamiento de toninas en la Bahía San Francisco, Sonora	31
8. DISCUSIÓN	34
8.1 Observaciones con VANT	34
8.2 El ambiente de la Bahía San Francisco.....	35
8.3 Distribución y abundancia de toninas	36
8.4 Actividad del turismo náutico.....	38
8.5 Comportamiento de toninas con y sin interacción humana	39
8.6 Propuesta de protocolo de avistamiento	41
9. CONCLUSIONES	42
10. LITERATURA CITADA	43
11. ANEXO.. ..	48
Anexo A.-Encuesta	48
Anexo B.-Ejemplo de protocolo para la observación de mamíferos marinos	49
Anexo C.-Evidencias fotográficas	50

Lista de figuras

Figura 1. Localización y caracterización de la Bahía San Francisco, Sonora, México. Se indican los tipos de costa, las isobatas, las islas, la zona urbana y las siete zonas de despegue del vehículo aéreo no tripulado.....	13
Figura 2. Vehículo aéreo no tripulado DJI SE 2, con cuatro baterías adicionales, controlado a distancia desde tierra con DJI Smart Controller con extensor para pantalla.....	15
Figura 3. Rosa de los vientos mensual para el ciclo anual mayo 2024-mayo 2025 de la estación meteorológica del CIBNOR localizada en estero El Soldado, Sonora. Registros durante periodos de observación con vehículo aéreo no tripulado.....	21
Figura 4. Velocidad de viento (m s^{-1}) promedio, dirección y su porcentaje de dominancia durante las observaciones de toninas con vehículo aéreo no tripulado.....	22
Figura 5. Comportamiento mensual de la temperatura superficial del mar (TSM) durante el periodo 2003-2025 en la zona costera donde se ubica la Bahía San Francisco, Sonora.	22
Figura 6. Promedios mensuales de la Clorofila “a” durante el periodo 2003-2025 en la zona costera donde se ubica la Bahía San Francisco, Sonora.	23
Figura 7. Distribución y abundancia de la tonina <i>Tursiops truncatus</i> durante un ciclo anual en la Bahía San Francisco, Sonora, México.....	24
Figura 8. Distribución y abundancia de la tonina <i>Tursiops truncatus</i> , durante las estaciones del año en la Bahía San Francisco, Sonora, México.	25
Figura 9. Preferencia del tipo de paseo en Yate por los turistas en San Carlos, Sonora.	26
Figura 10. Frecuencia del horario de avistamiento de toninas <i>Tursiops truncatus</i> por turistas durante paseos en yate en San Carlos, Sonora.....	26
Figura 11. Frecuencia de la duración promedio de los avistamientos de las toninas <i>Tursiops truncatus</i> durante paseos en yates turísticos en la Bahía San Francisco, Sonora.	27
Figura 12. Frecuencia del número de toninas <i>Tursiops truncatus</i> observadas durante los paseos en yates turísticos en la Bahía San Francisco, Sonora.	28
Figura 13. Derrotero de embarcaciones turísticas, así como zonas (círculos) y frecuencia de avistamientos de toninas <i>Tursiops truncatus</i> en la Bahía San Francisco, Sonora.	29
Figura 14. Comparación del comportamiento de las toninas <i>Tursiops truncatus</i> con y sin turismo náutico en la Bahía San Francisco, Sonora. Las barras indican la frecuencia (%) de cada conducta observada en el total de vuelos: para turismo náutico (n=85) y sin turismo náutico (n=147).....	30
Figura 15. Protocolo propuesto para la regulación de la observación de toninas <i>Tursiops truncatus</i> en la Bahía San Francisco, en el destino turístico de San Carlos, municipio de Guaymas, Sonora.	32
Figura 16. Propuesta de zona para la observación de toninas (<i>Tursiops truncatus</i>) en la Bahía San Francisco, en el destino turístico San Carlos, municipio de Guaymas, Sonora.....	33

Lista de tablas

Tabla 1..... Estados de comportamiento de acuerdo con Shane (1990).	16
Tabla 2..... Estados y eventos de comportamiento de <i>Tursiops truncatus</i>	17

1. INTRODUCCIÓN

La tonina o delfín nariz de botella (*Tursiops truncatus*), es una especie cosmopolita que se distribuye en zonas tropicales y templadas del planeta, y tiene capacidad para adaptarse a diversos ambientes, desde zonas costeras hasta aguas oceánicas (Wells y Scott, 2018).

Las toninas, presentan tallas entre los 2 y 4 m de longitud y pesos que van desde los 150 hasta los 650 kg; su cuerpo es fusiforme e hidrodinámico, con una coloración de varios tonos de gris que se aclara hacia el vientre, además presentan una aleta dorsal prominente. Estas características anatómicas optimizan su desplazamiento en ambientes marinos diversos, y le confieren ventajas adaptativas para la captura de presas y escapar o defenderse de los depredadores (Jefferson *et al.*, 2015). Las hembras alcanzan la madurez sexual entre los 8 y los 12 años, mientras que los machos la alcanzan un poco más tarde. La gestación dura aproximadamente 12 meses, dando lugar al nacimiento de una cría, cuya lactancia dura de 12 a 18 meses; sin embargo, la dependencia social y el aprendizaje se prolongan por varios años, pues los juveniles desarrollan conductas de caza y socialización mediante la observación de los adultos, de manera que este aprendizaje prolongado refuerza la transmisión cultural y la cohesión grupal dentro de la especie (Connor *et al.*, 1992).

La distribución de *T. truncatus* está determinada por factores ambientales como la temperatura del agua, la profundidad, las corrientes marinas y la fisiografía costera, así como por la disponibilidad de alimento en zonas de surgencias, bocas de estuarios y dentro de lagunas costeras (Shane *et al.*, 1986). La influencia de las actividades humanas también tiene un impacto en su distribución (Bearzi *et al.*, 2009). En México, esta especie se distribuye tanto en el Atlántico como en el Pacífico, y su presencia en el Golfo de California se ha documentado determinando grupos residentes con movimientos estacionales relacionados con la disponibilidad de alimento (Urbán *et al.*, 2019).

La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), incluye a *T. truncatus* en la categoría de preocupación menor, debido a su abundancia a nivel mundial (Wells *et al.*, 2019). En México, *T. truncatus* es una especie sujeta a protección especial de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001; esta designación corresponde a especies que podrían

enfrentar amenazas que pongan en riesgo su viabilidad, lo que requiere medidas para promover su recuperación y conservación (DOF, 2002).

En ciertas regiones se reconocen dos ecotipos de toninas, uno costero y otro oceánico, que tienen diferencias anatómicas, fisiológicas, genéticas y de comportamiento (Guevara-Aguirre y Gallo-Reynoso, 2016; Simões-Lopes *et al.*, 2019; Bellingeri *et al.*, 2025). Se considera que las poblaciones de toninas costeras enfrentan mayor vulnerabilidad para su desarrollo ante amenazas antropogénicas, relacionadas directa e indirectamente con los altos niveles de tráfico marítimo, incluyendo actividades de turismo náutico (Hawkins *et al.*, 2017). Es necesario comprender mejor a las toninas y sus requerimientos de hábitat, la posible afectación y modificación de sus hábitats debido a su cercanía y su relación con las actividades humanas (Perrin *et al.*, 2008), porque esta información es útil para diseñar posibles acciones de conservación.

El turismo náutico constituye una de las actividades recreativas y económicas más importantes en las zonas costeras a nivel mundial. Las poblaciones costeras de toninas son carismáticas y fácilmente accesibles para actividades turísticas náuticas debido a sus hábitats costeros y a sus patrones de movimientos dentro de estos hábitats, por lo que están entre las especies marinas más buscadas y atractivas para el turismo náutico (Samuels *et al.*, 2003). Sin embargo, es importante implementar marcos regulatorios o protocolos que permitan la observación de toninas sin afectarlas y al mismo tiempo mantener las actividades turísticas que generan ingresos para las comunidades locales.

En San Carlos, Sonora, México se desarrolla el turismo náutico que incluye la observación de toninas en la Bahía San Francisco, la cual es una actividad en crecimiento que actualmente carece de un protocolo o reglas de observación de las toninas. Bajo este contexto, esta tesis se realizó con el objetivo de conocer el uso del hábitat, abundancia y comportamiento de las toninas costeras *T. truncatus*, así como su interacción con el turismo náutico en la Bahía San Francisco, Sonora, México. Este conocimiento busca apoyar un protocolo para la observación de toninas en la región.

2. ANTECEDENTES

2.1 Generalidades de *Tursiops truncatus*

Las toninas y delfines son considerados animales altamente sociales e inteligentes, lo que se refleja en la complejidad de sus interacciones y en la plasticidad que muestran frente a cambios ambientales y antropogénicos; además, es una especie con capacidad de ecolocalizar en su entorno, esto le permite orientarse, detectar presas y explorar su hábitat mediante la emisión y recepción de ondas acústicas, adaptándose tanto a aguas turbias como aguas claras en espacios abiertos (Connor *et al.*, 2000). Su comunicación se basa en un repertorio complejo de silbidos, chasquidos y posturas corporales. Los “silbidos firma” funcionan como identificadores individuales, equivalentes a un nombre propio, donde aparentemente facilita la cohesión social dentro del grupo (Janik y Sayigh, 2013).

La organización social de *T. truncatus* mantiene un sistema de fisión-fusión, mediante el cual los individuos se agrupan y disgregan de acuerdo con factores como la disponibilidad de alimento, el estado reproductivo y las interacciones sociales. Las toninas presentan gran plasticidad social, conformando grupos que oscilan entre pocos individuos y decenas de ejemplares. Este tipo de organización flexible constituye una estrategia evolutiva que facilita la respuesta ante cambios ambientales y presiones externas, como la presencia de depredadores o las actividades humanas. (Würsig, 2016).

Las toninas cumplen un papel ecológico fundamental como depredador tope en las redes tróficas marinas. Su alimentación incluye una amplia variedad de especies de peces y calamares, debido a su comportamiento alimentario generalista, a su especialización individual o al uso que hacen de su hábitat (Santos *et al.*, 2001). Por ejemplo, en la costa centro-sur del estado de Sonora, se aportó evidencia de que las toninas de los ecotipos costero y oceánico, tuvieron distribuciones espaciales distintas y regidas por límites batimétricos específicos; además, las toninas ocurrieron en función de la distribución y abundancia de sus presas (Guevara-Aguirre y Gallo-Reynoso, 2016).

Por otra parte, el comportamiento de *T. truncatus* suele agruparse en cuatro categorías principales: alimentación, desplazamiento, socialización y descanso (Shane, 1990). Cada uno

responde a necesidades vitales específicas y se manifiesta con variaciones en función del hábitat, la composición del grupo y las condiciones externas.

En el comportamiento de alimentación, las toninas ajustan sus estrategias de caza de acuerdo con las características ambientales: en entornos costeros se alimenta principalmente de cardúmenes de peces vinculados a estuarios y manglares, mientras que en zonas oceánicas aprovecha presas pelágicas que conforman cardúmenes, de tal forma que esta flexibilidad trófica favorece su capacidad de adaptarse a diversos ambientes (Barros y Odell, 1990). El desplazamiento suele estar asociado con la búsqueda de alimento, la exploración del hábitat o el tránsito entre áreas de descanso y socialización. Los grupos pueden recorrer varios kilómetros en un día, dependiendo de la disponibilidad de recursos y las características oceanográficas del área (Shane *et al.*, 1986). En la socialización hay relaciones dinámicas en las que predominan interacciones táctiles, vocales y visuales. Se han descrito conductas como el frotamiento corporal, los saltos acrobáticos y las persecuciones, las cuales cumplen funciones de cohesión social, juego y aprendizaje (Connor *et al.*, 2000); además, en la socialización, la comunicación acústica mediante “silbidos firma” constituyen identificadores individuales que funcionan como equivalentes a un “nombre propio” (Janik y Sayigh, 2013). El descanso es vital para la fisiología de los delfines, los cetáceos presentan un sueño unihemisférico: mientras un hemisferio cerebral descansa, el otro permanece activo para controlar la respiración y mantener cierto nivel de vigilancia; este tipo de descanso puede observarse en delfines que nadan lentamente en superficie o que flotan pasivamente en delfinarios (Sekiguchi y Kohshima, 2003).

El comportamiento reproductivo de *T. truncatus* también corresponde a la socialización. Los machos suelen formar alianzas para cortejar y mantener acceso a las hembras en celo, estas alianzas pueden durar años y están mediadas por las interacciones acústicas y táctiles, los que muestra la complejidad social de la especie (Connor *et al.*, 1992).

Uno de los temas del presente estudio aborda el detectar los cambios en el comportamiento de *T. truncatus* ante la interacción con turismo náutico en la Bahía San Francisco, Sonora.

2.2 Interaccion con turismo

La accesibilidad de los humanos con embarcaciones al hábitat de las toninas hace que éstas sean particularmente vulnerables a los efectos de la interacción frecuente, lo cual ha motivado estudios sobre las consecuencias de la actividad turística en su comportamiento (Lusseau, 2003). Las embarcaciones turísticas no solo interfieren en los patrones de comportamiento de los cetáceos, sino que también contribuyen a la contaminación acústica y el riesgo de colisiones (Bejder *et al.*, 2006). La situación se complica por la falta o limitada aplicación de regulaciones; por ejemplo, no respetar las distancias de avistamiento desde embarcaciones lo que produce perturbación en las poblaciones de las toninas. Stensland y Berggren (2007), mostraron que el impacto generado por las actividades de embarcaciones turísticas sobre las toninas está asociado a un potencial costo energético, debido a la posible pérdida de oportunidades de búsqueda de alimento, así como aumento de la actividad de viaje de las toninas que implica limitaciones fisiológicas.

Al norte del mar Mediterráneo, Alexandre *et al.* (2022), observaron que durante los últimos 30 años las poblaciones costeras de delfines han sido expuestas a una intensa navegación de recreo y durante 1988 - 2019 detectaron una disminución del uso del hábitat por los delfines *T. Truncatus* en la parte costera, concluyendo que el tráfico intenso de vehículos motorizados contribuyó a pérdidas parciales de hábitat para los delfines y otros mamíferos marinos.

En Nueva Zelanda, Pine *et al.* (2021), observaron que durante la pandemia por COVID-19, la zona costera más transitada del parque Marino del Golfo de Hauraki quedó sin actividades recreativas y comerciales no esenciales, generando un cambio radical en el paisaje sonoro de las especies y permitió que peces y delfines incrementaran sus rangos de comunicación en un 65 %; esta evidencia mostró cómo el ruido de las embarcaciones puede perjudicar los paisajes sonoros submarinos.

En la costa del noroeste del mar Mediterráneo, Gannier *et al.* (2022), registraron grabaciones submarinas del tráfico de embarcaciones y mostraron que el ruido costero procedente de los motores de las embarcaciones era mayor en la costa que en mar abierto; estos resultados

sugirieron que el tráfico intenso es un factor probable que contribuye a la pérdida parcial del hábitat de los delfines.

En el Caribe mexicano, Paredes-Torres *et al.* (2025), realizaron una evaluación del turismo de observación de toninas para conocer el cumplimiento de las directrices locales de avistamiento de estas desde embarcaciones turísticas, así como para detectar las respuestas de comportamiento de las toninas. Los resultados mostraron que el 98% de los eventos de avistamiento no cumplieron con las directrices; la infracción más frecuente fue la proximidad de las embarcaciones a las toninas, las cuales respondieron con cambios de dirección alejándose de la trayectoria de las embarcaciones, e incrementaron la velocidad de natación.

La presencia constante de *T. truncatus* en la Bahía de San Francisco, Sonora, ha favorecido su inclusión como atractivo turístico, pero resulta necesario hacer un análisis de las prácticas de observación desde embarcaciones turísticas y conocer las respuestas en el comportamiento de las toninas.

2.3 Uso de vehículos aéreos no tripulados (VANT)

Los vehículos aéreos no tripulados (VANT) o drones, se han convertido en una herramienta útil para monitorear cetáceos, minimizando el sesgo asociado a las observaciones desde embarcaciones o desde tierra firme (Fettermann *et al.*, 2019), y se enfocan en diversos propósitos:

- Comportamiento: permite registrar conductas de alimentación, socialización, descanso y desplazamiento sin interferir directamente en la dinámica natural de los cetáceos (Fettermann *et al.*, 2019).
- Fotoidentificación: Las imágenes obtenidas permiten identificar individuos mediante marcas en la aleta dorsal, cicatrices o patrones de pigmentación, facilitando estudios de residencia, fidelidad al hábitat y estructura social.
- Biometría y salud: El análisis de fotografías aéreas posibilita estimar la longitud corporal, la condición física y, en algunos casos, el estado reproductivo de los individuos (Christiansen *et al.*, 2015).

- Monitoreo de interacciones con embarcaciones: Permiten registrar la proximidad, velocidad y frecuencia de interacciones entre cetáceos y embarcaciones turísticas, generando información clave para evaluar impactos del turismo náutico (Paredes-Torres *et al.* 2025).

Las ventajas de los VANT en estudios de cetáceos incluyen: reducción de la intrusión en el comportamiento de los animales; acceso a áreas de difícil observación desde tierra o embarcación; generación de datos de alta resolución espacial y temporal; bajo costo operativo en comparación con embarcaciones y aeronaves tripuladas. También se reconocen algunas limitaciones: autonomía restringida de vuelo, necesidad de condiciones climáticas favorables y regulación aérea, que en algunos países limita su uso en áreas naturales protegidas o zonas de tráfico aéreo; además, el ruido generado por algunos modelos de VANT puede ser detectado por los cetáceos, lo que plantea la necesidad de evaluar continuamente su grado de intrusión (Domínguez-Sánchez *et al.*, 2021).

El crecimiento acelerado del uso de VANT ha motivado su regulación que busca garantizar tanto la seguridad aérea como la protección de la fauna silvestre. En México, la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC) establece normas para el uso de VANT, incluyendo requisitos de registro y permisos para vuelos comerciales. Desde una perspectiva ética, los investigadores han enfatizado la importancia de minimizar el estrés sobre los animales. Se recomienda mantener alturas de vuelo superiores a los 20–30 metros para evitar perturbaciones, limitar la duración de las observaciones y reducir la frecuencia de vuelos en áreas sensibles (Christiansen *et al.*, 2015). El uso de VANT en México está regulado por la Agencia Federal de Aviación Civil (AFAC), dependiente de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (AFAC, 2019). Los criterios generales que regulan su operación son:

- Registrar el VANT ante la AFAC si su peso es mayor a 250 g.
- Operar únicamente durante el día y en condiciones meteorológicas favorables.
- Mantener el dron a una altura máxima de 120 metros (400 pies) sobre el nivel del suelo.
- Conservar contacto visual directo con la aeronave.
- No volar sobre zonas restringidas como aeropuertos, helipuertos o instalaciones militares
- Mantener una distancia mínima de 9.2 km respecto a aeropuertos controlados.

- En vuelos de investigación científica o uso comercial, tramitar seguro de responsabilidad civil y autorización específica.
- Verificar que el dron y su equipo estén en condiciones óptimas antes de cada vuelo.
- Cumplir con las restricciones ambientales y obtener permisos de investigación si se trabaja en áreas naturales protegidas.

La norma oficial mexicana NOM-107-SCT3-2019, establece los requerimientos para operar un VANT en el espacio aéreo mexicano. Esta norma define las categorías de operación, requisitos de registro, licencias, seguros y lineamientos técnicos de seguridad aérea.

En investigaciones biológicas o ecológicas, como las relacionadas con el monitoreo de mamíferos marinos, los vuelos con VANT deben considerar tanto la NOM-107-SCT3-2019 como los lineamientos de observación responsable de fauna silvestre emitidos por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

2.4 Regulaciones de observación

En diversos países se han realizado esfuerzos para la observación e interacción responsable con cetáceos, estableciendo normas específicas para minimizar las perturbaciones humanas, incluyendo mantener distancias mínimas entre embarcaciones y cetáceos, limitar el número de embarcaciones en un avistamiento, promover velocidades bajas en áreas de alta presencia de mamíferos marinos, no tocar a los delfines, y no alimentarlos, entre otras (Lewis y Walker, 2018).

En Australia, se han establecido directrices para el avistamiento de ballenas y delfines que regulan las distancias mínimas y las zonas de aproximación permitidas para las embarcaciones en presencia de mamíferos marinos (Australian Government, 2017). El protocolo de observación establece zonas de seguridad diseñadas para minimizar el estrés y la perturbación sobre los cetáceos y define tres áreas principales: 1) zona de no acercamiento: comprende un ángulo de 60° tanto al frente como detrás del delfín, donde está estrictamente prohibido aproximarse o seguir al grupo; 2) zona de precaución: abarca un radio de hasta 150 m alrededor del delfín, en esta zona las embarcaciones deben mantener velocidad reducida y no modificar la trayectoria de los delfines y 3) zona de observación: se encuentra a una distancia mínima de 50 m; el acercamiento debe realizarse de forma paralela y nunca por delante ni por detrás. Este protocolo

prohíbe seguir a los delfines o bloquear su ruta, y recomienda limitar el tiempo de observación para evitar alteraciones en su comportamiento natural. Con ello se busca equilibrar la actividad turística con la conservación y bienestar de los mamíferos marinos.

En España existen normas específicas para la observación responsable de cetáceos. El Real Decreto 1727/2007 (Gobierno de España, 2008) establece zonas de exclusión y aproximación (radio mínimo de 60 m alrededor de los animales y una zona de aproximación de hasta 300 m), además de limitar la maniobra y la velocidad de las embarcaciones (por ejemplo, navegación lenta ≤ 4 nudos), con el fin de minimizar la perturbación sobre delfines y otras especies. Estas disposiciones constituyen el marco legal de referencia para actividades recreativas y turísticas de avistamiento en aguas españolas.

En México, la observación de cetáceos está regulada a través de la NOM-131-SEMARNAT-2010, que establece criterios para la observación responsable de ballenas, pero se carece de una norma específica para la observación de poblaciones locales de toninas y otros delfines, particularmente en destinos con turismo náutico como San Carlos, Sonora y otros del país.

En el caso del Golfo de California, la creciente demanda de actividades de avistamiento expone la necesidad de fortalecer marcos regulatorios, promover la investigación científica y fomentar prácticas de turismo responsable. Por ejemplo, en la región de estudio de esta tesis, se han realizado estudios reconociendo la importancia al capital natural para el desarrollo del turismo náutico, en particular por los paisajes costeros y la vida marina que resultan atractivos para realizar actividades de buceo, pesca y paseos en yate (Rivera-Martínez, 2020). Sin embargo, se carece de reglas para observación responsable de los mamíferos marinos.

Con base en lo expuesto, el estudio del uso del hábitat por las toninas y su interacción con el turismo náutico en la Bahía de San Francisco, Sonora, permitirá conocer mejor sus zonas de ocurrencia y su comportamiento ante la interacción con embarcaciones turísticas. Este conocimiento podrá aplicarse en el uso sostenible de la actividad turística de observación de la población de toninas que utiliza la Bahía de San Francisco, mediante un protocolo que regule las actividades de observación.

3. JUSTIFICACIÓN

En la Bahía de San Francisco, Sonora, el uso del hábitat por toninas *Tursiops truncatus* y su interacción con el turismo náutico resulta de interés científico y social, lo que motiva generar conocimiento científico orientado al manejo de actividades turísticas sostenibles y a la conservación de la población local de las toninas.

Existe evidencia de que el impacto que generan las actividades humanas por turismo náutico creciente y no regulado incrementa el estrés sobre la especie. Esta tesis pretende contribuir al conocimiento del uso del hábitat por las toninas, determinar su comportamiento y entender su interacción con los yates turísticos mediante el uso de vehículos aéreos no tripulados en la Bahía de San Francisco. Este conocimiento y la aplicación de encuestas a capitanes de Yates turísticos, permitirá proponer un protocolo de observación de toninas para hacer sostenible las actividades de observación de toninas en el destino turístico de San Carlos, Sonora, México.

4. HIPÓTESIS

1. Las observaciones con VANT mostrarán que *Tursiops truncatus*, utiliza la Bahía San Francisco con fines de reproducción, crianza, alimentación, asimismo los grupos de toninas exhibirán distintos comportamientos incluyendo desplazamiento, descanso y socialización.
2. Las observaciones con VANT mostrarán que en la Bahía de San Francisco, las embarcaciones turísticas durante los periodos de interacción con toninas ocurren sin regulación y esto induce cambios en el comportamiento de las toninas, incluyendo incrementos de nado rápido y surf de proa, cambios de dirección y cohesión, con potenciales afectaciones en sus patrones de crianza y alimentación.

5. OBJETIVOS

5.1 Objetivo general

Conocer el uso del hábitat de las toninas *Tursiops truncatus*, así como su interacción con el turismo náutico en la Bahía San Francisco, Sonora.

5.2 Objetivos específicos

- Caracterizar el ambiente de la Bahía San Francisco.
- Determinar la distribución y abundancia de las toninas.
- Detectar cambios en el comportamiento de las toninas debido a la interacción con el turismo náutico.
- Proponer un protocolo para avistamiento de toninas desde embarcaciones en la Bahía San Francisco.

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Área de estudio

La Bahía San Francisco se localiza en la costa central Este del Golfo de California, en el estado de Sonora, en el municipio de Guaymas. Está delimitada por las formaciones rocosas volcánicas al Sureste por la “Punta Tinajas”, como frontera física con la Bahía de Bacoichibampo y hacia el Oeste Noroeste por la “Punta Pelicanos”, que la separa de la Bahía de San Carlos. Tiene un litoral de 19 km, una superficie de 22 km² y una profundidad promedio de 15 m (Fig. 1). Esta región está influenciada por un clima seco cálido tipo BWh, con temperaturas medias anuales de 24 a 26 °C y precipitaciones menores a 250 mm al año (García, 2004).

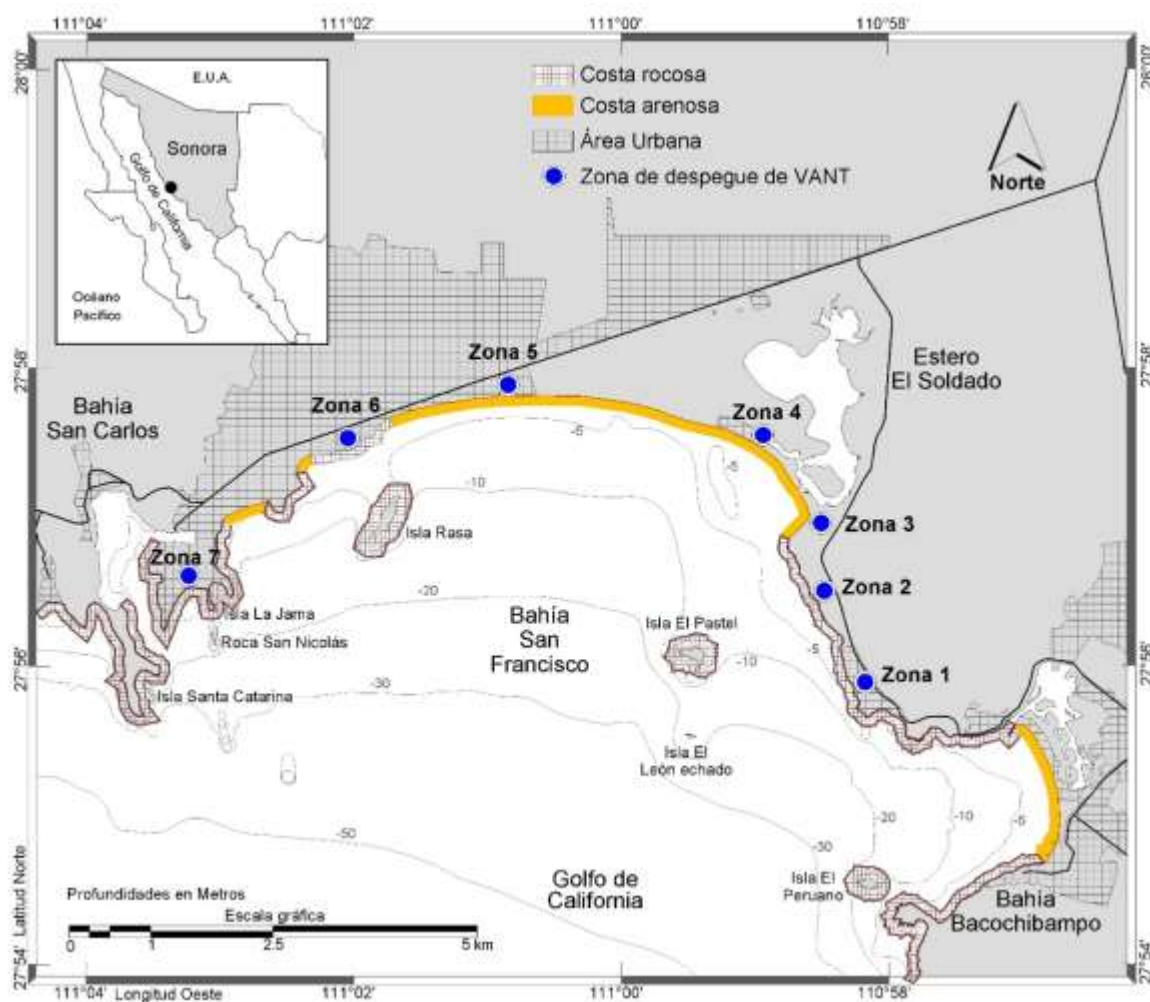


Figura 1. Localización y caracterización de la Bahía San Francisco, Sonora, México. Se indican los tipos de costa, las isobatas, las islas, la zona urbana y las siete zonas de despegue del vehículo aéreo no tripulado.

La Bahía San Francisco forma parte del escenario costero del destino turístico de San Carlos, el cual posee valores escénicos que por su naturalidad son atractivos para el turismo náutico. En aproximadamente 20 km de litoral, los turistas pueden apreciar diversos ecosistemas (manglares, acantilados rocosos, dunas de arena, ensenadas, islas, playas y arrecifes rocosos) que resaltan su atractivo, demostrando la riqueza que compone su capital natural (Rivera-Martínez, 2020).

6.2 Caracterización ambiental

Se elaboró un mapa de la Bahía San Francisco indicando las características batimétricas y el tipo de costa. La información batimétrica fue tomada de la Carta Batimétrica General de los Océanos (GEBCO, 2023), y en el mapa se indicaron las isobatas de 5, 10, 20, 30 y 50 m. Los tipos de costa fueron tomados de Rivera-Martínez (2020).

La información del régimen de marea, oleaje y corrientes costeras se obtuvo de las contribuciones de: Burrola-Sánchez (1995), Rosales-Grano (1997), Arreola-Lizárraga *et al.* (2005), Burrola-Sánchez y Urias-Laborín (2007), y Rosales-Grano *et al.* (2023).

Se integró la información de velocidad y dirección de viento durante los días de observación de toninas con el VANT y se elaboraron las rosas de los vientos correspondientes a cada mes en el periodo de estudio. Los registros de viento fueron tomados c/10 minutos de una estación meteorológica marca Davis (modelo Vantage Vue 62050M, serie: G120731D029) propiedad del CIBNOR y ubicada en las instalaciones del Centro de Visitantes del ANP Estero El Soldado.

En un sitio costero frente a la Bahía San Francisco, se obtuvieron registros de la temperatura superficial del mar (TSM) y de la concentración de clorofila “a” (Cl “a”) durante el periodo 2003–2025. Los datos se obtuvieron del satélite AQUA y el instrumento MODIS y se procesaron con el software QGIS®. Se elaboraron gráficos de TSM y Cl “a” para mostrar el comportamiento mensual durante 2003-2025.

6.3 Observaciones con VANT

El periodo de observación comprendió desde el 26 de mayo de 2024 hasta el 20 mayo de 2025. Se llevaron a cabo 103 salidas de campo y se realizaron 560 vuelos con un VANT para el registro videográfico de las toninas y se utilizaron siete zonas de despegue ubicadas a lo largo del

perímetro costero de la bahía (Figura 1). El VANT utilizado fue un DJI SE 2 de 240 gr de peso, equipado con cámara 4k, controlado a distancia desde tierra con DJI Smart Controller con extensor para pantalla y posicionador geográfico incluido (Figura 2). El tiempo promedio de vuelo del VANT fue de 20 minutos y la altura promedio de observación fue de 30 m.



Figura 2. Vehículo aéreo no tripulado DJI SE 2, con cuatro baterías adicionales, controlado a distancia desde tierra con DJI Smart Controller con extensor para pantalla.

Cuando se localizaron las toninas en los vuelos de observación, se determinó un grupo focal, el cual fue definido de acuerdo con Shane (1990) como “un grupo de toninas en aparente asociación, que se mueve en una misma dirección y que realiza la misma actividad”. El registro de las observaciones fue sistemático y se registró la posición geográfica de la zona de vuelo, el número de avistamiento, el comportamiento del grupo de toninas, la hora de inicio, la hora final del avistamiento y la hora a la que se interrumpía y reanudaba la búsqueda de los grupos.

Los videos grabados en estos vuelos se revisaron para determinar el número de vuelos efectivos, tanto con registro de avistamiento de toninas como el número de vuelos sin avistamientos de toninas. Al día siguiente de cada salida de campo, se revisaron los videos y se llevó a cabo el registro de la fecha, hora, lugar, posición geográfica, condiciones climáticas, número de individuos, composición grupal de toninas (adultos, jóvenes, crías), y los diferentes comportamientos, los cuales se plasmaron en una hoja de cálculo de Excel.

6.4 Distribución y abundancia

Se elaboraron varios mapas para mostrar la distribución y abundancia espacial y estacional de las toninas. Se elaboró un mapa que integró la información anual y un mapa para cada estación del año. Los mapas se elaboraron en el programa QGIS versión 3.40.0.

6.5 Comportamiento

Las observaciones de los diferentes comportamientos se realizaron durante las horas luz y se registraron todas las conductas observadas en cada video de los vuelos efectivos registrados. En los registros de comportamiento se consideró como evento de interacción con turismo náutico cada vez que una embarcación o grupo de embarcaciones se acercaban a la zona donde nadaba un grupo de toninas.

Los comportamientos se clasificaron según su aparición, frecuencia, dirección, estructura del grupo, posturas, y movimientos corporales en un ambiente natural sin perturbaciones (Martin y Bateson, 2007). También se registró el comportamiento de las toninas cuando se encontraron expuestas a la interacción con embarcaciones turísticas, considerando además el número de toninas que se encontraban activas. Para ello se consideraron cuatro estados de comportamiento principales de acuerdo con Shane (1990), los cuales son: socialización, alimentación, descanso y desplazamiento (Tabla 1).

Tabla 1. Estados de comportamiento de las toninas *Tursiops truncatus* (Shane, 1990).

Estado	Descripción
Alimentación	Salidas a superficie rápidas y enérgicas, frecuentes cambios de dirección, persecución de peces, o individuos con peces en la boca. Inmersiones de pedúnculo y de cola (indica inmersiones más profundas y largas).
Socialización	Algunos o todos los miembros del grupo muestran algún tipo de contacto físico (frotar, montar, perseguir, contacto genital, juego, exhibiciones, etc.).
Descanso	Nivel bajo de actividad individual, movimiento lento, salidas a la superficie espaciadas y lentas.
Desplazamiento	Movimiento constante en una dirección

Se registraron los estados y eventos de los comportamientos para el análisis del etograma (Tabla 2).

Tabla 2. Estados y eventos de comportamiento de las toninas *Tursiops truncatus*.

Tipo de comportamiento		Descripción	Letra
Estado	Alimentación	Delfines aplicando esfuerzo para perseguir, capturar y/o consumir presas. Buceo durante períodos de tiempo largos, inmersiones no sincronizadas repetidas en diferentes direcciones en un lugar determinado, inmersiones con la caudal expuesta en la superficie (Fettermann <i>et al.</i> , 2022a).	A
Estado	Social	Dos o más delfines interactúan entre sí muy cerca. Incluye contacto físico frecuente, orientación entre sí, presentaciones ventrales, posibles salpicaduras y exhibiciones en la superficie que incluyen saltos y golpes de caudal (Fettermann <i>et al.</i> , 2022a).	B
Estado	Descanso	Delfines en grupo con alta cohesión, moviéndose lentamente y en una dirección constante. La salida a la superficie es generalmente predecible y más sincrónica que en otros estados de comportamiento (Fettermann <i>et al.</i> , 2022a).	C
Estado	Desplazamiento	Los delfines en movimiento direccional persistente, con avance notable a lo largo de un rumbo específico. El espacio del grupo varía; los individuos nadan con intervalos de inmersión cortos y relativamente constantes (Fettermann <i>et al.</i> , 2022a).	D
Evento	Respiración controlada	Los delfines suben a la superficie a respirar. Espiráculo abierto observado.	E
Evento	Buceo de fondo	Buceo en el fondo marino en busca de presas.	F
Evento	Cambio de dirección	Cambio en la dirección de nado. Por lo general, cambio mayor a 45 grados en relación con el movimiento anterior.	G
Evento	Sexual	Comportamiento sociosexual/sexual con exhibiciones activas, contacto o acoplamiento.	H
Evento	Alta cohesión / Baja dispersión	Menos de la longitud de un cuerpo entre individuos (Fettermann <i>et al.</i> , 2022a).	J
Evento	Mediana cohesión / Dispersión	De una a cinco longitudes corporales entre individuos (Fettermann <i>et al.</i> , 2022a).	K
Evento	Baja cohesión / Subgrupos	Los delfines se dividen en dos o más grupos, pero actúan como parte de uno solo (Fettermann <i>et al.</i> , 2022).	R
Evento	Resoplido	Exhalación deliberada y forzada.	L
Evento	Buceo regular	Salida a la superficie, únicamente se exponen el espiráculo, el dorso y la aleta dorsal (Shane, 1990).	M
Evento	Nado lento	El desplazamiento ocurre a baja velocidad.	N
Evento	Aumento de la velocidad de nado	El desplazamiento más rápido	T
Evento	Surfing o surfeo de proa	Los delfines del grupo interactúan entre sí o realizan ciertas conductas de manera próxima (menos de un cuerpo de distancia) entre ellos (Chilvers y Corkeron, 2001).	S
Evento	Madre cría nado contrario	Las crías son protegidas por una o más hembras que las resguardan de peligro potencial	U
Evento	Nado en agua muy poca profunda	Ocorre ocasionalmente cuando los delfines están persiguiendo alguna presa o están huyendo de una embarcación	V

6.6 Encuestas a capitanes de Yates turísticos

Se aplicaron 30 encuestas a capitanes de yates turísticos para obtener información de la cantidad de viajes que realizan, el tipo de paseo recreativo que elige el turista, la proporción de viajes donde el turista solicita el avistamiento de toninas, el horario y duración de los viajes, así como la zona, frecuencia y número de toninas observadas durante el paseo. El formato de encuesta aplicado se presenta en el Anexo 1. Con la información de las encuestas se elaboraron gráficos para mostrar la elección de paseo turístico, horario de paseo y número de toninas observadas. Además, se elaboró un mapa mostrando la ruta del paseo, así como las zonas y frecuencia de avistamiento de toninas.

7. RESULTADOS

7.1 Caracterización de la Bahía San Francisco

La bahía tiene un litoral de 19 km caracterizado por playas mixtas de arena de cuarzo y cantos rodados que comprenden 14 km, así como por costas rocosas y acantilados con pendientes mayores a 45° que comprenden 5 km (Rivera-Martínez, 2020).

Los rasgos geomorfológicos sobresalientes en la bahía corresponden al estero El Soldado, la playa San Francisco al norte del estero, la costa rocosa al sur del estero, y un archipiélago de islas e islotes. Un aspecto distintivo es que la bahía alberga dos áreas naturales protegidas: 1) el estero El Soldado que es una zona sujeta a conservación ecológica (Gobierno del Estado de Sonora, 2006) y 2) las islas que son parte del Área de Protección de Flora y Fauna Islas del Golfo de California (DOF, 1978) y destacan las islas: Jama, El Pastel, Rasa, San Nicolás y León Echado.

Los contornos batimétricos de la bahía son paralelos a la línea de costa con profundidad media de aproximadamente 15 m y con la isóbata de los 50 m delimitando su límite con el Golfo de California. Las islas se ubican en un rango de profundidades entre los 10 y 20 m y las isóbatas siguen el contorno de las islas, en algunas de ellas las pendientes son abruptas hacia aguas abiertas, moduladas por efecto del oleaje incidente hacia la costa.

El régimen de marea es del tipo mixto con dominancia diurna (Rosales-Grano *et al.*, 2023), con elevaciones máximas en agosto y mínimas en febrero con variación de 1.10 m (Burrola-Sánchez y Urias-Laborín, 2007).

La configuración de la línea de costa y la orientación respecto a la frontera abierta con el Golfo de California propician un patrón de corrientes costeras inducidas por efecto de la co-oscilación de la marea, además de corrientes litorales por viento y aproximación oblicua del oleaje con magnitudes de hasta 0.10 ms^{-1} entre la zona de oleaje y la isobata de los 5 m (Rosales-Grano, 1997), que se incrementa en la zona de la boca del estero El Soldado por efecto de la disminución de la profundidad y canalización de flujos con velocidades de 0.5 ms^{-1} (Rosales-Grano *et al.*, 2023).

Es una bahía con mezcla en la columna de agua, los vectores de velocidad de las corrientes costeras se alinean a los contornos batimétricos con magnitudes promedio de 0.05 ms^{-1} en la isóbata de los 20 m (Burrola-Sánchez y Urias-Laborín, 2007).

Las condiciones de oleaje la caracterizan como una zona de baja energía con incidencia del sur-suroeste en verano y del oeste noroeste en invierno, donde el Fetch (distancia que recorre el viento a través del agua) es efectivo para una altura de ola significativa $< 1 \text{ m}$ y periodos de máximo pico espectral entre 10 y 14 segundos (Burrola-Sánchez, 1995; Rosales-Grano, 1997; Arreola-Lizárraga *et al.*, 2005). Esto debido al patrón estacional de vientos dominantes provenientes del sureste en verano con velocidades de hasta 5 ms^{-1} y desde el noroeste en invierno con $8\text{-}12 \text{ ms}^{-1}$ (Badan, 2003).

Las rosas de los vientos mostraron que durante los días que se realizaron los vuelos con VANT la dirección dominante del viento en mayo, junio y agosto fue del oeste y suroeste; en septiembre, del este; en octubre, del este-noreste; noviembre, enero y febrero dominaron vientos del noreste; en marzo, abril y mayo del oeste-suroeste (Fig. 3).

La velocidad del viento máxima fue de 18.5 ms^{-1} y la mínima de 0.1 ms^{-1} (Figura 4). Los valores promedio de la velocidad del viento fueron más altos en agosto ($6\text{-}7 \text{ m s}^{-1}$) y los más bajos en mayo ($2\text{-}3 \text{ m s}^{-1}$) (Fig. 4).

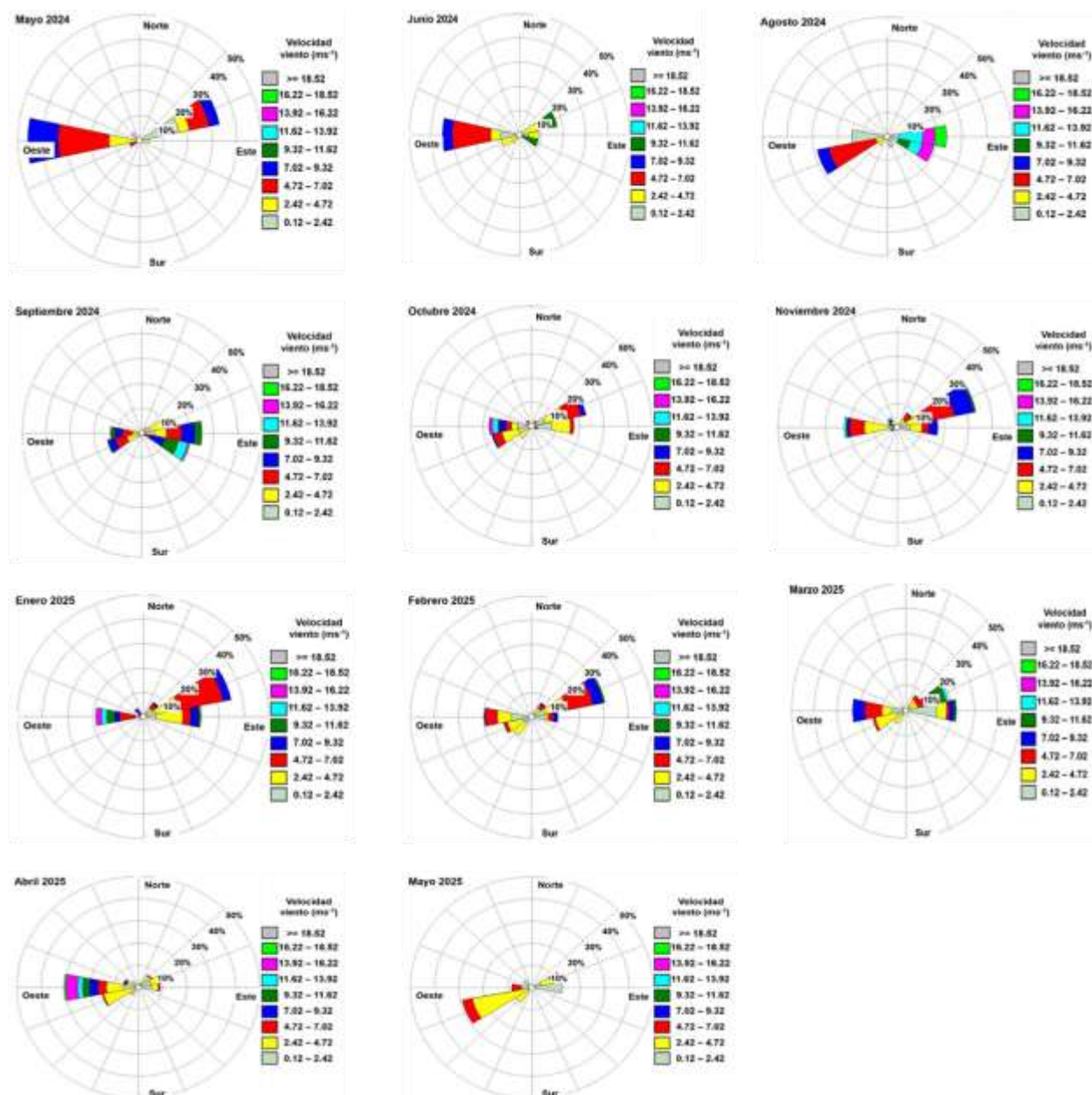


Figura 3. Rosa de los vientos mensual para el ciclo anual mayo 2024-mayo 2025 de la estación meteorológica del CIBNOR localizada en estero El Soldado, Sonora. Registros durante periodos de observación con vehículo aéreo no tripulado.

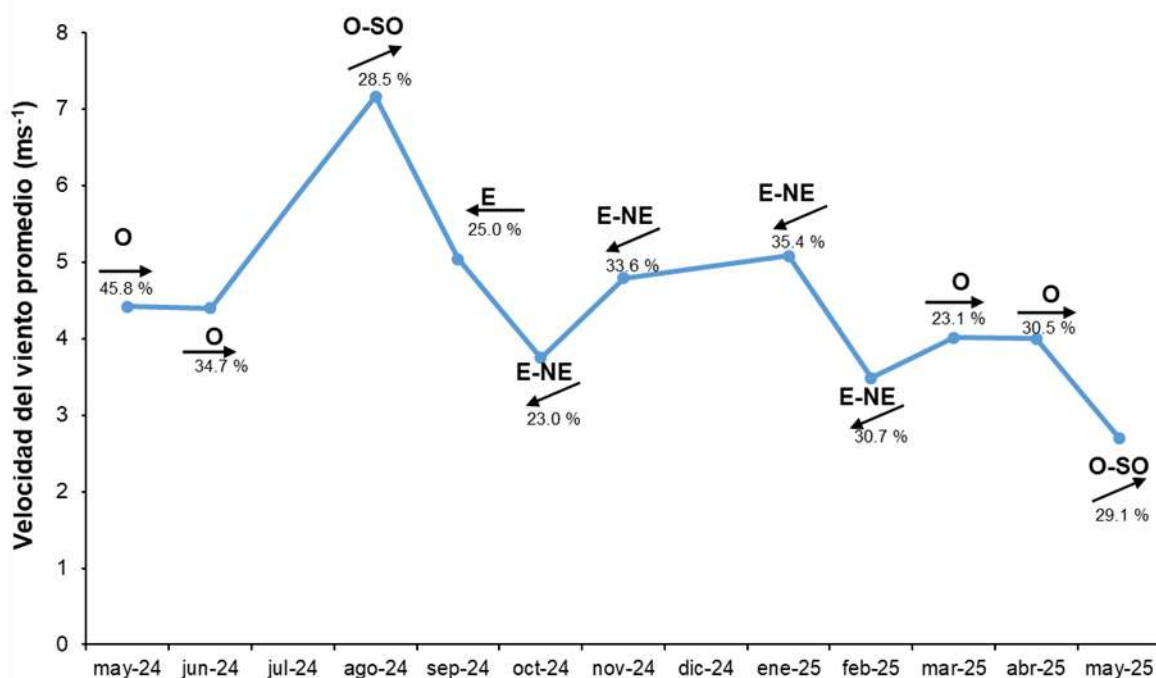


Figura 4. Velocidad de viento (m s^{-1}) promedio, dirección y su porcentaje de dominancia durante las observaciones de toninas con vehículo aéreo no tripulado.

La temperatura superficial del mar (TSM) en esta zona costera mostró valores máximos en agosto ($32.6 \pm 0.5^\circ\text{C}$) y mínimos en enero ($17.9 \pm 1.3^\circ\text{C}$) (Fig. 5).

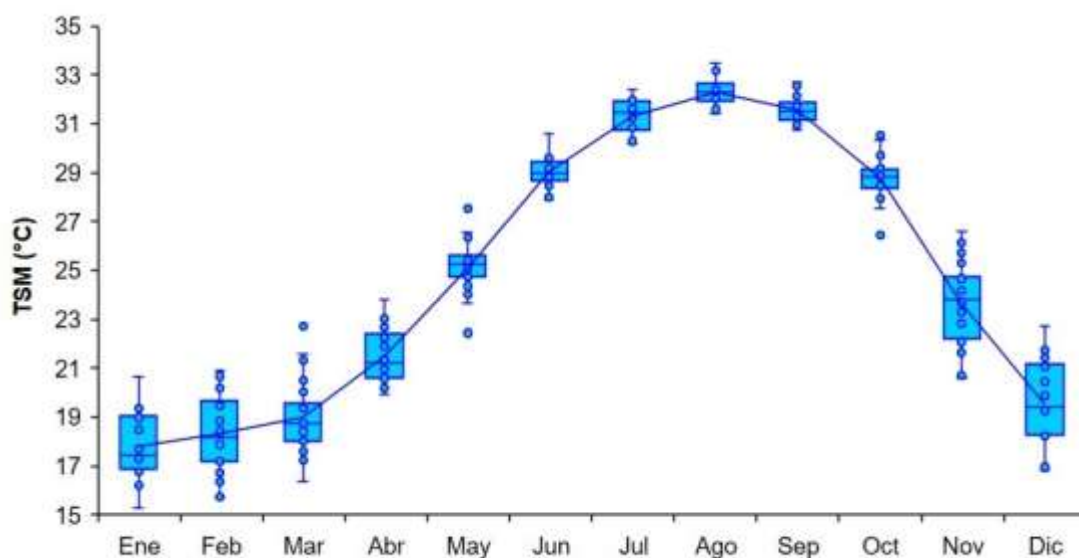


Figura 5. Comportamiento mensual de la temperatura superficial del mar (TSM) durante el periodo 2003-2025 en la zona costera donde se ubica la Bahía San Francisco, Sonora.

Las concentraciones de clorofila “a” tuvieron valores máximos en marzo ($17.9 \pm 1.3 \text{ mg m}^{-3}$) y mínimos en julio ($2.8 \pm 0.7 \text{ mg m}^{-3}$) (Fig. 6).

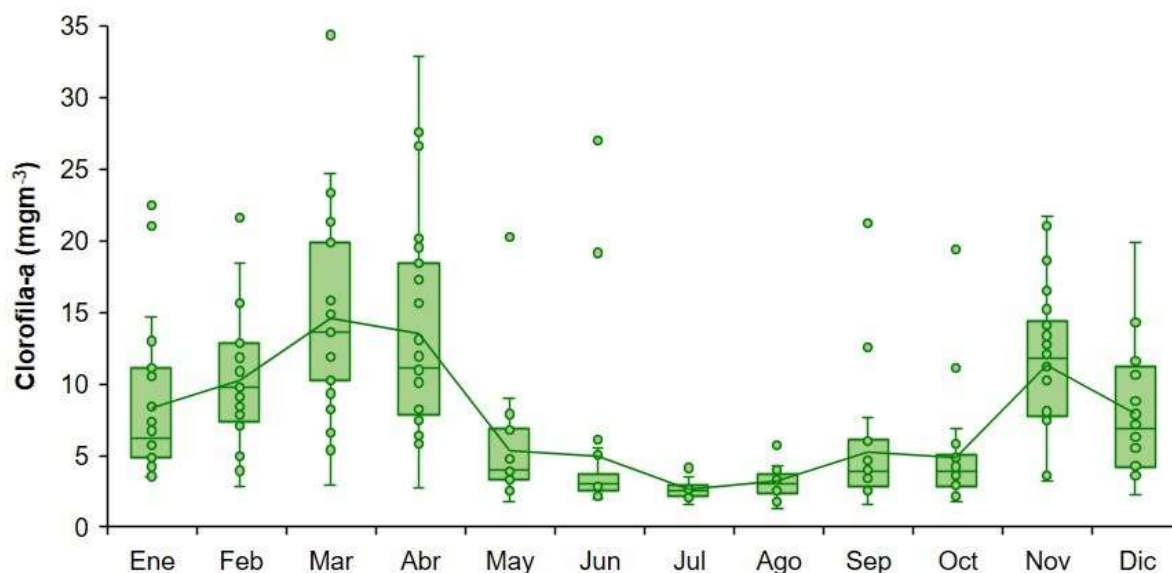


Figura 6. Promedios mensuales de la Clorofila “a” durante el periodo 2003-2025 en la zona costera donde se ubica la Bahía San Francisco, Sonora.

7.2 Distribución y abundancia

De los 560 vuelos realizados, 232 (41 %) fueron efectivos y en 328 (59 %) no se registraron avistamientos de toninas. De los vuelos efectivos, 187 fueron sin interacción con humanos y 45 con interacción de embarcaciones turísticas para avistamiento de toninas.

Los registros con VANT mostraron la presencia de individuos de *T. truncatus* a lo largo del año y evidenció su residencia permanente en la bahía. En los vuelos efectivos se registraron desde 1 hasta 20 toninas (Fig. 7).

La integración anual de los registros de observación de toninas, mostró que utilizan la franja costera de la porción centro y este de la bahía, al norte y sur de la boca del estero El Soldado, respectivamente. En el resto de la bahía no se registraron toninas (Fig. 7).

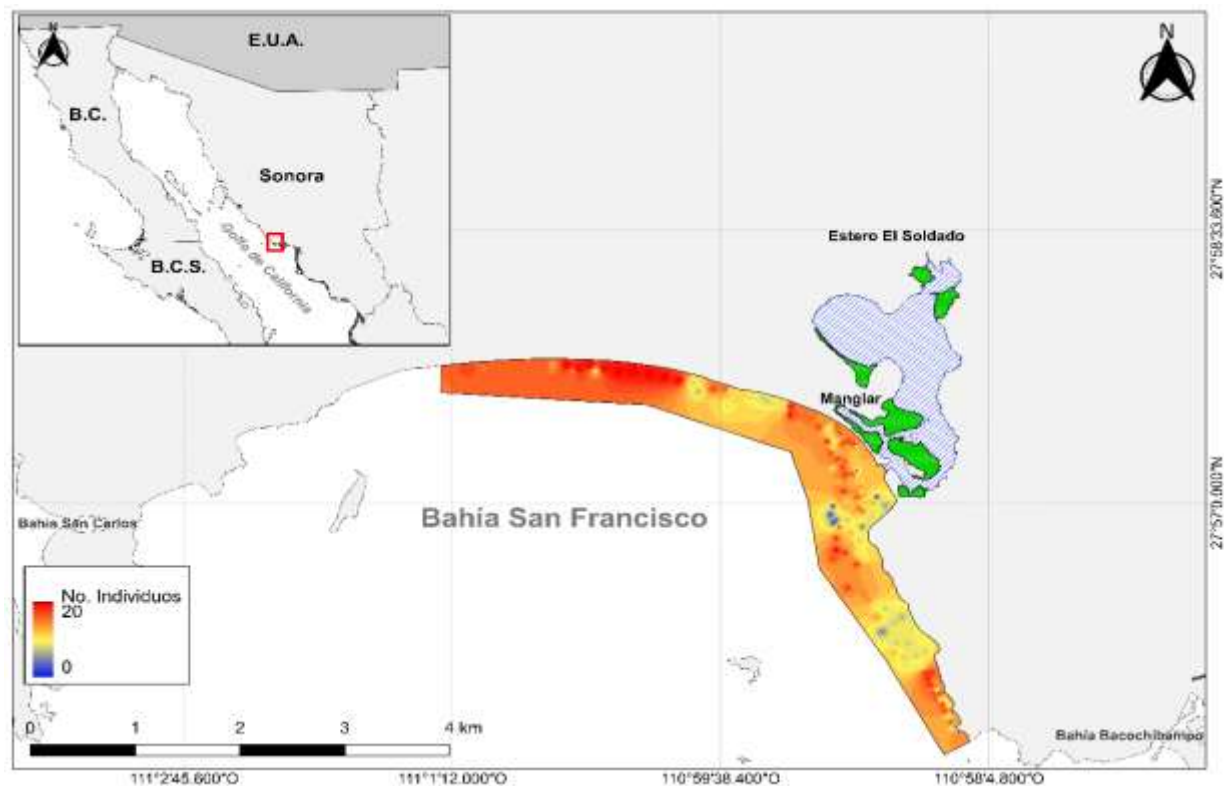


Figura 7. Distribución y abundancia de la tonina *Tursiops truncatus* durante un ciclo anual en la Bahía San Francisco, Sonora, México.

Se observaron cambios estacionales en la abundancia de las toninas. Durante invierno y primavera se observó mayor abundancia (10-20 ind.), en verano se registró menor abundancia (<10 ind.) y en otoño la abundancia fue de 10-15 ind. (Fig. 8).

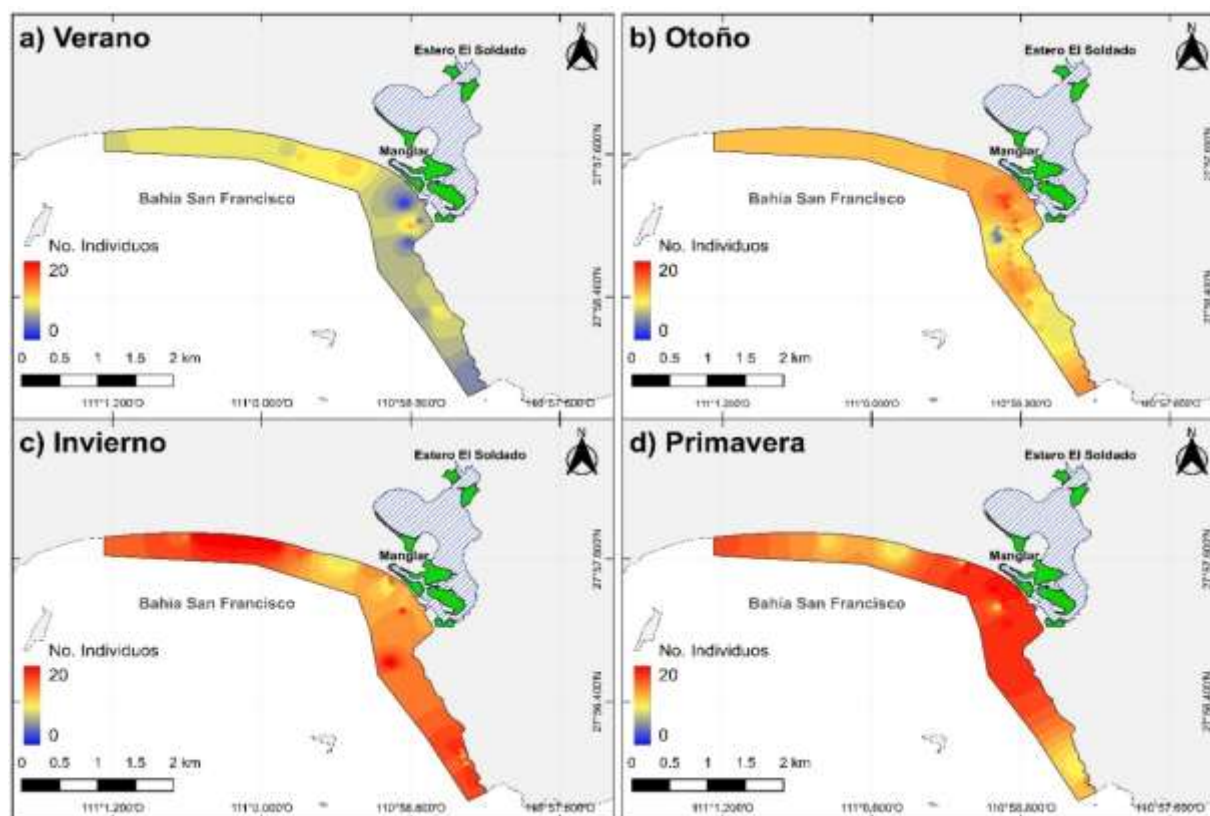


Figura 8. Distribución y abundancia de la tonina *Tursiops truncatus*, durante las estaciones del año en la Bahía San Francisco, Sonora, México.

7.3 Desarrollo del turismo náutico

Los resultados de las encuestas mostraron que los turistas que contratan el servicio de paseo en Yate eligen principalmente paseo recreativo (67 %) y el 33 % contrata el servicio del yate para observación de toninas; aunque el paseo recreativo puede incluir observación de toninas (Fig. 9).

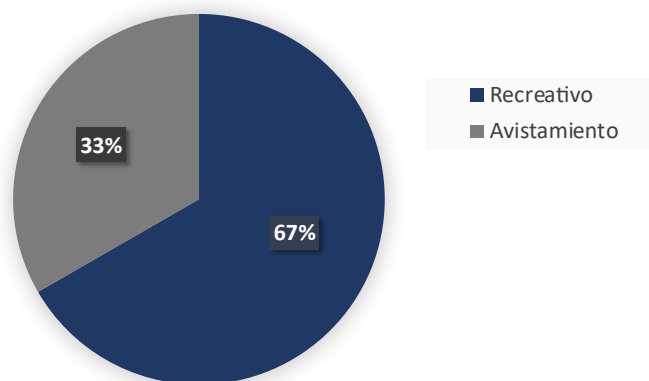


Figura 9. Preferencia del tipo de paseo en Yate por los turistas en San Carlos, Sonora.

Los avistamientos de toninas por los turistas ocurrieron desde las 07:00 hasta las 19:00 horas, pero la mayoría (67 %) se presentó entre la 9:00 y las 13:00 horas (Fig. 10).

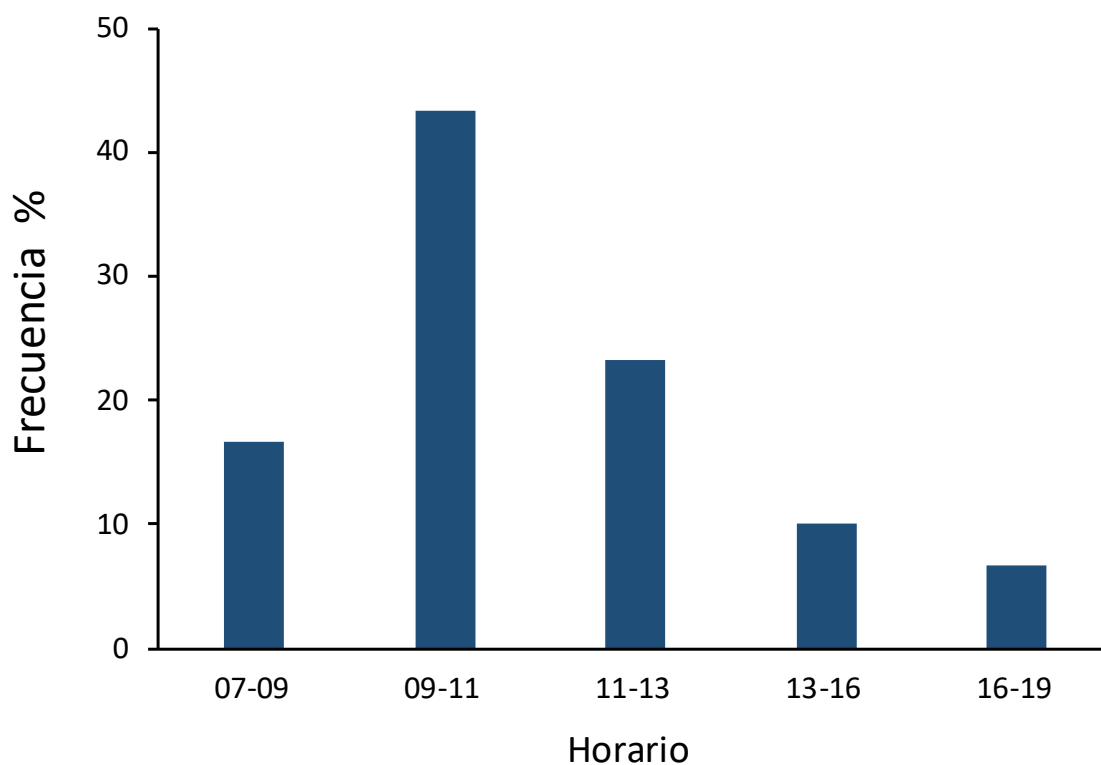


Figura 10. Frecuencia del horario de avistamiento de toninas *Tursiops truncatus* por turistas durante paseos en yate en San Carlos, Sonora.

La mayoría (67 %) de los avistamientos de toninas desde las embarcaciones duran 30 minutos y el 30 % duran hasta una hora (Fig. 11).

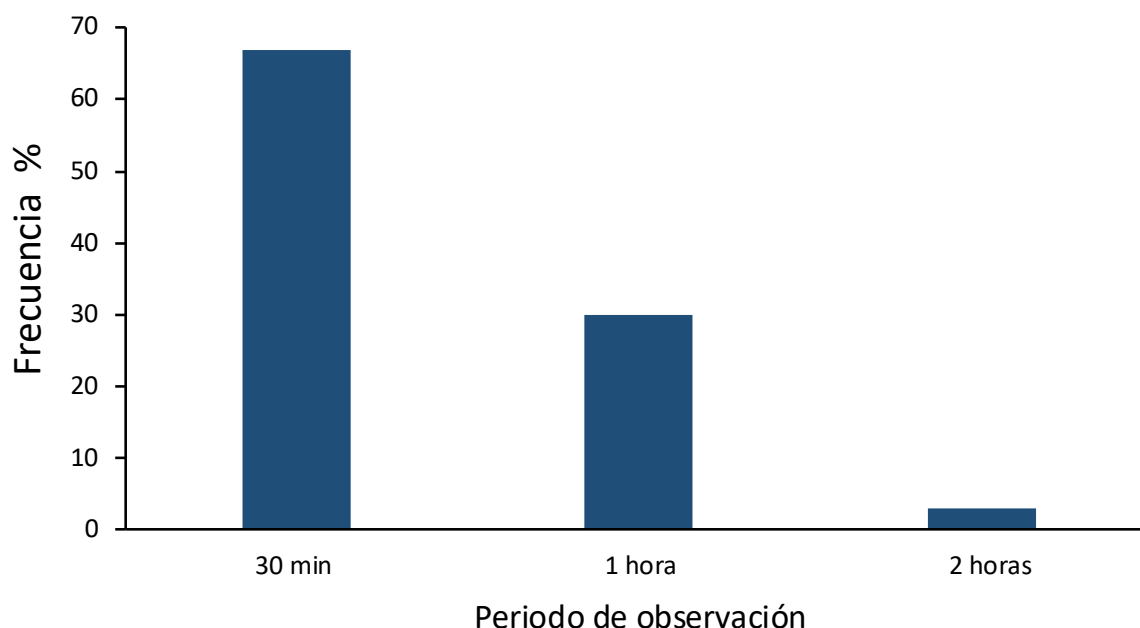


Figura 11. Frecuencia de la duración promedio de los avistamientos de las toninas *Tursiops truncatus* durante paseos en yates turísticos en la Bahía San Francisco, Sonora.

Los capitanes de yates informaron que en el 50 % de los avistamientos se observaron grupos de más de 10 toninas (Fig. 12). El derrotero de los yates turísticos para observación de toninas va desde la marina San Carlos en la Bahía de San Carlos hasta la isla León Echado, bordeando la costa de la Bahía San Francisco (Fig. 13). Los capitanes de yates identificaron la franja costera frente al estero El Soldado como el sitio de mayor frecuencia de avistamientos de las toninas (Fig. 13).

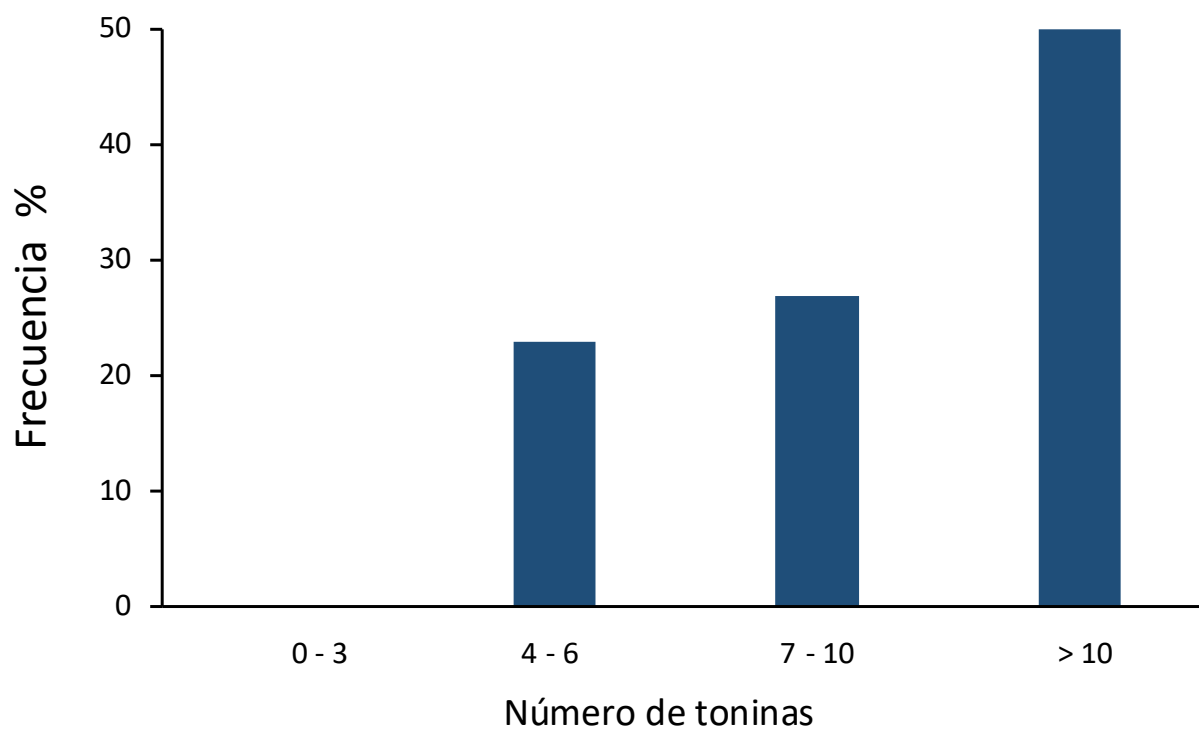


Figura 12. Frecuencia del número de toninas *Tursiops truncatus* observadas durante los paseos en yates turísticos en la Bahía San Francisco, Sonora.

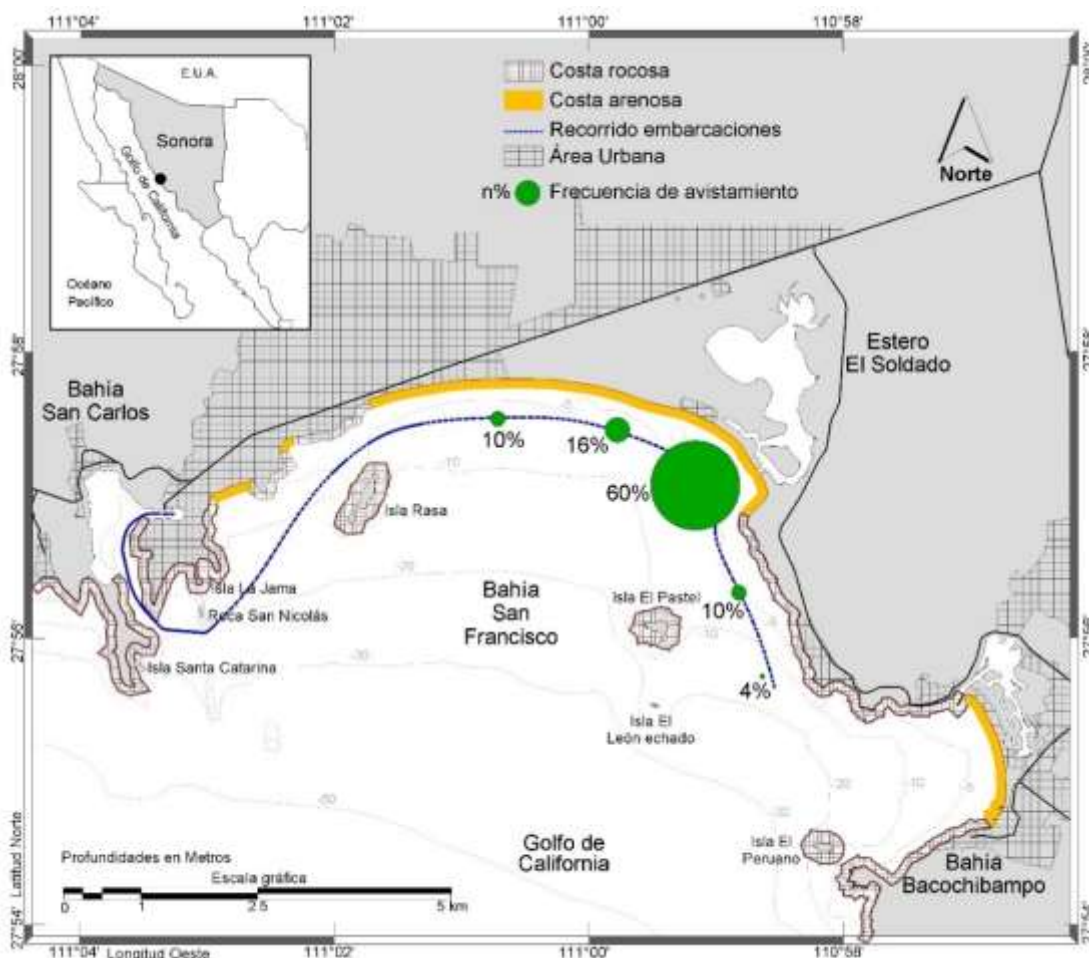


Figura 13. Derrotero de embarcaciones turísticas, así como zonas (círculos) y frecuencia de avistamientos de toninas *Tursiops truncatus* en la Bahía San Francisco, Sonora.

7.4 Comportamiento de *Tursiops truncatus* con y sin interacción con el turismo náutico

Las observaciones del comportamiento de *T. truncatus* sin turismo náutico mostraron mayor frecuencia y diversidad de conductas, incluyendo nado lento (85%), buceo regular (82 %), descanso (67 %), respiración controlada (71 %) y alimentación (68 %), además de alta cohesión grupal y actividad sexual (39 %). Cabe destacar que estos porcentajes no son mutuamente excluyentes, ya que múltiples conductas se registran en los vuelos, incluso en un mismo vuelo.

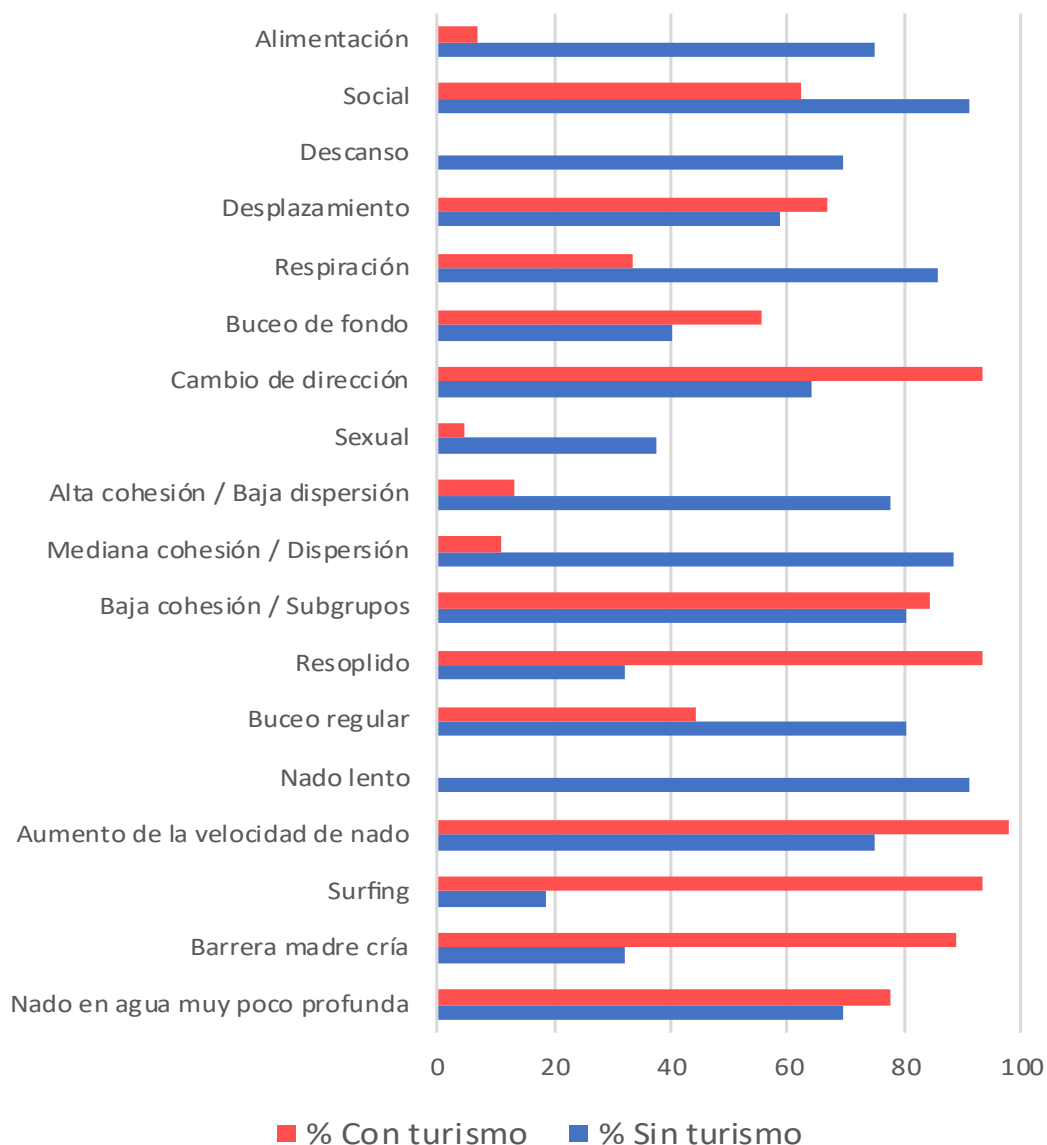


Figura 14. Comparación del comportamiento de las toninas *Tursiops truncatus* con y sin turismo náutico en la Bahía San Francisco, Sonora. Las barras indican la frecuencia (%) de cada conducta observada en el total de vuelos: para turismo náutico (n=85) y sin turismo náutico (n=147).

El comportamiento de las toninas al interactuar con embarcaciones turísticas mostró una disminución de los estados funcionales de alto valor biológico (alimentación, descanso, respiración controlada, buceo regular y nado lento), y un incremento de conductas evasivas (cambio de dirección, incremento de la velocidad, formación “barrera madre-cría”, mayor permanencia en aguas muy someras y revoltura) (Fig. 14).

7.5 Protocolo de avistamiento de toninas en la Bahía San Francisco, Sonora

Se elaboró un protocolo para la observación de toninas en el destino turístico de la Bahía San Francisco en San Carlos, municipio de Guaymas, Sonora, se hizo con el apoyo de otros protocolos actualmente en uso en Australia (Australian Government, 2017) y en España (Real Decreto 1727/2007 Gobierno de España, 2008), con el objetivo de conservar a las especies de mamíferos marinos.

En el protocolo propuesto se establece:

- 1) Una regulación para la observación de las toninas que marca la delimitación de una zona de observación con un perímetro de 30 m – 50m.
- 2) Una zona de no acercamiento de 30 m de distancia al grupo de individuos.
- 3) Una zona de espera a 100 m del grupo de los delfines.
- 4) Un número máximo de 3 embarcaciones que se encuentren de forma

Asimismo, se propone una franja de observación donde pueden estar presentes hasta cinco yates en forma simultánea, con un periodo de observación máximo de 30 minutos (Fig. 16). La zona de no acercamiento aplicaría para yates turísticos, yates privados, lanchas de pesca y motos acuáticas, el propósito es disminuir la perturbación a las toninas y evitar que abandonen su hábitat. Además, se recomienda que el uso de vehículos aéreos no tripulados o drones operen a una altura mínima de vuelo de 30 m para evitar perturbaciones a las toninas.



Figura 15. Protocolo propuesto para la regulación de la observación de toninas *Tursiops truncatus* en la Bahía San Francisco, en el destino turístico de San Carlos, municipio de Guaymas, Sonora.

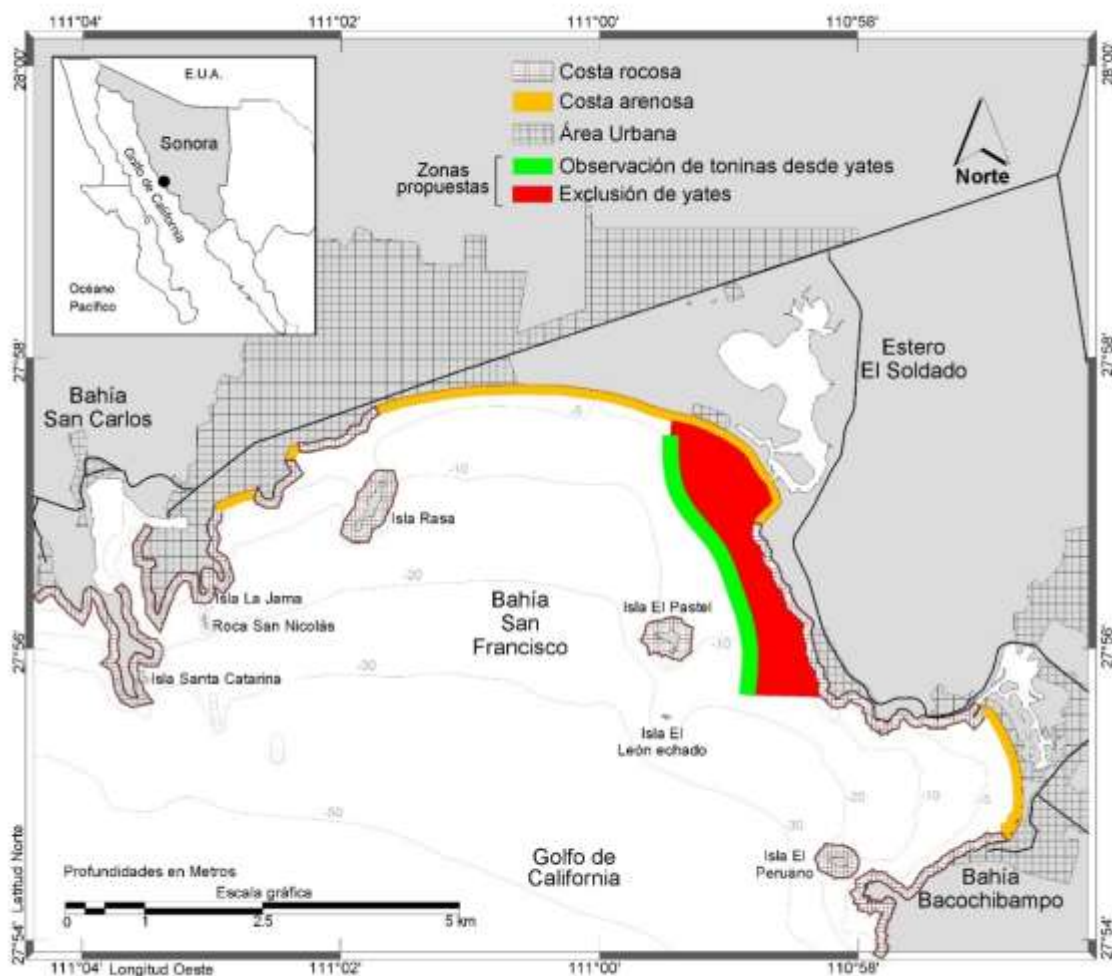


Figura 16. Propuesta de zona para la observación de toninas (*Tursiops truncatus*) en la Bahía San Francisco, en el destino turístico San Carlos, municipio de Guaymas, Sonora.

8. DISCUSIÓN

La presencia de toninas en la Bahía San Francisco durante todo el año representa un atractivo turístico que motiva su interacción con un turismo náutico creciente. No obstante, actualmente se carece de un protocolo de observación de toninas, por lo que uno de los objetivos de la tesis fue elaborar uno con base en las observaciones obtenidas con el VANT durante el presente estudio.

8.1 Observaciones con VANT

El uso de vehículos aéreos no tripulados (VANT), ha demostrado ser una herramienta tecnológica que está allanando el camino para recopilación de datos de vida silvestre de manera menos intrusiva. Barreto *et al.* (2021) observaron que mediante el uso de VANT, el investigador de fauna puede observar el entorno desde un ángulo privilegiado y posteriormente analizar cada vídeo capturado, lo que permite profundizar en el conocimiento de la ecología del comportamiento, la distribución de especies y su densidad. En la Bahía San Francisco, el empleo de un VANT fue determinante para detectar las zonas de ocurrencia de las toninas, su abundancia, así como para registrar y comparar su comportamiento con y sin interacciones de embarcaciones turísticas. Los recursos aplicados para realizar las observaciones utilizando VANT fueron mucho menores a lo estimado utilizando embarcaciones. Además, la calidad de la información obtenida del comportamiento de las toninas fue mejor, coincidiendo con Fettermann *et al.* (2022b) en el sentido de que los VANT son una herramienta de bajo costo, útil para recopilar información sobre la distribución, patrones de movimiento y comportamiento sin interferir directamente en las actividades de los delfines.

Giles *et al.* (2021) realizaron 361 vuelos con VANT en ocho lugares diferentes a altitudes comprendidas entre 5 y 60 m sobre el océano, con el objetivo de determinar la capacidad de éstos en registrar el comportamiento de delfines mulares o toninas (*Tursiops* spp.) y ver la influencia de la altitud de vuelo sobre la conducta de los delfines. Sus análisis mostraron que los delfines eran cada vez más propensos a cambiar su comportamiento a medida que disminuía la altitud del VANT y concluyeron que para maximizar los beneficios y minimizar los impactos, los VANT deben volar a 30 m por encima de esos delfines costeros. Siguiendo estos resultados, los 563 vuelos con VANT realizados en la Bahía San Francisco se hicieron a una altura promedio de 30 m y velocidades

de viento desde 1 hasta 7 m s⁻¹; con estas condiciones fue posible registrar adecuadamente el número de individuos y su comportamiento, así como detectar hembras con cría. En resumen, las observaciones de toninas con VANT en la Bahía San Francisco arrojaron resultados consistentes acerca de su distribución y abundancia, así como de su comportamiento con y sin interacción de embarcaciones turísticas.

8.2 El ambiente de la Bahía San Francisco

La Bahía San Francisco, es un ecosistema con profundidad < 30 m, ubicado en una región del Golfo de California donde ocurren surgencias costeras desde finales del otoño hasta principios de primavera, las cuales son generadas por vientos provenientes del noroeste que soplan paralelos a la línea de costa (Lluch-Cota, 2000). Estas surgencias incrementan la productividad biológica, demostrado mediante las concentraciones observadas de clorofila “a”, las cuales tuvieron valores promedio más altos (8-15 mg m⁻³) desde noviembre hasta abril. En las zonas de surgencias costeras ocurre un incremento en la actividad biológica (Brandt *et al.*, 2023), incluyendo incremento de la biomasa de peces que forman parte de la alimentación de las toninas (Giralt-Paradell *et al.*, 2020).

Otra característica de la Bahía San Francisco es que contiene ambientes costeros diversos, incluyendo una laguna costera sujeta a conservación ecológica donde no se permiten actividades extractivas, esta protección favorece la crianza y desarrollo de invertebrados y peces (Salas-Mejía *et al.*, 2024). Muchas especies, incluyendo el camarón azul *Litopenaeus stylirostris* (Loesch, 1980) y diversas especies de peces, emigran al mar adyacente a través de la boca de comunicación del estero El Soldado con el mar (Salas-Mejía *et al.*, 2023). Las cuales constituyen presas para la alimentación de las toninas, como se ha observado también en las inmediaciones de las bocas de otras lagunas costeras (Las Guásimas y Bahía Lobos) de la región central de Sonora (Guevara-Aguirre y Gallo-Reynoso, 2016); la bahía también tiene playas arenosas y costas rocosas, además tiene varias islas. Estas características y condiciones ambientales, así como la evidencia obtenida mediante las observaciones de toninas con el VANT, sugieren la existencia de una población residente de toninas ya que se favorecen el uso del hábitat para la reproducción, crianza, desarrollo y alimentación del grupo. Esto coincide con lo observado en otras regiones donde los delfines de distribución costera explotan ambientes costeros y estuarinos con abundancia de

recursos (Lusseau, 2003; Constantine *et al.*, 2004), y su presencia continua, es una característica de las poblaciones residentes cuyas áreas de uso suelen estar asociadas a una disponibilidad constante de recursos alimenticios y condiciones oceanográficas estables (Shane *et al.*, 1986; Wells y Scott, 2018).

8.3 Distribución y abundancia de toninas

De los 560 vuelos realizados, 232 (41%) fueron efectivos y en 328 (59%), no se registraron toninas. Esta evidencia sugiere que el grupo de toninas es residente de la bahía, pero presenta desplazamientos hacia otros sitios costeros de la región. Esto también ha sido observado en grupos de *T. truncatus* en el mar Mediterráneo, donde realizan desplazamientos mucho más largos de lo habitual, desplazándose entre diferentes zonas de residencia (Bellingeri *et al.*, 2025). En el sureste de México, Delgado (2015), observó que las toninas se pueden mover desde 5 hasta 40 km en un solo día, dependiendo de las actividades que realicen.

Los registros con VANT en la Bahía San Francisco mostraron la presencia de 1 hasta 20 individuos de toninas, aunque en la mayoría de los avistamientos (~95 %), se observaron en grupos <10 individuos. Estas observaciones indican que *T. truncatus* exhibió agrupación primaria, la cual se caracteriza por la presencia de 2 a 15 individuos que realizan actividades en grupo como es la alimentación (Kerr *et al.*, 2005); ocasionalmente se observó la integración de grupos de hasta 20 individuos.

En esta región del Golfo de California ocurren dos ecotipos de toninas, el costero y el oceánico, los cuales presentan distribuciones espaciales distintas y asociadas a límites batimétricos específicos. Por ejemplo, la mayor distancia desde la línea de costa donde ocurrieron las toninas del ecotipo costero fue de 2.5 km (Guevara-Aguirre y Gallo-Reynoso, 2016). En general, se ha observado que el ecotipo costero de *T. truncatus* ocurre en zonas someras cercanas a la costa (<30 m), mientras que la forma oceánica ocurre en zonas más profundas (>200 m) alejadas de la costa (Walker, 1981).

Con base en lo anterior, se puede afirmar que las toninas observadas en la Bahía San Francisco corresponden al ecotipo costero residente. Lo anterior considerando que se encuentran todo el año debido a las características ambientales y de productividad biológica de la bahía, donde

tienen disponibilidad de alimento por la influencia de surgencias costeras y de la laguna costera El Soldado. Sobre esto, es importante considerar que *T. truncatus* es un consumidor oportunista, y el alimento representa un factor clave en la fidelidad de residencia a un área determinada (Pérez-Cao *et al.*, 2009).

Un aspecto interesante, es que las observaciones con VANT mostraron que las toninas ocurren a través del año en una zona específica de la bahía, localizada hacia el flanco costero Este de la bahía, y esto además coincidió con las observaciones reportadas por los capitanes de yates. En esta zona se ubica el estero El Soldado, cuya boca de comunicación con la bahía mantiene el intercambio de agua y biota marina. Además, cabe destacar que esta franja costera de la bahía tiene escaso desarrollo habitacional en la zona terrestre, lo que indica una menor perturbación humana y que el tráfico marítimo prácticamente corresponde a los yates turísticos. Mientras que el flanco Oeste de la Bahía San Francisco, aledaño a la población de San Carlos, tiene mayor desarrollo urbano-turístico y mayor tráfico marítimo asociado a las marinas que albergan la flota de yates privados y de empresas turísticas, además de una flota de embarcaciones menores. Se estima que la flota total se compone de 400 embarcaciones, de los cuales 87 son yates turísticos (<https://turismonauticosancarlos.com/index.html>). Por otro parte, la abundancia de *T. truncatus* mostró cambios estacionales. La mayor abundancia se observó en invierno y primavera (10-20 ind.), en otoño fue un poco menor (10-15 ind.), y en verano se detectó la menor abundancia (<10 ind.). Esto coincide con los eventos de surgencias costeras que ocurren desde finales de otoño hasta principios de primavera en esta región del Golfo de California (Lluch-Cota, 2000). Lo anterior está relacionado con las mayores concentraciones de clorofila *a* que reflejan el incremento de productividad primaria y propician la disponibilidad de peces como alimento para las toninas como ha sido observado en otras regiones (Vizeu-Pinheiro *et al.*, 2025). Además, los eventos de surgencias representan la principal fuente de nutrientes hacia el estero El Soldado, lo que favorecen la producción orgánica (Medina-Galván *et al.*, 2021), y la actividad biológica, incluyendo incrementos de biomasa de peces (Salas-Mejía *et al.*, 2024). En verano se observó una disminución de la abundancia de toninas (< 10 ind.) sugiriendo que las toninas se dispersan hacia otras zonas en busca de alimento, no obstante, la evidencia muestra que en verano continúa la ocurrencia de toninas en las inmediaciones de la boca del estero. Estos resultados coinciden con el estudio de Guevara-Aguirre y Gallo-Reynoso (2015) que mostró que las toninas costeras,

tuvieron su mayor abundancia en otoño e invierno y se encontraron principalmente en las inmediaciones de las bocas de lagunas costeras Las Guásimas y Estero Algodones, ubicadas al sur (~30 km) de la Bahía San Francisco.

8.4 Actividad del turismo náutico

El turismo náutico en San Carlos se sustenta en 87 embarcaciones que ofrecen a los turistas servicios de paseo, exploración (buceo) y pesca deportiva (<https://turismonauticosancarlos.com/index.html#servicios>).

Rivera-Martínez (2020) informó que, en el destino turístico de San Carlos, la percepción de los turistas que eligen paseos en yates destaca lo interesante de la vegetación desértica sobre los relieves montañosos colindando con el mar, algo que consideraron único y atractivo. Además, los turistas expresaron que la fauna observada con más frecuencia fueron aves marinas y peces, pero la que consideraron más atractiva fueron los delfines y peces.

Lo anterior es consistente con los resultados obtenidos de las encuestas a los capitanes de yates, en el sentido de que 33 % de los turistas que eligen el servicio de paseo en yate prefieren ir a observar toninas y el resto selecciona paseo recreativo (67 %). Esto implica que una tercera parte de los turistas que pasean en yates tienen particular interés en el avistamiento de toninas, constituyendo una actividad importante que se ofrece a los turistas en este destino turístico.

Cabe destacar que el derrotero de los yates para observación de toninas tiene como punto de partida la marina San Carlos al interior de la Bahía de San Carlos, al salir de ahí, bordea la costa de la Bahía San Francisco hasta la isla León Echado. Siguiendo esta ruta, los capitanes de yates manifestaron que la franja costera frente al estero El Soldado, es el sitio de mayor frecuencia de avistamientos de toninas, coincidiendo con las observaciones del VANT a través del año. Estas evidencias ubican espacialmente la ocurrencia de los grupos de toninas en la Bahía San Francisco.

Los resultados mostraron que las observaciones de toninas desde yates turísticos se realizan principalmente durante la mañana, entre 9:00 y 13:00 horas. Esto es importante porque el ecotipo costero de toninas en esta región, se observó en actividad de alimentación durante la mañana y después la actividad fue de descanso (Guevara-Aguirre y Gallo-Reynoso, 2016).

Es importante considerar que las actividades de turismo náutico en el destino turístico de San Carlos se incrementan durante los periodos vacacionales de semana Santa, verano y fin de año (Rivera-Martínez, 2020). Esto se relaciona a los periodos de mayor perturbación para las toninas.

Se ha observado que la acumulación diaria de las perturbaciones por turismo náutico puede tener consecuencias demográficas en las toninas; por ejemplo, en Shark Bay, Australia, se documentó una disminución significativa de la abundancia local asociada al incremento de la operación turística, lo que evidencia que el avistamiento turístico perturba a la especie cuando no existe una gestión estricta de la navegación en áreas ocupadas por cetáceos (Bejder *et al.* 2006).

8.5 Comportamiento de toninas con y sin interacción humana

Los registros del comportamiento de toninas sin interacción con humanos (187 vuelos de VANT) y la información del comportamiento de las toninas con la interacción de embarcaciones turísticas (45 vuelos de VANT), permitieron hacer un análisis comparativo de los cambios en el comportamiento de las toninas, que de acuerdo con Fettermann *et al.* (2019), es información que resulta difícil de obtener con métodos tradicionales desde embarcaciones.

La estructura tipo fusión-fisión de las toninas fue observada comúnmente, la cual se caracterizó por grupos de entre 5 y 10 individuos que se reagrupan periódicamente. Esta estructura es típica en poblaciones costeras de toninas y permite la cooperación en actividades de alimentación, defensa y cuidado parental (Connor *et al.*, 1992; Lusseau *et al.*, 2006).

Fue notable que entre los individuos de *T. truncatus* destacó uno con marcas blancas (se denominó “El Manchas”), que exhibió conductas de liderazgo y dominio, orientando la dirección del grupo e interponiéndose en situaciones de perturbación. De acuerdo con Bechdel *et al.* (2009), este tipo de comportamiento ha sido atribuido a machos alfa de poblaciones costeras, donde los individuos dominantes asumen roles de defensa y coordinación del grupo.

Los individuos de tonina en la Bahía San Francisco exhibieron cambios en su comportamiento. Sin la interacción con humanos, las toninas mostraron mayor número de conductas esenciales y propias de la especie como nado lento, buceo regular, descanso y alimentación, además de mantener alta cohesión grupal y actividad sexual. Ante la interacción con embarcaciones

turísticas, se incrementaron las conductas evasivas (cambio de dirección, incremento de la velocidad, formación “barrera madre-cría”, mayor permanencia en aguas muy someras y “revoltura”), además disminuyeron las actividades de alimentación, descanso, nado lento y buceo regular. Aunque fue común que los individuos jóvenes se acercarán a las embarcaciones y se unieran en navegación paralela y surf de proa por momentos para luego alejarse. Las madres con crías siempre se mantuvieron alejadas, fuera del alcance de las embarcaciones.

Ante las embarcaciones turísticas, los registros desde VANT en la Bahía San Francisco mostraron una disminución significativa de actividades biológicas esenciales ($\sim 70-90\%$), particularmente alimentación, descanso, buceo regular, reproducción sexual y nado lento. El comportamiento observado coincide con estudios que describen alteraciones conductuales en *T. truncatus* ante el turismo náutico, donde el tiempo destinado al descanso y la alimentación se reduce, mientras que aumentan los desplazamientos rápidos, los cambios de dirección y los comportamientos de evasión (Constantine *et al.*, 2004; Marley *et al.*, 2017; Koroza y Evans, 2022).

Estudios en otras regiones del mundo demuestran que el turismo náutico mal gestionado puede provocar que los delfines abandonen sus hábitats, presenten fragmentación social y se desplacen hacia áreas menos productivas (Ribaric y Clarkson, 2021). Con base en la evidencia encontrada en este estudio, y ante el crecimiento del turismo náutico, es evidente la necesidad de implementar el protocolo de avistamiento de toninas en la Bahía San Francisco, lo que es clave para conservar el grupo residente de toninas y mantener la actividad de avistamiento de estas como un atractivo del destino turístico de San Carlos.

Es importante considerar que mediante la combinación de uso de VANT con otras tecnologías, como grabaciones acústicas submarinas, sistemas de posicionamiento satelital y VANT submarinos, se incrementarán las posibilidades de ampliar el conocimiento sobre la ecología de las toninas y sobre los impactos que reciben por las presiones antropogénicas. Además, es necesario fortalecer las bases del diseño de políticas públicas y lineamientos de manejo que equilibren la conservación con el desarrollo económico regional.

8.6 Propuesta de protocolo de avistamiento

Los grupos de toninas residentes de la Bahía San Francisco dependen de los alimentos que encuentran disponibles, pero son vulnerables a la presión antrópica. Debido a que es una especie protegida y tiene relevancia ecológica como depredador tope en ecosistemas costeros, la perturbación por avistamientos desde embarcaciones turísticas sin una adecuada regulación representa un riesgo para el equilibrio del ecosistema y para la propia actividad turística de avistamiento de toninas, considerando que las toninas puedan abandonar el hábitat debido a las presiones antropogénicas.

Este estudio aporta conocimiento de la ubicación espacial de la distribución y de los cambios estacionales de la abundancia de toninas (*T. truncatus*), así como de su comportamiento natural y ante embarcaciones turísticas.

Con base en los resultados obtenidos, se plantea la propuesta de protocolo de avistamiento de toninas, para su implementación en la Bahía San Francisco (Anexo X). El cual consiste fundamentalmente en establecer una zona de avistamiento evitando el acceso a la zona principal de ocurrencia y alimentación de las toninas en la bahía. Esta zona de “exclusión” aplicaría para yates privados, lanchas pesqueras y motos acuáticas, incluso para el uso de VANT a baja altura. El propósito es que las empresas que ofrecen paseos recreativos en yates adopten el protocolo y se realicen prácticas adecuadas para el avistamiento responsable de las toninas. Lo anterior para contribuir a la reducción de las perturbaciones a los grupos de toninas y que éstas continúen utilizando la bahía con una interacción de sana distancia con los turistas. Además, su implementación busca fortalecer la colaboración entre autoridades ambientales, el sector turístico y la comunidad local, para fortalecer la preservación del capital natural y el turismo náutico sostenible.

9. CONCLUSIONES

El uso de un VANT permitió hacer observaciones de alta calidad, no invasivas para determinar la distribución, la abundancia y el comportamiento de las toninas (*T. truncatus*) en la Bahía San Francisco, incluyendo los cambios de comportamiento ante la influencia del turismo náutico.

La Bahía San Francisco, con profundidad promedio de 15 m, diversidad de ambientes (playas arenosas, costas rocosas, islas, laguna costera con manglar), localizada en una región del Golfo de California donde ocurren surgencias costeras, constituye un sitio de alimentación, descanso, reproducción y crianza de las toninas. Aquí se mantiene una población residente de aproximadamente veinte individuos, incluyendo crías, juveniles y adultos. Su distribución está estrechamente vinculada al Área Natural Protegida Estero El Soldado, ecosistema que contribuye a proveer de alimento a las toninas; además, se considera que el escaso desarrollo urbano y turístico de la franja costera en las inmediaciones del estero, genera una escasa perturbación desde tierra, favoreciendo las condiciones para la permanencia de un hábitat sustentable para las toninas.

La mayor abundancia de toninas (10-20 ind.) ocurre en invierno y primavera, atribuido a los eventos de surgencias costera que ocurren en esta región y que aportan disponibilidad de alimento para las toninas.

El análisis del comportamiento de las toninas mostró que el turismo náutico afecta el comportamiento de las toninas, principalmente en aspectos de alimentación, descanso, respiración controlada, buceo regular y nado lento; además las toninas manifiestan un incremento de conductas evasivas.

Con base en esta evidencia, es importante la implementación del protocolo propuesto que incluya el establecimiento de una zona de observación que limite la perturbación en la principal zona de ocurrencia de las toninas.

La propuesta podrá ser fortalecida con la participación de prestadores de servicios de turismo náutico, autoridades gubernamentales, organizaciones de la sociedad civil, así como instituciones académicas y de investigación científica.

10. LITERATURA CITADA

- AFAC (2019). Lineamientos para la operación de aeronaves pilotadas a distancia en México. Agencia Federal de Aviación Civil, Ciudad de México, México.
- Arreola-Lizárraga, J.A., Burrola-Sánchez, M.S., Padilla Arredondo, G. y Urias Laborín D. (2005). Estudios Oceanográficos para el Proyecto Acuario-Delfinario de Guaymas Sonora. Informe Técnico Externo CIBNOR, S.C. Unidad Guaymas, presentado a Instituto del Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora, 34 p.
- Alexandre, A.J., Boyer, G. y Gannier, A.C. (2022). Recreational boating as a potential stressor of coastal striped dolphins in the northwestern Mediterranean Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 176, 114222. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.114222>
- Australian Government, 2017. Australian National Guidelines for Whale and Dolphin Watching, Commonwealth of Australia, Canberra. Department of the Environment and Energy. Disponible en: <https://www.agriculture.gov.au/sites/default/files/documents/aust-national-guidelines-whale-dolphin-watching-2017.pdf>
- Badan, A. (2003). The Atmosphere over the Gulf of California. pp. 205-212. En: Velasco Fuentes, O.U., Sheinbaum, J., Ochoa, J. (eds). *Nonlinear Processes in Geophysical Fluid Dynamics*. Springer, Dordrecht. doi:10.1007/978-94-010-0074-1_12
- Barreto, J., Cajaíba, L., Teixeira, J.B., Nascimento, L., Giacomo, A., Barcelos, N., Fettermann, T. y Martins, A. (2021). Drone-Monitoring: Improving the Detectability of Threatened Marine Megafauna. *Drones*, 5: 14. doi:10.3390/drones5010014
- Barros, N.B. y Odell D.K. (1990). Food habits of bottlenose dolphins in the Southeastern United States. pp. 309–328. En: Leatherwood, S. y Reeves R.R. (eds), *The Bottlenose Dolphin*. Academic Press, San Diego:
- Bearzi, G., Fortuna, C.M. y Reeves, R.R. (2009). Ecology and conservation of common bottlenose dolphins *Tursiops truncatus* in the Mediterranean Sea. *Mammal Review*, 39 (2): 92–123. doi: 10.1111/j.1365-2907.2008.00133.x.
- Bechdel, S.E., Mazzoil, M.S., Murdoch, M.E., Howells, E.M., Reif, J.S., McCulloch, S.D. y Bossart, G.D. (2009). Prevalence and impacts of motorized vessels on bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the Indian River Lagoon, Florida. *Aquatic Mammals*, 35(3): 367–377. doi: 10.1578/AM.35.3.2009.367
- Bejder, L., Samuels, A., Whitehead, H., Gales, N., Mann, J., Connor, R., Heithaus, M., Watson-Capps, J., Flaherty, C. y Krützen, M. (2006). Decline in relative abundance of bottlenose dolphins exposed to long-term disturbance. *Conservation Biology*, 20(6):1791-1798. doi: 10.1111/j.1523-1739.2006.00540.x
- Bellingeri, M., Nebuloni, A., La Manna G. y otros 61 co-autores (2025). Investigating the presence of different bottlenose dolphin ecotypes in the Mediterranean Sea. *Scientific Reports*, 15:5526. doi: 10.1038/s41598-025-88605-0
- Brandt, P., Alory, G., Awo, F.M., Dengler, M., Djakouré, S., Imbol Koungue, R.A., Jouanno, J., Körner, M., Roch, M., y Rouault, M. (2023). Physical processes and biological productivity in the upwelling regions of the tropical Atlantic. *Ocean Science*, 19: 581–601, doi:10.5194/os-19-581-2023,.
- Burrola-Sánchez, M.S. (1995). Impacto de la construcción de escolleras en la línea de playa de la Bahía San Francisco en San Carlos, Nuevo Guaymas, Son. Tesis Profesional, Instituto Tecnológico del Mar-Guaymas, Guaymas, Son. 74 p.

- Burrola-Sánchez, M.S. y Urias Laborín, D. (2007). Parámetros oceanográficos en la Bahía San Francisco, San Carlos, Son. Méx.: Marea, oleaje, viento y corrientes. Informe Técnico Externo. Fundación PRODUCE Sonora, A.C. CIBNOR, S.C. Unidad Guaymas, 18 p.
- Chilvers, B.L., y Corkeron, P.J. (2001). Trawling and bottlenose dolphins' social structure. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 268 (1479): 1901–1905. doi:10.1098/rspb.2001.1732
- Christiansen, F., Bertuly, R. y Lusseau, D., (2015). Estimación de la exposición acumulada de la vida silvestre a perturbaciones no letales utilizando modelos de captura recaptura espacialmente explícitos. *Wildlife Society Bulletin*, 79: 311–324. doi:10.1002/jwmg.836
- Connor, R. C., Wells, R., Mann, J. y Read, A. (2000). The bottlenose dolphin: social relationships in a fission-fusion society. pp. 91-126. En: Mann J., Connor R., Tyack P. y Whitehead H. (eds), *Cetacean Societies: Field Studies of Whales and Dolphins*. University of Chicago Press, Chicago.
- Connor, R.C., Smolker, R.A. y Richards, A.F. (1992). Two levels of alliance formation among male bottlenose dolphins (*Tursiops* sp.). *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 89: 987-990. doi:10.1073/pnas.89.3.987
- Constantine, R., Brunton, D.H. y Dennis, T. (2004). Dolphin-watching tour boats change bottlenose dolphin behaviour. *Biological Conservation*, 117:299–307.
- Delgado, A. (2015). Patrones de residencia y movimientos a largo plazo de las toninas *Tursiops truncatus*, en la región sureste del Golfo de México. *Therya*, 6 (2): 297–314. <https://therya.mastozoologiamexicana.com/index.php/THERYA/article/view/265>
- DOF (1978). Decreto por el que se establece una zona de reserva y refugio de aves migratorias y de la fauna silvestre, en las islas que se relacionan, situadas en el Golfo de California. Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos, Diario Oficial de la Federación, 2 de Agosto de 1978.
- DOF (2002). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001, Norma de 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. Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Diario Oficial de la federación, 6 de marzo de 2002.
- Domínguez-Sánchez, S., Martínez-Aguilar, S., Villegas-Zurita, F. y Urbán-Ramírez, J. (2021). Use of unmanned aerial vehicles (UAVs) in marine mammal research: ethical considerations and disturbance assessment. *Marine Mammal Science*, 37(3), 1021–1036. doi:10.1111/mms.12803
- Fettermann, T., Christiansen, F., Bejder, L., Charlton, C., Dawson, S. y Gales, N. (2019). Using unmanned aerial vehicles to assess the behavioural responses of cetaceans to tourism. *Journal of Applied Ecology*, 56(10): 1–12. doi:10.1111/1365-2664.13490
- Fettermann, T., Bejder, L., Christiansen, F., Wells, R.S. y McHugh, K.A. (2022a). Behavioural responses of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) to vessel interactions assessed using unmanned aerial vehicles. *Marine Mammal Science*, 38(2), 456–472. doi:10.1111/mms.12854
- Fettermann, T., King, A., Patterson, L., Barton, T., Schipper, L., Moorhouse, M. y Heinsohn, R. (2022b). Drone surveys are more accurate than boat-based surveys of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*). *Drones*, 6(4), 82.
- Gannier, A.J., Boyer, G. y Gannier, A.C., (2022). Recreational boating as a potential stressor of coastal striped dolphins in the northwestern Mediterranean Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 185(Pt A):114222. doi:10.1016/j.marpolbul.2022.114222

- García, E. (2004). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 246 pp.
- GEBCO (2023). British Oceanographic Data Centre, Liverpool, UK. Disponible en: <https://www.gebco.net> (Consultado en junio 2025).
- Giles, A.B., Butcher, P.A., Colefax A.P., Pagendam, D.E. Mayjor M. y Kelaher B.P. (2021). Responses of bottlenose dolphins (*Tursiops* spp.) to small drones. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 31:677–684. doi: 10.1002/aqc.3440
- Giralt-Paradell, O., Díaz-López B., Methion S., Rogan, E. (2020). Food-web interactions in a coastal ecosystem influenced by upwelling and terrestrial runoff off North-West Spain. *Marine Environmental Research*, 157: 104933. doi:10.1016/10.1016/j.marenvres.2020.104933
- Gobierno de España (2008). Real Decreto 1727/2007, por el que se establecen medidas de protección de los cetáceos. Ministerio de la Presidencia, Gobierno de España. Boletín Oficial del Estado, No. 11: 2292-2296
- Gobierno del Estado de Sonora (2006). Declaratoria que seestablezca como área natural protegida bajo categoría zona sujeta a conservación ecológica donde se encuentra el Estero el Soldado y áreas aledañas. Boletín Oficial del Gobierno del Estado de Sonora.
- Guevara-Aguirre, D. y Gallo-Reynoso, J.P. (2015). Abundancia relativa y estacionalidad de dos poblaciones de toninas (*Tursiops truncatus*) en la región de Guaymas, Sonora, Golfo de California. *Therya*, 6(2), 315-328. doi:10.12933/therya-15-274
- Guevara-Aguirre, D. y Gallo-Reynoso, J.P. (2016). Uso de hábitat de dos ecotipos de toninas (*Tursiops truncatus*) en el golfo de California, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 87, pp.1045–1054. doi:10.1016/j.rmb.2016.07.015
- Hawkins, E., Harcourt, R., Bejder, L., Brooks, L., Grech, A., Christiansen, F., Marsh, H. y Harrison, P.L. (2017). Best Practice Framework and Principles for Monitoring the Effect of Coastal Development on Marine Mammals. *Frontiers in Marine Science*, 4: 59. doi:10.3389/fmars.2017.00059
- Janik, V.M. y Sayigh, L.S. (2013) Communication in bottlenose dolphins: 50 years of signature whistle research. *Journal of Comparative Physiology A*, 199: 479–489. doi:10.1007/s00359-013-0817-7
- Jefferson, T.A., Webber M.A. y Pitman R.L. (2015). *Marine Mammals of the world: a comprehensive guide to their identification*. Second edition. Academic Press, London, UK. 616 pp.
- Kerr, K.A., Defran, R.H. y Campbell, G.S. (2005). Bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the Drowned Cayes, Belize; group size, site fidelity and abundance. *Caribbean Journal of Science*, 41: 172-177. disponible en: <https://www.cetus.ucsd.edu/docs/publications/KerrCJS2004.pdf>
- Koroza, A. y Evans, P.G.H. (2022). Bottlenose Dolphin Responses to Boat Traffic Affected by Boat Characteristics and Degree of Compliance to Code of Conduct. *Sustainability*, 14(9): 5185. doi: 10.3390/su14095185
- Lewis, S., y Walker, D. (2018). *Global Best Practice Guidance for Responsible Whale and Dolphin Watching: Tourism Activities Involving Wild Cetaceans*. A guide by the World Cetacean Alliance with support from ClubMed. Brighton: ClubMed.
- Loesch, H. (1980). Some ecological observations on slow-swimming nekton with emphasis on penaeid shrimp in small Mexican west coast estuary. *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología - UNAM*, 7 (5): 15-26. <https://hdl.handle.net/20.500.14330/PER01000073031>
- Lluch-Cota, S. (2000). Coastal Upwelling in the Eastern Gulf of California. *Oceanologica Acta*, 23 (6): 731–740. doi:10.1016/S0399-1784(00)00121-3

- Lusseau, D. (2003). Effects of tour boats on the behavior of bottlenose dolphins: Using Markov chains to model anthropogenic impact. *Ecology and Society*, 7(1): 10. doi:10.1111/j.1523-1739.2003.00054.x
- Lusseau, D., Wilson B., Hammond P.S., Grellier K., Durban J.W., Parsons K.M., Barton T.R. y Thompson, P.M. (2006). Quantifying the influence of sociality on population structure in bottlenose dolphins. *Journal of Animal Ecology*, 75:14-24. doi:10.1111/j.1365-2656.2005.01013.x
- Martin P. y Bateson P. (2007). *Measuring Behaviour: An Introductory Guide*. Cambridge University Press. Rossendale, LANCS, United Kingdom.
- Marley, S. A., Dudzinski, K.M., O'Brien, J.K., Macaulay, J.S. y Pattiaratchi, C.B. (2017). Effects of vessel traffic and underwater noise on the behaviour patterns of bottlenose dolphins (*Tursiops* sp.) near Cape Solander, Sydney, Australia. *Scientific Reports*, 7: 46586. doi: 10.1038/s41598-017-13252-z
- Medina-Galván, J., Osuna-Martínez, C.C., Padilla-Arredondo, G., Frías-Espéricueta, M., Barraza-Guardado, R.H. y Arreola-Lizárraga, J.A. (2021). Comparing the biogeochemical functioning of two arid subtropical coastal lagoons: the effect of wastewater discharges. *Ecosystem Health and Sustainability*, 7(1):1–12. doi: 10.1080/20964129.2021.1892532.
- Paredes-Torres, L.M., Castelblanco-Martínez D.N, Niño-Torres C.A., Garcés-Cuartas N. y Ramos E.A. (2025). Evaluating Tour Boat Compliance with Dolphin-Watching Guidelines in the Sian Ka'an Biosphere Reserve. *Marine Mammal Science*, . doi:10.1111/mms.70004
- Pérez-Cao, H., López, N., Blanco, M., Lio, V. y Gonzáles-Sansón, G. (2009). Abundancia y distribución del delfín (*Tursiops truncatus*, Montagu, 1821) en la costa norte de la provincia de Matanza, Cuba. *Revista de Investigación Marina*, 30: 55-61. Disponible en: <https://aquadocs.org/server/api/core/bitstreams/d4e53299-7d0b-4ca3-906a-dbe637869be3/content>
- Perrin, W.F., Würsig, B. y Thewissen, J.G.M. (eds.) (2008). *Encyclopedia of Marine Mammals*. 2nd ed. San Diego, CA: Academic Press, 1352 pp.
- Pine, M.K., Wilson, L., Jeffs, A.G., McWhinnie, L., Juanes, F., Scuderi, A. y Radford, C.A. (2021). A Gulf in lockdown: How an enforced ban on recreational vessels increased dolphin and fish communication ranges. *Global Change Biology*, 27 (19):4839–4848. doi:10.1111/gcb.15798
- Ribaric, D. y Clarkson, J. (2021). Nautical tourism affects common bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus* M.) foraging success in a NATURA 2000 site, North-Eastern Adriatic Sea. *Mediterranean Marine Science*, 22 (2): 316–327. doi:10.12681/mms.24475
- Rivera-Martínez, C.M. (2020) Capital natural y turismo náutico en San Carlos, Sonora, México. Tesis de maestría. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. La Paz, B.C.S., 70 pp.
- Rosales Grano, P. (1997). Dinámica costera en playa San Francisco, Guaymas, Son. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California. 64 p.
- Rosales Grano, P., Dworak J. A. y Burrola Sánchez M. S. (2023). Mareas y corrientes de marea en el estero El Soldado. *Áreas Naturales Protegidas Scripta*, 9(3): 27-48. doi:10.18242/anpscripta.2023.09.09.03.0003
- Salas Mejía N., López-Manzanares R., Arreola Lizárraga J.A., Mata-Ángeles J.A., Enríquez-Flores, J. y Montesinos-González, M.A. (2023). El papel del Área Natural Protegida Estero El Soldado como hábitat de crianza de recursos pesqueros: observaciones del pargo amarillo *Lutjanus argentiventris*. *Áreas Naturales Protegidas Scripta*, 9 (3): 85-98. doi:10.18242/anpscripta.2023.09.09.03.0006

- Salas-Mejía, N., Padilla-Serrato J.G., Morzaria-Luna H.N., Ruiz-Ruiz T.M., Balart E., Arreola-Lizárraga, J.A. (2024). Observing changes of fish community in a semi-arid subtropical coastal lagoon subject to ecological conservation. *Regional Studies in Marine Science*, 78: 103779. doi:10.1016/j.rsma.2024.103779.
- Samuels, A., Bejder, L., Constantine, R. y Heinrich, S. (2003). Swimming with wild Cetaceans [with a special focus on] the Southern Hemisphere. En: *Marine mammals and humans: toward a sustainable balance*. CSIRO Publishing, Collingwood, Australia.
- Santos, M.B., Pierce G.J., Reid R.J., Patterson L.A.P., Ross H.M. y Mente E. (2001). Stomach contents of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in Scottish waters. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 81: 873–878. doi:10.1017/S0025315401004714.
- Sekiguchi, Y. y Kohshima, S. (2003). Resting behaviors of captive bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*). *Physiology & behavior*, 79 (4-5): 643-53 .doi:10.1016/S0031-9384(03)00119-7
- Shane, S.H. (1990). Behavior and ecology of the bottlenose dolphin at Sanibel Island, Florida. pp. 245–265. En: Leatherwood, S. y Reeves, R.R. (eds.), *The Bottlenose Dolphin*. Academic Press, San Diego, CA,
- Shane, S.H., Wells, R.S. y Würsig, B. (1986). Ecology, behavior and social organization of the bottlenose dolphin: a review. *Marine Mammal Science*, 2(1), 34-63. doi:10.1111/j.1748-7692.1986.tb00026.
- Simões-Lopes, P.C., Daura-Jorge, F.G., Lodi, L., Bezamat, C., Costa, A.P. y Wedekin, L.L. (2019). Bottlenose dolphin ecotypes of the western South Atlantic: the puzzle of habitats, coloration patterns and dorsal fin shapes. *Aquatic Biology*, 28: 101-111.doi:10.3354/ab00712
- Stensland, E. y Berggren, P. (2007). Behavioral changes in female Indo-Pacific bottlenose dolphins in response to boat-based tourism. *Marine Ecology Progress Series*, 332: 225–234. doi:10.3354/meps332225
- Urbán, J., Gómez-Gallardo, A., Palmeros-Rodríguez, A., Rosales-Nanduca, H. y Viloria-Gómora, L. (2019). Los mamíferos marinos del Golfo de California. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Ciudad de México, México.
- Vizeu-Pinheiro, M., Rogan, E., Cid, A., Castro, J. y Borges F.O. (2025). Environmental influence on Bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) abundance in Southern Portugal. *Regional Studies in Marine Science*, 91: 104569. doi:10.1016/j.rsma.2025.104569.
- Walker, W.A. (1981). Geographical variation in morphology and biology of bottlenose dolphin (*Tursiops*) in the eastern north Pacific. NOAA/NMFS Southwest Fisheries Center Administrative Report, LJ-81-03C, La Jolla, USA. 21 p.
- Wells, R.S., Natoli, A. y Braulik, G. (2019). *Tursiops truncatus* (errata version published in 2019). The IUCN Red List of Threatened Species 2019: e.T22563A156932432. doi: 10.2305/IUCN.UK.2019-1.RLTS.T22563A156932432.en
- Wells, R.S. y Scott, M.D. (2018). Bottlenose dolphin, *Tursiops truncatus*, common bottlenose dolphin. pp. 118-125. En: Würsig, B., Thewissen, J.G.M. y Kovacs K.M. (eds). *Encyclopedia of Marine Mammals* (Third Edition), Academic Press, doi: 10.1016/B978-0-12-804327-1.00072-8
- Würsig, B., Parsons, E.C.M., Sarah, P. y Lindsay, P. (2016). The Behavioural Ecology of Indo-Pacific Humpback Dolphins in Hong Kong. *Advances in Marine Biology*, 73: 65-90 doi:10.1016/bs.amb.2015.08.008

11. ANEXO

Anexo A.-Encuesta



CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS
DEL NOROESTE, S.C.

Encuesta

Fecha: _____

OBJETIVO: Establecer un diagnóstico sobre la demanda turística y sus necesidades haciendo partícipe a la comunidad y a la asociación de yates en San Carlos Sonora México para la contribución de análisis científicos y la investigación del turismo náutico.

1.- Elección de la actividad turística:

Avistamiento de delfines ☐ Paseo recreativo ☐ Pesca ☐ Buceo ☐

2.-En que horario se realizó la observación de delfines

7:00-9:00 ☐ 9:00-11:00 ☐ 11:00 - 13:00 ☐ 13:00-16:00 ☐ 16:00-19:00 ☐

3.- Numero de delfines observados

1-3 ☐ 4-6 ☐ 7-10 ☐ Más de 10 ☐

4.- Cuánto duro el periodo de observación

30min ☐ 1h ☐ 2h ☐ más de 2h ☐

5.-Condiciones Climatológicas

Soleado. ☐ semi nublado. ☐ Nublado. ☐ Llovizna. ☐ Lluvia. ☐
Viento apacible. ☐ Viento moderado. ☐ Viento fuerte. ☐

Anexo B.-Ejemplo de protocolo para la observación de mamíferos marinos



Regla para la observación de manatíes y delfines desde embarcación en la Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an (disponible en: <https://octl.mx/delfines-a-la-vista/>)

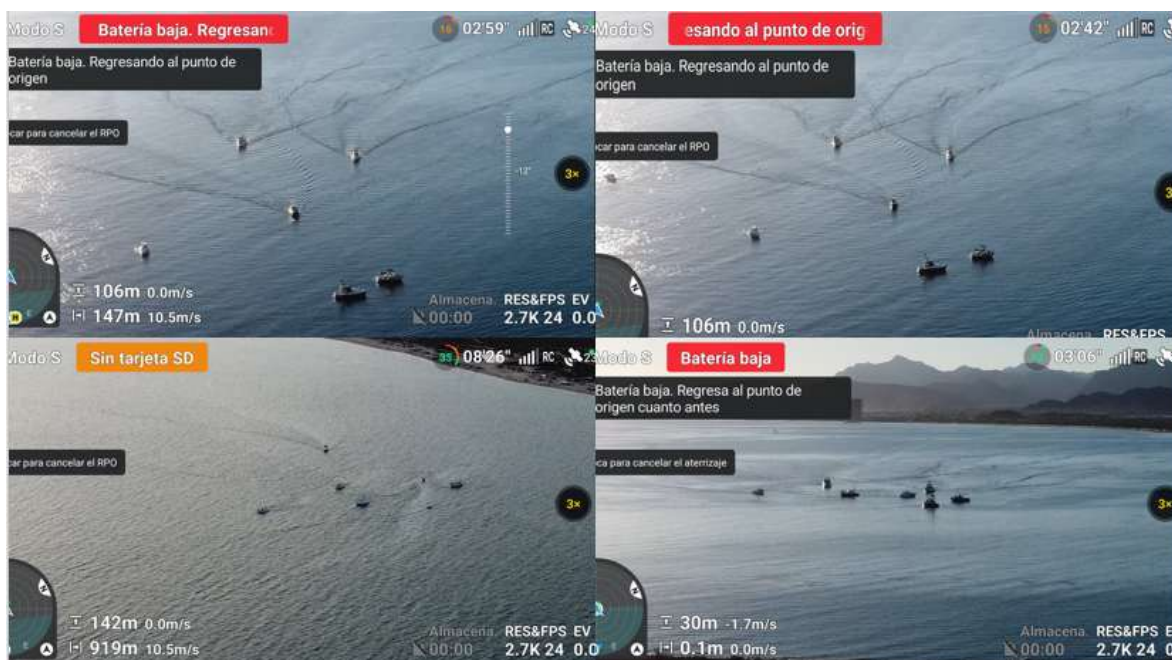
Anexo C.-Evidencias fotográficas



Evento: Cambio de dirección; las toninas hacen cambios de dirección de hasta 180° a voluntad ya que usan su hábitat para desplazarse libremente.



Una tonina macho dominante del grupo, nombrado como "Manchas" debido a esta característica en la punta de su aleta dorsal y la punta del hocico, además de múltiples marcas en su cuerpo.



Incremento de turismo náutico en semana santa, avistamientos desde embarcaciones sin protocolo, se detectó persecución y acorralamiento de las toninas en su zona de alimentación.



Desplazamiento grupal de toninas en ausencia de turismo, presentando una baja dispersión y actividades de juego en grupo en la Bahía San Francisco.



Madre con su cría desplazándose en una dirección.



Dispersión de aproximadamente 18 toninas, las toninas exhibieron una técnica de alimentación acorralando a un cardumen de peces para alimentarse, hicieron una formación envolvente que se va contrayendo con el cardumen al centro y después procedieron a alimentarse. Usaron la playa como una barrera para impedir el escape del cardumen.



Cuestionable maniobra de un yate privado al navegar en reversa hacia un grupo pequeño de toninas que nadan rápido para escapar de la amenaza. Esta situación puede provocar impactos físicos sobre el cuerpo de las toninas que son lesivos.



Socialización de las toninas interactuando en juego, persiguiendo aves marinas.



Un grupo de toninas descansando, permanecen casi inmóviles bajo aguas someras cerca de la costa saliendo en ocasiones a respirar.