



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA

**Efecto del turismo de observación en el comportamiento de toninas  
(*Tursiops truncatus*) en el Complejo Sian Ka'an, Quintana Roo.**

## TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:

**MAESTRA EN CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA**

PRESENTA:

**LESLIE MARIEL PAREDES TORRES**

**TUTORA O PRINCIPAL:**

Dra. Delma Nataly Castelblanco Martínez  
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología / Universidad Autónoma del Estado de Quintana Roo

**COMITÉ TUTOR:**

Dr. Luis Medrano González  
Universidad Nacional Autónoma de México

Dr. Carlos Niño Torres  
Universidad Autónoma del Estado de Quintana Roo

**JURADO:**

Dr. Eduardo Morteo Ortiz  
Universidad Veracruzana

Dra. Laura J. May-Collado  
Universidad de Vermont

**MÉXICO, CD. MX., ENERO 2023**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



**Efecto del turismo de observación en el comportamiento de toninas  
(*Tursiops truncatus*) en el Complejo Sian Ka'an, Quintana Roo.**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:  
MAESTRA EN CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA**

**PRESENTA:**

**LESLIE MARIEL PAREDES TORRES**

**TUTORA PRINCIPAL:**

Dra. Delma Nataly Castelblanco Martínez  
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología / Universidad Autónoma del Estado de Quintana Roo

**COMITÉ TUTOR:**

Dr. Luis Medrano González  
Universidad Nacional Autónoma de México

Dr. Carlos Niño Torres  
Universidad Autónoma del Estado de Quintana Roo

**JURADO:**

Dr. Eduardo Morteo Ortiz  
Universidad Veracruzana

Dra. Laura J. May-Collado  
Universidad de Vermont

**MÉXICO, CD. MX., ENERO 2023**

**“Look deep into nature, and then you will understand everything better “**

**Albert Einstein**



Para Alux, “El Rey”.

## AGRADECIMIENTOS

Al Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología y al CONACYT por el apoyo otorgado durante la duración del posgrado, así como al apoyo para prácticas de campo de Fundación UNAM y Fundación Ocelotl, a Animal Welfare Institute y a la Cetacean Society International por su valioso financiamiento que impulsaron el desarrollo del trabajo en campo.

A mi Tutora, la Dra. Delma Nataly Castelblanco Martínez por su ayuda durante mi formación académica y sobre todo por la confianza que me brindo para el desarrollo del trabajo de investigación, así como su solidaridad y guía que me impulsaron a ser una mejor profesional. A los integrantes de mi Comité Tutor el Dr. Carlos A. Niño Torres y el Dr. Luis Medrano González por sus oportunas y acertadas observaciones que sin duda hicieron de este un mejor trabajo, a mi Jurado de Examen de Grado, el Dr. Eduardo Morteo Ortiz y la Dra. Laura May-Collado, por su tiempo y disponibilidad para participar y complementar mi guía en este proceso de estudio.

Al Dr. Eric Ángel Ramos por todas sus ideas metodológicas y ayuda en el desarrollo de esta Tesis, así como en la accesibilidad de compartir sus conocimientos en el área.

A mis compañeros de campo, a la Dra. Natalia Garcés Cuartas y a la M. en N. Nataly Morales Rincón, por su valiosa ayuda en la colecta de datos, y por compartir toda su pasión y dedicación en la protección de la fauna, a Joseph Galindo por siempre estar dispuesto a ayudar y aprender de todo, y por ser el “paparazzi oficial”.

A los amigos que hicimos durante el trabajo en Punta Allen, Don Víctor Barrera, Luci y Juan Ramírez, que nos inspiraron y motivaron con su iniciativa de mejorar y actuar para el beneficio de su comunidad, siempre teniendo en cuenta la importancia del cuidado del ambiente y la riqueza que su hogar posee.

A los capitanes de embarcaciones que nos acompañaron durante los recorridos en busca de toninas y que nos compartieron sus experiencias.

A mi familia y amigos que no dejaron de apoyarme durante todo mi proceso de aprendizaje y me alentaron siempre en seguir descubriendo cosas nuevas.

# ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. ANTECEDENTES.....	3
2.1 GENERALIDADES DE LA ESPECIE <i>TURSIOPS TRUNCATUS</i> .....	3
2.1.1 <i>Taxonomía y características</i> .....	3
2.1.2 <i>Distribución y hábitat</i> .....	4
2.1.3 <i>Estructura social y comportamiento</i> .....	6
2.1.4 <i>Estado de conservación</i> .....	7
2.2 TURISMO DE OBSERVACIÓN DE CETÁCEOS .....	8
2.2.1 <i>Turismo de observación en el Caribe Mexicano</i> .....	10
2.3 HERRAMIENTAS DE MONITOREO: VEHÍCULOS AÉREOS NO TRIPULADOS .....	12
III. JUSTIFICACIÓN.....	14
IV. OBJETIVOS.....	15
4.1 OBJETIVO GENERAL .....	15
4.1.1 <i>Objetivos particulares</i> .....	15
V. METODOLOGÍA.....	16
5.1 ÁREA DE ESTUDIO.....	16
5.2 COLECTA DE DATOS.....	18
5.2.1 <i>Avistamientos</i> .....	18
5.2.2 <i>Comportamiento de toninas y embarcaciones</i> .....	19
5.3 ANÁLISIS DE DATOS .....	21
5.3.1 <i>Caracterización de la actividad turística de observación de toninas</i> .....	21
5.3.2 <i>Comportamiento de toninas</i> .....	22
5.4 PROTOCOLO DE USO DE DRONES PARA EVALUAR LA ACTIVIDAD TURÍSTICA DE OBSERVACIÓN DE TONINAS .....	25
VI. RESULTADOS .....	28
6.1 CARACTERIZACIÓN DE LA ACTIVIDAD TURÍSTICA Y CUMPLIMIENTO DE LAS REGLAS DE OBSERVACIÓN RESPONSABLE.....	31
6.2 COMPORTAMIENTO DE TONINAS .....	35
VII. DISCUSIÓN.....	41
7.1 AVISTAMIENTOS .....	41
7.2 CUMPLIMIENTO DE LAS REGLAS DE OBSERVACIÓN RESPONSABLE DE TONINAS .....	42
7.3 EFECTOS EN EL COMPORTAMIENTO DE LAS TONINAS .....	44
VIII. CONCLUSIONES .....	48
RECOMENDACIONES.....	49
LITERATURA CITADA .....	50
ANEXOS.....	64

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución global de <i>Tursiops truncatus</i> (tomado de UICN, 2018). ....	4
Figura 2. Zonas de observación de delfines, propuestas en los lineamientos de observación de mamíferos marinos en Sian Ka'an. ....	12
Figura 3. Mapa de la ubicación del área de estudio dentro de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an en Quintana Roo, México.....	17
Figura 4. Ruta de las embarcaciones de turísticas en busca de toninas, misma ruta seguida por la embarcación de investigación .....	19
Figura 5. A) Dron cuadricóptero (DJI Mavic 2 pro) utilizado para la colecta de datos. B) Dron elevado durante las salidas a campo. ....	20
Figura 6. Pasos principales en el uso de drones para el monitoreo de la actividad turística de observación de toninas. ....	27
Figura 7. Frecuencia del tamaño grupal de toninas por temporada.....	29
Figura 8. Distribución de los avistamientos de toninas en el área de estudio de acuerdo con el tamaño grupal y la batimetría disponible para la zona. ....	30
Figura 9. Cumplimiento general de las reglas de observación responsable de toninas, los colores indican las categorías de cumplimiento de acuerdo con la cantidad de rubros respetados (ver Tabla 2).....	31
Figura 10. Porcentaje de cumplimiento por rubro.....	32

Figura 11. Fotogramas extraídos de vídeos de dron para estimar las distancias al grupo de toninas. A) Intervalo entre 1-15 m. B) Intervalo entre 15-30 m. C) Mayor a 30 m.....33

Figura 12. Avistamientos de toninas bajo observación turística por sitio y con la batimetría disponible para la zona. ....34

Figura 13. Número de ocurrencias de los estados comportamentales registrados en situaciones de menor impacto (cumplimiento de las reglas) y mayor impacto (no cumplimiento). \*Diferencias significativas en el comportamiento de descanso ( $p < 0.05$ ). ....36

Figura 14. Intervalos entre respiraciones (IER) de las toninas en tres situaciones de cumplimiento y no cumplimiento de las reglas de observación responsable..37

Figura 15. Efecto de las embarcaciones sobre los IER de las toninas cuando cumplieron ( $> 30$  m) e incumplieron ( $< 30$  m) con el rubro de distancia. ....38

Figura 16. Ocurrencia promedio de cambios de los eventos comportamentales de toninas durante situaciones de cumplimiento y no cumplimiento de las reglas de observación responsable. \*Diferencias significativas en los cambios de dirección y velocidad del nado ( $p < 0.05$ ) .....39

Figura 17. Imágenes de dron que muestran A) cambios de dirección de las toninas alejándose de la trayectoria de las embarcaciones; B) cambios en la cohesión del grupo y C) cambios en velocidad del nado.....40

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estados de comportamiento de acuerdo con Shane (1990).....	21
Tabla 2. Categorías de los eventos de observación turística de acuerdo con el cumplimiento de los lineamientos propuestos. ....	22
Tabla 3. Sets de modificadores aplicados en el análisis de comportamiento en BORIS (Friard y Gamba, 2016).....	23
Tabla 4. Esfuerzo de campo y número de avistamientos de delfines en el CSK.	28
Tabla 5. Número de individuos avistados por temporada.....	29
Tabla 6. Número de embarcaciones registradas durante los meses de colecta y el tiempo de observación durante la actividad turística.....	34
Tabla 7. Seguimientos de toninas registrados en video con dron utilizados para el análisis de comportamiento en BORIS (Friard y Gamba, 2016).....	35
Tabla 8. Combinación de situaciones de cumplimiento para la evaluación de los IER, de acuerdo con los modificadores utilizados en BORIS.....	37

## RESUMEN

En el Complejo Sian Ka'an, situado en el Caribe Mexicano, existe la oferta de observación turística de toninas (*Tursiops truncatus*), y aunque existen una guía local de observación responsable, se desconoce si es respetadas durante la actividad, por lo que nuestro objetivo fue evaluar el cumplimiento de estas reglas e investigar efecto de esta práctica en el comportamiento de los delfines. De septiembre de 2021 a enero de 2022 se realizaron 35 recorridos en embarcación de investigación desde la cual se elevó un dron (Mavic 2 pro, DJI) para filmar las interacciones entre embarcaciones y toninas. Los videos del dron y los datos recopilados desde embarcación fueron analizados para evaluar si los Eventos de Observación Turística (EOT) cumplían con los principales rubros de la guía: 1) Tiempo de observación < 10 minutos; 2) Distancia a los delfines > 30 m; 3) Número de embarcaciones menos de tres; 4) Arribo y 5) retirada de las embarcaciones a baja velocidad. Con el programa BORIS (Behavioral Observation Research Interactive Software), se cuantificaron los intervalos entre respiraciones (IER), y los cambios en dirección, cohesión del grupo (de acuerdo con las distancias entre individuos), y velocidad del nado de las toninas ante situaciones de cumplimiento y no cumplimiento de los rubros. El 98% de los EOT ( $N=323$ ) no cumplió con las pautas mencionadas, siendo la distancia el rubro menos respetado ya que el 95% de los EOT ocurrió a menos de 30 m de los delfines. En cuanto a comportamiento de las toninas los IER fueron significativamente ( $F= 3.57$ ,  $p<0.05$ ) más largos en situaciones de no cumplimiento (media = 33 seg., máx = 50 seg., mín = 25 seg.) y más cortos en situaciones de cumplimiento (media=25seg., máx=36, min = 8.5 seg.). Además, los cambios de dirección y velocidad bajo condiciones de no cumplimiento fueron significativamente mayores (Direc.:  $X^2= 10.96$ ,  $p<0.05$ ; Vel:  $X^2= 6.3883$ ,  $p<0.05$ ). Los resultados evidenciaron cambios en el comportamiento de los delfines cuando no se siguen las reglas de observación responsable, por lo que se recomiendan monitoreos continuos para definir efectos a largo plazo. Además, es fundamental promover el seguimiento de los lineamientos para asegurar el bienestar de las toninas y la sustentabilidad de la práctica turística.

**Palabras clave:** Drones. Interacciones humanos-mamíferos marinos. Conservación.

## ABSTRAC

In the Sian Ka'an Complex, within the Mexican Caribbean, dolphin-watching tours (*Tursiops truncatus*) are offered, and although there are local guides for the responsible observation of dolphins, it was unknown if they are respected during the activity. Therefore, our objective was to evaluate the compliance with these rules and to investigate the effect of this practice on dolphin behavior. From September to November 2021, we conducted 35 boat-based surveys and flew a small quadcopter drone (DJI Mavic 2 Pro) to record tour boat interactions with bottlenose dolphins. The drone videos and the data collected from the boat were analyzed to evaluate if the Tourist Watching Events (TWE) complied with the main items: 1) Observation time <10 minutes; 2) Distance to dolphins > 30 m; 3) Number of vessels less than three; 4) Arrival and 5) departure of the vessels at low speed. With BORIS program (Behavioral Observation Research Interactive Software), the inter-breath intervals (IBI), and the changes in direction, group cohesion (according with interanimal distance), and swimming speed of dolphins in situations of compliance and non-compliance with the rules were quantified. Ninety eight percent of the EOTs (N=323) did not comply with the statements, with distance being the least respected item since 95% of the EOTs occurred less than 30 m from the dolphins. Regarding the behavior of the dolphins, the IER were significantly longer ( $F= 3.57$ ,  $p<0.05$ ) longer in situations of non-compliance (mean=33sec., max= 50 sec., min= 25 sec.) and shorter in situations of non-compliance. compliance (mean= 25 sec., max= 36 sec., min= 8.5 sec.). In addition, changes in direction and speed under non-compliance conditions were significantly higher (Direct.:  $\chi^2= 10.96$ ,  $p<0.05$ ; Speed:  $\chi^2= 6.3883$ ,  $p<0.05$ ). The results showed changes in the behavior of dolphins when the rules of responsible observation are not followed, so continuous monitoring is recommended to define long-term effects. Furthermore, it is essential to promote the use of the guidelines to ensure the well being of the dolphins and the sustainability of the tourist practice.

**Keywords:** Drones. Human-marine mammal interactions. conservation.

## I.INTRODUCCIÓN

El turismo mundial dirigido a los mamíferos marinos ha crecido drásticamente en los últimos 30 años, lo que ha intensificado la preocupación sobre los impactos de estas actividades en el comportamiento, uso del hábitat, abundancia, salud y reproducción de estos organismos (Machernis *et al.*, 2018). Dentro de las especies objetivo de fácil acceso para las actividades turísticas se encuentran las toninas (*Tursiops truncatus*), debido a que se les considera una especie carismática y a que con frecuencia se encuentran distribuidas a lo largo de la costa (Connor *et al.*, 2000; Samuels *et al.*, 2003). Sin embargo, existen numerosas investigaciones que han documentado cambios significativos en los patrones de actividad y comportamiento a corto plazo en poblaciones de toninas que han estado expuestas a este tipo de turismo, lo que pudiese tener repercusiones en la biología de la especie a largo plazo (Nowacek, 2001; Lusseau, 2003; Bejder, 2005; Bejder *et al.*, 2006a; 2006b; Arcangeli y Crosti, 2009; Christiansen *et al.*, 2010; May-Collado *et al.*, 2014; Kassamali-Fox *et al.*, 2020).

En el Caribe Mexicano aún existe un gran vacío de información sobre la ecología de estos delfines y del posible impacto del turismo de observación en las poblaciones locales, ya que la investigación sobre la especie ha sido poca y fragmentada (Niño-Torres *et al.*, 2015). Esto es relevante para el estado de Quintana Roo, el cual es un lugar que tiene una importante industria turística y se prevé que aumente enormemente durante los próximos años (Kane, 2016). El Complejo Sian Ka'an (CSK), ubicado en las costas de Quintana Roo, es un Área Natural Protegida que juega un importante rol en la conservación de las especies, sin embargo, también es un destino turístico en crecimiento (Mazzotti *et al.*, 2005). En el año 2018 comenzó el primer programa de monitoreo a largo plazo de toninas que habitan en las bahías costeras del CSK. Los resultados mostraron un problema persistente relacionado con prácticas inadecuadas de observación de delfines, que incluyen acercamientos directos y rápidos, el exceso de tiempo de permanencia, persecución y alto número de embarcaciones que observan simultáneamente al mismo grupo (Castelblanco-Martínez, 2018; Castelblanco-Martínez *et al.*, 2019). Durante ese mismo año, se realizaron varios talleres con operadores turísticos, en los cuales se sugirieron algunas reglas para la observación de mamíferos marinos en el CSK (Castelblanco-Martínez, 2019;

Castelblanco-Martínez *et al.*, 2019). Sin embargo, aún no es claro el posible efecto de los tours de observación en el comportamiento de estas poblaciones, siendo necesarias estrategias de investigación y monitoreo para analizar la forma en la que actualmente se llevan a cabo estas actividades y mejorar las pautas que regulen adecuadamente la práctica en el área.

## II. ANTECEDENTES

### 2.1 Generalidades de la especie *Tursiops truncatus*

#### 2.1.1 Taxonomía y características

Los delfines pertenecientes a esta especie son comúnmente llamados toninas, tursiones o delfines mulares y, de acuerdo con la Society for Marine Mammologist (Committe on Taxonomy, 2022), son clasificados como:

Clase: Mamalia

Orden: Cetartiodactyla

Infraorden: Cetacea

Suborden: Odontocetii

Familia: Delphinidae

Género: *Tursiops*

Especie: *T. truncatus* (Montagu, 1821).

Las toninas presentan cuerpo hidrodinámico y fusiforme, robusto de talla media, el melón está claramente delimitado del rostro por un surco bien definido, la aleta dorsal es moderadamente falcada, son de color gris claro a casi negro dorsal y lateralmente, con un vientre más claro, y algunos muestran un ligero resplandor o una marca de pincel en los costados (Leatherwood *et al.*, 1988; Wells y Scott, 2018). La longitud de los adultos va desde 2 m hasta alcanzar 3.8 m, variando estas medidas con la localidad geográfica (Wells y Scott, 1999), el peso oscila entre 220 y 500 kg, siendo los machos ligeramente más pesados que las hembras (Culik, 2004).

La longevidad se registra entre 40 y 50 años (Hohn *et al.*, 1989; Wells and Scott 1999). Las hembras alcanzan la madurez sexual de 5 a 13 años (Kastelein *et al.*, 2002) y los machos entre 8 y 13 años (Harrison, 1972; Mead y Potter, 1995; Kastelein *et al.*, 2002; Wells *et al.*, 2019). Tras un periodo de gestación de aproximadamente un año (Schroeder 1990; Schroeder y Keller 1990), las hembras dan a luz a una sola cría que puede medir entre 84 y 140 cm (Wells *et al.* 1988; Mann *et al.* 1999; Schroeder, 1990).

### 2.1.2 Distribución y hábitat

La distribución de la especie es amplia, encontrándose tanto en aguas templadas como tropicales alrededor del mundo por lo que se considera una especie cosmopolita (Figura 1). Pueden habitar una variedad de ecosistemas marinos y estuarios, e incluso ríos por tiempos cortos (Wells y Scott, 1999). El rango de distribución de las toninas está limitado por la temperatura, fuera de las costas de Norte América, estos animales habitan aguas con una temperatura superficial que oscila entre los 10° y 32°C (Ridway y Harrison, 1999; Wells y Scott, 2018).



Figura 1. Distribución global de *Tursiops truncatus* (tomado de UICN, 2018).

Las características ecológicas que existen a lo largo de la amplia distribución de esta especie han generado diferencias entre las poblaciones, de manera que en algunas partes del mundo se han reconocido dos ecotipos, el costero y el oceánico, los cuales poseen variaciones anatómicas, fisiológicas, comportamentales y genéticas (Connor *et al.*, 2000; Díaz, 2004; Segura *et al.*, 2006; Simões-Lopes *et al.*, 2019). En el Atlántico sur y en el Mar Caribe, se han

realizado estudios en los que se consideran ciertas diferencias entre ecotipos (e. g. Simões-Lopes *et al.* 2019; Castelblanco *et al.*, 2021). El ecotipo costero presenta cuerpo pequeño, una coloración clara y aletas proporcionalmente más grandes (Simões-Lopes *et al.* 2019), se encuentra alrededor de 18 m de la costa en aguas someras (bahías, estuarios y lagunas) que no superan los 20 m de profundidades. Por el contrario, el ecotipo oceánico se encuentra en regiones lejanas a la costa en aguas profundas, entre 200 m y 2000 m (Kenney, 1990) y a diferencia del costero, presenta un cuerpo más robusto y grande con una coloración más oscura (Leatherwood *et al.*, 1988; Simões-Lopes *et al.* 2019).

En el Mar Caribe, la tonina se conoce como la especie más común y abundante en bahías, ríos, lagunas a lo largo de la costa y en lagunas poco profundas de algunos atolones en alta mar (Grigg y Markowitz 1997; Campbell *et al.*, 2002; Dick y Hines, 2011). En lo que respecta a la zona del Caribe Mexicano, a pesar de que se ha reportado su presencia (Navarro *et al.*, 1990), los estudios poblacionales han sido pocos o fragmentados (Niño-Torres *et al.*, 2015). En 1992 Zacarias-Araujo realizó el primer estudio sobre distribución temporal y espacial de *Tursiops truncatus* en la Bahía de Chetumal y la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an (RBSK), documentando la presencia frecuente de la especie y encontrando variaciones estacionales en su abundancia, siendo mayor en invierno y menor en primavera en las Bahías de la RBSK, contrapuesto a lo que se observó en la Bahía de Chetumal. En 1996, Ortega-Ortiz se enfoca en registrar la distribución y abundancia de la especie específicamente en la Bahía de la Ascensión dentro de la RBSK, reportando una abundancia absoluta de 66 individuos y encontrando diferencias significativas en la distribución de las toninas en los diferentes ambientes de la bahía entre temporadas. Por otro lado, en estudios más recientes dentro de las mismas regiones del Caribe Mexicano, se foto-identificaron 57 toninas en la Bahía Chetumal (Ruiz-Hernández, 2020), 19 en la Bahía Espíritu Santo y 62 en la Bahía de la Ascensión, sin encontrar intercambios entre individuos durante el tiempo de muestreo (Susano-Romero, 2020).

De manera general, la distribución de los delfines en una región está determinada por ciertos factores, entre los que se destacan las corrientes oceánicas, la temperatura, la distribución y disponibilidad de alimento (ligada a eventos de afloramiento o de alta productividad), irregularidades de la costa que

proveen de aéreas adecuadas para el apareamiento, crianza, refugio y descanso (golfos y bahías) (Shane, 1986; Leatherwood y Reeves, 1982; Whitehead y Cascadden, 1985; Brandon y Fargion, 1993), así como actividades humanas (pesca, tráfico marino y contaminación) las cuales pueden influir en la presencia o disminución de estos animales en la zona (Lusseau, 2003; Christiansen *et al.*, 2010).

### **2.1.3 Estructura social y comportamiento**

Una característica de todas las poblaciones de delfines *Tursiops truncatus* es que tienen un patrón de agrupamiento de fusión-fisión, es decir, los individuos se asocian en grupos temporales que cambian en composición en horas o días, de tal manera, que en un momento dado un individuo tiene la oportunidad de asociarse en varios grupos pequeños o permanecer solo (Würsig y Würsig, 1979; Connor *et al.*, 2000). La composición grupal está dada principalmente por hembras con crías y juveniles de ambos sexos y asociaciones más pequeñas de machos adultos o sub-adultos en etapas tempranas de independencia (Wells y Scott, 1999; Mann *et al.*, 2000). A pesar de esta complejidad, los lazos familiares entre madres y crías son duraderos, principalmente con crías hembra, manteniéndose estos lazos hasta por ocho años (Gibson y Mann, 2008; Mann *et al.*, 2008).

En cuanto al tamaño grupal, este puede variar en relación con el estado de comportamiento, por ejemplo, grupos que realizan actividades sociales y desplazamiento tienden a ser mayores que aquellos que se encuentran descansando o alimentándose (Morteo *et al.*, 2004; May-Collado *et al.*, 2007; Gibson y Mann, 2008). Sin embargo, los individuos del ecotipo costero suelen formar grupos pequeños, de 2 a 15 individuos (Leatherwood *et al.*, 1988; Wells y Scott, 1999), mientras que los individuos del ecotipo oceánico pueden formar grupos más numerosos y heterogéneos, de hasta cientos de individuos (Shirihai y Jarret, 2006).

De acuerdo con Shane *et al.* (1986), los estados de comportamiento más estudiados en *T. truncatus* se pueden englobar en cinco categorías principales:

- 1) Alimentación: Es casi tan diverso como la dieta de la que se alimentan y ocurre tanto en grupo como de manera individual. Las estrategias de alimentación son flexibles y se adaptan al hábitat y los recursos

alimentarios disponibles. Algunas de estas estrategias de alimentación se convierten en “tradiciones” locales y son aprendidas por las siguientes generaciones.

- 2) Desplazamiento: Indicado por movimientos direccionales persistentes. Si ocurre en grupo, los movimientos son en sincronía.
- 3) Socialización: Es referida a actividades con funciones sociales y sexuales, así como afiliación entre individuos. Estas actividades pueden ser “cortejo-apareamiento”, “juego”, “frotamiento”, “peleas”, etc.,
- 4) Descanso o reposo: se refieren a movimientos lentos que generalmente carecen de componentes de los otros tipos de comportamiento. Puede observarse en un individuo o en grupos y se caracteriza porque los animales permanecen inmóviles o se mueven extremadamente lento dentro de un área de tamaño variable.
- 5) Revoltura (“Milling”): implica cambios frecuentes en el rumbo en el que el grupo no tiene dirección o no muestra sincronía y puede estar asociado con la alimentación, la socialización o el juego, si es rápido, o con el descanso si es pausado.

Estos estados de comportamiento ocurren intercaladamente tanto en el día como en la noche (Shane *et al.*, 1986; Wells *et al.*, 1999), y están relacionados con la ecología local, la estación, la profundidad del agua, la topografía del fondo, el flujo de las mareas, la distribución de las presas y las actividades humanas (Shane, 1990).

#### **2.1.4 Estado de conservación**

*T. truncatus* está incluida en la categoría de “Preocupación menor” (LC) en la Lista Roja de especies amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) y mantiene esa posición en la más reciente evaluación en 2018, ya que a pesar de que algunas poblaciones aisladas presentan disminuciones significativas, sigue siendo una de las especies de cetáceos más abundante y con distribución más amplia (Wells *et al.*, 2019).

De acuerdo con la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES), esta especie se encuentra en el Apéndice II, que enumera especies que no están necesariamente

amenazadas de extinción pero que podrían estarlo a menos que su comercio esté estrictamente controlado.

Por otro lado, en México, la especie está sujeta a protección especial (Pr) bajo la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001, la cual incluye aquellas especies o poblaciones que pudieran verse amenazadas por factores que afecten negativamente su viabilidad, determinando así la necesidad de promover su recuperación y conservación y, por lo tanto, el acoso, maltrato, o daño de estos organismos está penalizado legalmente (DOF, 2002).

## **2.2 Turismo de observación de cetáceos**

Los cetáceos se consideran como fauna carismática y por tanto un objetivo interesante en la industria del turismo, la cual se ha incrementado en los últimos años. La oportunidad de interactuar con estos organismos representa una fuente de ingresos económicos importante para las localidades en las que se lleva a cabo dicha actividad, así como una forma de fomentar la apreciación de la naturaleza y generar conciencia sobre la importancia de la conservación marina (Hoyt 2001; Samuels *et al.* 2003; Bejder *et al.*, 2006).

A pesar de sus beneficios económicos y en la sensibilización ambiental, existe una preocupación creciente por las consecuencias que la observación turística de cetáceos pueda traer para los organismos objetivo. Si bien es poco probable que un único encuentro con turistas cause perturbaciones importantes para los cetáceos silvestres, el problema del turismo centrado en los cetáceos radica en la intención de propiciar encuentros cercanos y prolongados de manera repetida, principalmente con organismos costeros de fácil acceso. Además, algunos turistas están cada vez más insatisfechos con sólo observar la vida silvestre y anhelan una interacción más cercana con los animales (Bejder y Samuels, 2006; Bejder *et al.* 2006). Por lo tanto, existe la posibilidad de consecuencias perjudiciales para los animales objetivo, con efectos acumulativos (Duffus y Deardon, 1990), poniéndolos en riesgo de ser acosados o heridos debido a impactos asociados con la actividad turística (Bejder *et al.* 2006).

Estudios anteriores han demostrado que, tanto odontocetos como misticetos, reaccionan a las perturbaciones mostrando varios cambios de comportamiento, incluidos cambios en la actividad, velocidad, movimiento, buceo,

formación de grupos y vocalización (Arcangeli y Crosti, 2009; Nowacek *et al.* 2001, Van Parijs y Corkeron, 2001; Lusseau 2003, 2004, 2006; Bejder *et al.* 2006a, 2006b; Stensland y Berggren 2007).

En el 2018 Machernis *et al.* realizaron una revisión de la literatura sobre evaluaciones del impacto del turismo dirigido a mamíferos marinos durante los años 2000 y 2015, observando dentro de los principales efectos en el comportamiento las alteraciones en los presupuestos conductuales (tiempo que dedica un animal a varios comportamientos), mencionando que en la mayoría de los estudios se encontraron patrones de disminución de las actividades de búsqueda de alimento y descanso, así como un aumento del comportamiento de desplazamiento, probablemente como una de táctica de evasión (Christiansen *et al.*, 2010; Lusseau, 2003, 2004; Arcangeli y Crosti, 2009). Los cambios en los presupuestos conductuales pueden afectar la energía de los animales trayendo repercusiones específicas a largo plazo para la salud y la supervivencia, por lo que las consecuencias se vuelven mayores a medida que la población disminuye y la presión del turismo permanece constante (Lusseau *et al.* 2006). Aunado a lo anterior, existen varios factores que pueden influir en las respuestas de comportamiento de los animales a las embarcaciones, como la estructura social de los organismos, el número y el tipo de las embarcaciones, o la distancia y métodos de aproximación de la embarcación (Machernis *et al.*, 2018). Debido a lo anterior, en muchas regiones del mundo, estas prácticas vienen acompañadas por regulaciones para asegurar que se lleven a cabo de manera correcta causando la menor perturbación posible en las poblaciones objetivo.

En lo que respecta a México, nuestro país se ha perfilado como uno de los principales destinos para la observación de ballenas en el mundo. Actividad que se lleva a cabo en mayor medida, en las costas de Baja California y Baja California Sur, siendo las Lagunas Ojo de Liebre y San Ignacio, en la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno, considerados ejemplos de buenas prácticas de observación de ballenas (Hoyt, 2011; IWC, 2018). Esta actividad está regulada por la Norma Oficial Mexicana 131, cuyo objetivo es minimizar el impacto negativo de la actividad humana sobre misticetos y cachalotes. Para ello marca lineamientos y especificaciones relativas al número de embarcaciones, las distancias mínimas y las velocidades de las embarcaciones durante la actividad (DOF, 2011). Sin

embargo, referente a cetáceos de pequeña talla no existe una Norma Oficial dentro de la legislación mexicana que regule la observación y nado con especies silvestres, tampoco se han realizado investigaciones específicas para conocer el impacto a corto, mediano y largo plazo de estas actividades (Urbán y Vilorio-Gómora, 2021), las cuales se sabe que ocurren con regularidad en diferentes puntos del país, siendo el Caribe Mexicano uno de ellos (Castelblanco-Martínez *et al.*, 2019).

### **2.2.1 Turismo de observación en el Caribe Mexicano**

Uno de los lugares mejor conservado en la región del Caribe Mexicano, donde se ofrece tener contacto con la naturaleza, es el Complejo Sian Ka'an (Mazzotti *et al.*, 2005). Aunque la principal actividad económica que se desarrolla en las comunidades cercanas a la costa es la pesquera, se tienen registros de visitantes desde 1996, comenzándose a desarrollar el turismo en esta área, por lo que hoy en día existen ocho sociedades cooperativas y siete empresas particulares autorizadas para la realización de varias actividades turísticas dentro del Complejo (Arellano-Guillermo, s.f.), lo que ha desencadenado un aumento en el tránsito de embarcaciones dedicadas a estas actividades (Mazzotti *et al.*, 2005).

En lo que respecta a la observación turística de toninas, no se ha registrado de manera formal cuándo comenzó a ofertarse, sin embargo, se sabe que se realiza con regularidad, principalmente en la comunidad de Punta Allen (Castelblanco-Martínez, 2018; Castelblanco-Martínez *et al.*, 2019). Fue hasta el 2018, que como parte del Programa de Monitoreo de la Megafauna Acuática (PROMMAC) se hace una primera evaluación de esta actividad, documentándose prácticas inadecuadas por parte de las embarcaciones, entre ellas, aproximaciones directas al grupo de toninas sin respetar una distancia prudente, así como el alto número y tiempo de permanencia de las embarcaciones (Castelblanco *et al.*, 2019). Por lo que, derivado de esta problemática, investigadores del PROMMAC propusieron la implementación de reglas básicas de observación responsable de mamíferos marinos, incluyendo tanto a las toninas como a los manatíes (*Trichechus manatus*; Castelblanco-Martínez, 2018).

Los lineamientos de estas reglas están basados en las guías de mejores prácticas de observación de mamíferos marinos desarrolladas dentro del

Protocolo relativo a las Áreas y Vida Silvestres Especialmente Protegidas (SPAW) (UNEP, 2016). La propuesta de las reglas fue expuesta a dialogo con los operadores turísticos, por lo que las especificaciones de los lineamientos fueron resultado de su consenso, para posteriormente ser validados por especialistas de la Red de Preservación de Mamíferos Marinos del Caribe (CARI'MAM) y finalmente aprobados por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) para su uso dentro del Complejo Sian Ka'an (Castelblanco-Martínez, 2018), sin embargo estas reglas aún carecen de validez oficial que conlleve consecuencias legales para los infractores.

Dentro de estos lineamientos se especifican tres zonas importantes a considerar durante la observación turística (Figura 2):

- 1) Zona de no acercamiento (ZNA): se refiere a la zona que se encuentra detrás y delante del grupo o individuo y la cual no debe ser ocupada. No se debe obstaculizar la dirección de desplazamiento de un animal o grupo, ni realizar acercamientos directos desde la parte trasera.
- 2) Zona de observación (ZO): Es la zona que ocupará la embarcación que se encuentra observando al grupo, a una distancia máxima de 30 m con respecto al punto central del grupo o individuo avistado. El máximo número de embarcaciones permitidas en esta zona es de tres. La velocidad de llegada o de retirada no puede superar los 10 km/h y la distancia debe ser de 200 m con respecto al punto central del grupo o individuo avistado.
- 3) Zona de espera (ZE): zona en la que esperarán las embarcaciones que están formadas para la observación.



**Figura 2. Zonas de observación de delfines, propuestas en los lineamientos de observación de mamíferos marinos en Sian Ka'an.**

Asimismo, se menciona que se deben evitar los acercamientos rápidos y la aceleración repentina del motor, nunca hacerlo completamente por detrás ni de frente. El tiempo de permanencia para una embarcación no deber ser mayor 10 minutos. Si un individuo o grupo de delfines se aproxima a la embarcación, esta podrá permanecer con el motor encendido en posición neutral, ya que ayuda a que los animales ubiquen las embarcaciones y se eviten colisiones. Una vez que las toninas se retiren de la zona, se podrá partir a baja velocidad (Castelblanco-Martínez, 2018).

### 2.3 Herramientas de monitoreo: Vehículos aéreos no tripulados

En la última década, los drones, también conocidos vehículos aéreos no tripulados (**UAV**, por sus siglas en inglés, *Unmanned Aerial Vehicles*) han sido objeto de un interés creciente tanto en la esfera civil como científica, convirtiéndose en una tendencia importante en la investigación y el monitoreo de la vida silvestre (Koh y

Wich, 2012; Lahoz-Monfort y Magrath, 2021). Los UAVs son controlados a distancia y están equipados con cámaras de alta resolución y GPS, siendo herramientas que ofrecen una alternativa segura, económica y fácil de usar (Hodgson, 2013; Raoult *et al.*, 2020).

El uso de UAVs en el estudio y conservación de los mamíferos marinos ha ampliado enormemente nuestra visión de este grupo de animales (Mann y Würsig, 2014). En el caso del estudio del comportamiento, los videos obtenidos con drones son ventajosos ya que se pueden observar en repetidas ocasiones y codificar el comportamiento de diferentes individuos por separado. Además, las imágenes recopiladas por los UAV ayudan a los investigadores a revisar y recuperar datos que podrían haberse perdido o no ser muestreados en el campo (Hodgson, 2013).

Por otro lado, la aplicación de estas herramientas va más allá de su utilidad en el estudio del comportamiento, ya que han sido empleados para monitorear la presencia de animales (Jones *et al.*, 2006; Goebel *et al.*, 2015; Moreland *et al.*, 2015), estimaciones de abundancia (Hodgson *et al.*, 2013; Sweeney *et al.*, 2016), foto-identificación (Koski *et al.*, 2015; Landeo *et al.*, 2020), fotogrametría (Durban *et al.*, 2015; Goebel *et al.*, 2015; Christiansen *et al.*, 2016; Ramos *et al.*, 2022) y recolección de muestras de aliento para monitorear la salud (Acevedo-Whitehouse *et al.*, 2010). Sin embargo, su uso en la evaluación del impacto de actividades turísticas en cetáceos apenas ha comenzado a ser explorado.

En el 2019, Fiori realiza la primera evaluación de las respuestas de comportamiento de las ballenas jorobadas al acercamiento de embarcaciones y nadadores en Vava'u, Reino de Tonga, utilizando un UAV para recopilar datos de estas interacciones. Sus hallazgos apoyan la idea de que los UAV representan una herramienta innovadora y eficaz para perfeccionar los métodos de investigación convencionales de cetáceos (Fiori, 2019; Fiori *et al.*, 2020). Desde un abordaje de gestión y conservación, los estudios con drones pueden proporcionar una mejor perspectiva en la medición de los impactos antrópicos en poblaciones de cetáceos objetivo, generando medidas de gestión más apropiadas (Fettemann *et al.*, 2022). Por lo tanto, su uso requiere evaluaciones específicas que permitan desarrollar protocolos de vuelo diseñados de acuerdo con las necesidades de recopilación de datos y con las regulaciones locales, minimizando los sesgos debidos al método (Christiansen *et al.*, 2016; Ramos *et al.*, 2018).

### III. JUSTIFICACIÓN

El Complejo Sian Ka'an (CSK) posee gran relevancia biológica, cultural, científica y recreativa, pues ofrece importantes oportunidades para la realización de actividades educativas, así como actividades lúdicas y turísticas (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2014), sin embargo, es importante asegurar que este tipo de actividades no sean contradictorias a la conservación de la naturaleza.

Dentro de las actividades turísticas realizadas dentro del CSK están los recorridos de observación dirigidos a toninas (*Tursiops truncatus*). Investigaciones anteriores documentaron que estas prácticas aún no están del todo reguladas y se cree que el impacto potencial sobre el delfín es negativo, pero en gran parte desconocido (Castelblanco-Martínez, 2018 y 2019). Por lo tanto, es importante implementar estrategias de monitoreo e investigación que se centren en evaluar la actividad turística y su posible impacto en los organismos objetivo, fomentando su práctica sustentable.

## IV. OBJETIVOS

### 4.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de la actividad de observación turística en el comportamiento de las toninas (*Tursiops truncatus*) en la Bahía de la Ascensión, en el Complejo Sian Ka'an, usando drones como herramienta de recopilación de datos.

#### 4.1.1 Objetivos particulares

- 1) Generar un protocolo para el uso de drones en el monitoreo de la actividad turística dirigida a cetáceos de pequeña talla en el Complejo Sian Ka'an.
- 2) Caracterizar la actividad de observación turística a partir de la tasa de cumplimiento de las reglas sugeridas.
- 3) Determinar el estado de comportamiento, la dispersión y la dirección de las toninas durante la observación turística

## V. METODOLOGÍA

### 5.1 Área de estudio

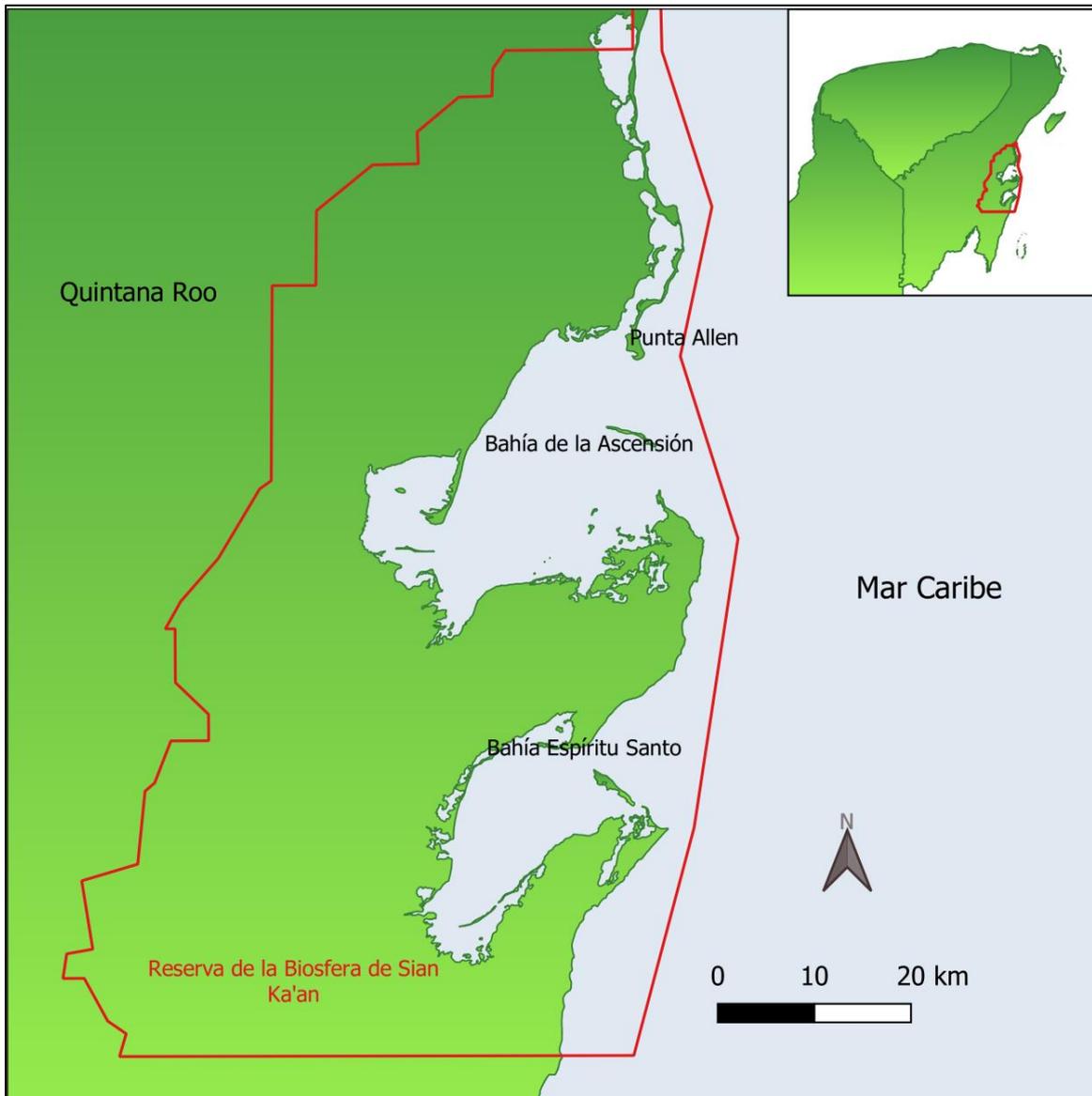
El Complejo Sian Ka'an (CSK), localizado en la zona costera central del estado de Quintana Roo, en la porción oriental y caribeña de la Península de Yucatán, en los municipios de Tulum, Felipe Carrillo Puerto y Othon P. Blanco. Posee una superficie total de más de 652 000 ha y está constituido por el Área de Protección de Flora y Fauna Uaymil, la Reserva de la Biósfera de Arrecifes de Sian Ka'an, y la Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an. Esta última comprende las lagunas costeras Bahía Espíritu Santo (sur) y Bahía de la Ascensión (norte) (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2014; Figura 3).

El clima de la reserva es del tipo cálido subhúmedo con lluvias en verano. La precipitación anual fluctúa entre 1100 y 1200 mm; 70% ocurre entre los meses de mayo a octubre y el restante durante el periodo de sequía. El clima presenta dos variantes: el clima Aw2 (x') que es el más húmedo, se localiza al norte; y el clima Aw1 (x') que es más seco, al sur, y el periodo de ciclones va de junio a noviembre. No existen ríos; el agua que recibe el suelo se filtra rápidamente y de la misma manera sale hacia el mar; en las partes bajas pueden aflorar lagunas someras o zonas inundables durante la época de lluvias (CONABIO, s. f.).

Durante esta época la mayor parte de la porción terrestre de la reserva se inunda debido a que ocupa una planicie calcárea parcialmente emergida que desciende gradualmente hacia el mar, formando un gradiente de sitios secos a inundables. En este gradiente se desarrollan las selvas medianas, selvas bajas, marismas y manglares, lagunas de agua dulce, salobres, zonas oceánicas someras y arrecifes coralinos, conformando un complicado sistema hidrológico con una notable diversidad de ambientes y de vida silvestre (Arellano-Guillermo, s.f.).

La Bahía de la Ascensión puede considerarse como un ecosistema estuarino ya que existe un gran aporte de agua dulce por los canales de marismas y los manantiales que se localizan en el fondo. El suelo está compuesto por rocas, grava, limo y pastos marinos. Se encuentra separada del mar por una gran barrera arrecifal y un canal principal de flujo de marea en la parte norte. Tiene una longitud de la boca hacia el fondo de 28 km y anchura promedio de 25 km, la profundidad

promedio es de 3 m y la máxima de 6 m en el canal de marea entre Punta Allen y Cayo Culebra (Ortega-Ortiz, 1996). La temperatura superficial de la laguna varia de 24.5°C a 29° C (Zacarías-Araujo, 1992).



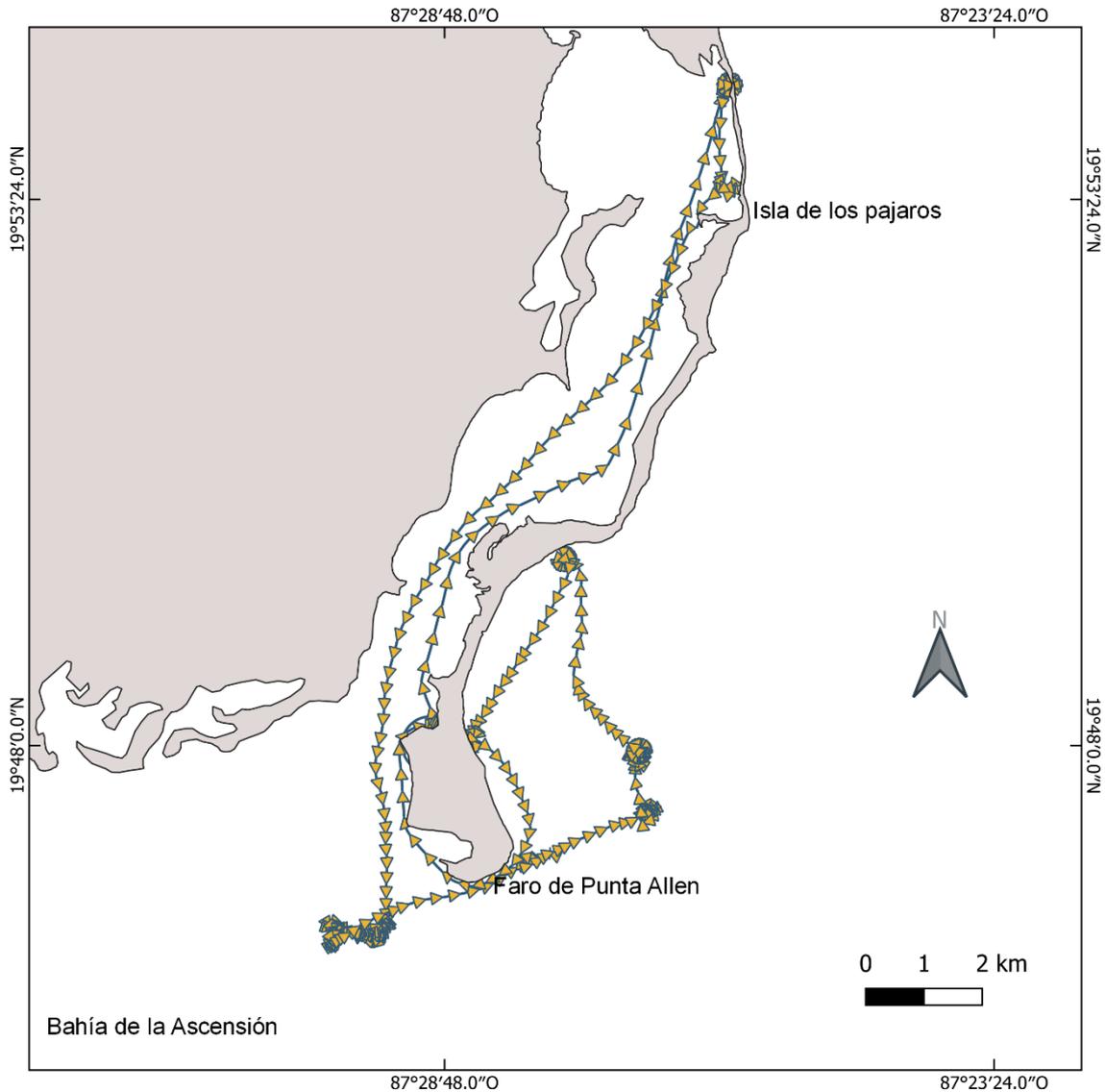
**Figura 3. Mapa de la ubicación del área de estudio dentro de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an en Quintana Roo, México.**

## 5.2 Colecta de datos

### 5.2.1 Avistamientos

La colecta de datos se llevó a cabo entre septiembre del 2021 y enero de 2022. El punto de partida para los recorridos en embarcación de investigación en busca de toninas fue la comunidad de Punta Allen, ubicada al norte de la Bahía de la Ascensión (Figura 3), en donde las prácticas de observación turística se hacen con regularidad (Castelblanco-Martínez, 2018 y 2019; Susano-Romero, 2020).

Los avistamientos se realizaron en una embarcación de 23 pies con motor fuera de borda de 60 HP. La búsqueda de toninas comenzó a la hora de la salida de los tours de observación, siguiendo una ruta similar a ellos, desde la localidad de Punta Allen hacia las lagunas, a la altura de la “Isla de los Pájaros”, y posteriormente hacia la bahía de la Ascensión rodeando el Faro de Punta Allen (Figura 4). La detección de toninas se hizo de manera visual, considerando como evento de avistamiento la detección de un individuo, o varios individuos en asociación aparente (Shane, 1990). Una vez detectadas las toninas la embarcación de investigación se aproximó a distancia prudente (50-100 metros) manteniéndose paralela al individuo o grupo, con el fin de minimizar el impacto del bote de investigación (e.g. Christiansen *et al.*, 2010, May-Collado *et al.*, 2014). Se recopilaron datos como fecha, hora, lugar, posición geográfica, condiciones climáticas, número de individuos, composición grupal (adultos, jóvenes, crías) (Shane, 1990; Castelblanco-Martínez, 2018 y 2019) en formatos de muestreo (Anexo 1).



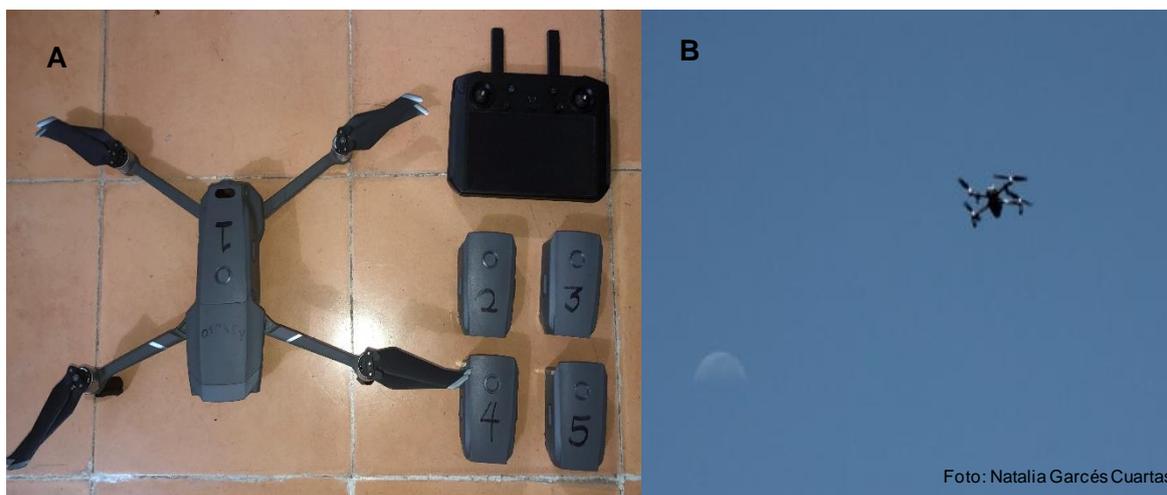
**Figura 4. Ruta de las embarcaciones de turísticas en busca de toninas, misma ruta seguida por la embarcación de investigación**

### **5.2.2 Comportamiento de toninas y embarcaciones**

La recolección de los datos de comportamiento, tanto de toninas como de embarcaciones, se realizó de manera visual desde la embarcación de investigación y utilizando un dron cuadricóptero (DJI Mavic 2 pro) equipado con una cámara de 12.4 MP y con cuatro baterías adicionales, controlado a distancia desde la embarcación por un control remoto (DJI Smart Controller) (Figura 5 A). Una vez ubicado el grupo de toninas bajo observación turística, el dron fue elevado solo cuando las condiciones climáticas fueron favorables (velocidad del viento

menor a 30 km hr<sup>1</sup>, sin lluvia) y en ausencia de aves volando bajo en la zona (Figura 5 B). La altitud de vuelo se mantuvo entre 50 y 100 metros para evitar perturbaciones causadas por el método y lograr una buena visibilidad de las embarcaciones y las toninas involucradas. El tiempo de grabación dependió de las baterías y del estado del clima (entre 10 y 15 minutos de video por batería).

Para la colecta de datos de comportamiento de las embarcaciones, se consideró como Evento de Observación Turística (EOT) cada ocasión en que una embarcación o grupo de embarcaciones llegó a la zona para observar un mismo individuo o grupo de toninas. Ya que la actividad es generalmente realizada por grupos de embarcaciones que se desplazan juntas, entonces se consideró como otro EOT si una embarcación o embarcaciones permanecían en área más tiempo que las demás o se desplazaba de manera independiente al resto. Para cada EOT se registró en la hoja de colecta, el tipo de llegada y el tipo de retirada (pasiva o directa) de las embarcaciones, el tiempo de permanencia, número de embarcaciones, la distancia al grupo de toninas y en lo posible la velocidad (Anexo 1).



**Figura 5. A) Dron cuadricóptero (DJI Mavic 2 pro) utilizado para la colecta de datos. B) Dron elevado durante las salidas a campo.**

En cuanto la determinación del estado de comportamiento de las toninas desde la embarcación de investigación, se siguió el método de comportamiento predominante del grupo focal, el cual consiste en definir la actividad de grupo basándose en una evaluación de lo que la mayoría de los individuos (> 50%) están realizando, la evaluación se hizo de forma continua (Altmann, 1974; Mann, 1999).

Para esto se tomaron en cuenta cuatro estados de comportamiento principales: socialización, alimentación, descanso y desplazamiento (Tabla 1; Shane, 1990; Christiansen *et al.*, 2010; Kassamali-Fox *et al.*, 2020).

**Tabla 1. Estados de comportamiento de acuerdo con Shane (1990).**

Estado	Descripción
Alimentación	Salidas a superficie rápidas y energéticas, frecuentes cambios de dirección, persecución de peces, o individuos con peces en la boca. Inmersiones de pedúnculo y de cola (lo que 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 lentas.
Desplazamiento	Movimiento constante en una dirección

### 5.3 Análisis de datos

#### 5.3.1 Caracterización de la actividad turística de observación de toninas

Utilizando tanto los registros tomados desde la embarcación de investigación como las grabaciones con dron, se caracterizó el comportamiento de las embarcaciones considerando cinco rubros principales, con base en los lineamientos sugeridos de observación responsable:

- 1) Número de embarcaciones por EOT arribando a la zona de observación: máximo tres embarcaciones
- 2) Distancia al grupo de delfines: acercamiento máximo de 30 m
- 3) Tiempo de permanencia: máximo 10 minutos
- 4) Arribo: Pasivo (baja velocidad, sin invadir la zona de no acercamiento)
- 5) Retirada: Pasiva (baja velocidad, sin invadir la zona de no acercamiento)

Los videos de dron fueron analizados con el objeto de evaluar los puntos antes mencionados utilizando el visor multimedia VCL Media Player ver. 3.0.16 para Windows 11, mediante el cual se extrajeron fotogramas de los videos y utilizando el programa ImageJ (Schneider *et al.*, 2012) se pudo aproximar y categorizar la distancia de las embarcaciones a las toninas en cada EOT usando

como distancia de referencia la longitud de las embarcaciones turísticas empleadas para dicha actividad (7 y 7.6 m).

Cada EOT se evaluó y se le asignó un nivel o categoría de acuerdo con el número de rubros cumplidos (Tabla 2). Posteriormente se calculó la proporción de EOT's ubicados en cada categoría, así como el porcentaje general de EOT's que cumplieron a totalidad con los lineamientos (Whitt y Read, 2006). Los análisis estadísticos se realizaron con el programa RStudio 2021.09.1 (RStudio Team, 2021) y con el paquete para graficar "ggplot2".

**Tabla 2. Categorías de los eventos de observación turística de acuerdo con el cumplimiento de los lineamientos propuestos.**

Categoría	Descripción
Cumple	Cumple con todos los rubros
No cumple nivel 1	No cumple con 1 o 2 rubros
No cumple nivel 2	No cumple con 3 o 4 rubros
No cumple nivel 3	No cumple con ningún rubro

Se identificaron las zonas y la hora del día donde ocurrieron la mayoría de los avistamientos de toninas bajo observación turística, generando un mapa de distribución de los avistamientos utilizando el programa de código abierto QGIS 3.16.11 (QGIS Development Team, 2021) y añadiendo datos batimétricos disponibles para la zona, descargados del portal de Geoinformación de la CONABIO (Cerdeira-Estrada *et al.*, 2018).

### **5.3.2 Comportamiento de toninas**

Los comportamientos pueden clasificarse como eventos o estados, los eventos son instantáneos mientras que los estados tienen duraciones medibles (Altmann, 1974). Tanto estados como eventos pueden ser representados en etogramas, donde son enlistados junto con su descripción y referencias, para posteriormente ser utilizados en los análisis de comportamiento. Behavioral Observation Research Interactive Software (BORIS; Friard y Gamba, 2016) es un programa independiente y gratuito de código abierto que permite configurar un entorno de codificación de comportamiento aplicado a diferentes especies y situaciones, basado en videos grabados previamente u observaciones en vivo. Cada proyecto

puede contener un conjunto de observaciones, indicar variables independientes y los sujetos a evaluar, así como establecer un etograma que se puede personalizar asociando una tecla para cada evento y estado comportamental que se desea codificar, también se puede agregar sets de modificadores para indicar o asignar ciertos atributos a los comportamientos y clasificarlos en determinadas situaciones, además es posible agregar una matriz de exclusión para que el comienzo de un evento o estado corresponda con el final de otro, lo cual facilita la codificación (Friard y Gamba, 2016). Para el análisis del comportamiento de las toninas durante la actividad turística se seleccionaron aquellos avistamientos con video de dron con duración mayor a 15 minutos, con el fin de analizar los seguimientos más prolongados, posteriormente con las secuencias de video seleccionadas se creó una observación por día dentro de un mismo proyecto en BORIS (Friard y Gamba, 2016) cuyo etograma incluyó tanto los cuatro estado de comportamiento principales (Alimentación, Descanso, Social y Desplazamiento), y eventos comportamentales como respiraciones, cambios de dirección, cambios de velocidad y cambios de cohesión (Anexo 2). Los videos fueron visualizados y mediante tres sets de modificadores se indicó si el estado o evento ocurría en una situación de cumplimiento o no cumplimiento de las reglas de observación responsable (Tabla 3).

**Tabla 3. Sets de modificadores aplicados en el análisis de comportamiento en BORIS (Friard y Gamba, 2016).**

Set	Modificadores	Descripción	Evento o estado al que se le aplica el modificador
<b>Niveles de impacto</b>	Menor impacto	Cumple (< 3 embarcaciones)	Estados: Socialización, descanso, alimentación y desplazamiento
	Mayor impacto	No cumple (> 3 embarcaciones)	Estados: Socialización, descanso, alimentación y desplazamiento
<b>Número de botes</b>	Cumple	De 1 a 3 embarcaciones presentes	Eventos: Respiraciones, cambios de velocidad y dirección, cohesión y dispersión
	No cumple	> 3 embarcaciones presentes	Eventos: Respiraciones, cambios de velocidad y dirección, cohesión y dispersión
<b>Distancia al grupo de toninas</b>	Cumple	> 30 metros	Eventos: Respiraciones, cambios de velocidad y dirección, cohesión y dispersión
	No cumple	< 30 metros	Eventos: Respiraciones, cambios de velocidad y dirección, cohesión y dispersión

### Estados de comportamiento

Para determinar los estados de comportamiento utilizando los videos de dron durante el análisis en BORIS se aplicó un muestreo instantáneo, mediante el cual cada tres minutos se determinó el estado predominante de grupo focal (Mann, 1999). Debido a que no se obtuvieron registros sin embarcaciones turísticas, se asumió una situación de menor impacto cuando había tres o menos embarcaciones, y una situación de mayor impacto cuando había más de tres embarcaciones presentes. Dichas condiciones fueron indicadas por un set de modificadores (Tabla 3). Posteriormente, se generó un resumen de los resultados utilizando la función “Total budget” dentro del programa BORIS, el cual contabiliza la duración promedio de cada comportamiento ya sea de manera general o considerando los modificadores (situaciones de impacto). De esta manera, mediante una prueba de Chi-cuadrada se evaluó si existían diferencias estadísticamente significativas entre la duración promedio de cada estado comportamental entre las situaciones de menor y mayor impacto.

### Eventos comportamentales

Se contabilizaron los intervalos entre respiraciones (IER), es decir los tiempos de buceo, tanto en situaciones de cumplimiento y como no cumplimiento de las reglas de observación de acuerdo con los modificadores de la Tabla 3, y se aplicó una prueba de ANOVA para conocer si existían diferencias significativas entre las situaciones. Posteriormente se utilizó una prueba de ANCOVA para evaluar el efecto de tres factores en los IER, la distancia entre embarcaciones y toninas (mayor a 30 metros y menor a 30 metros), el número de embarcaciones y el estado de comportamiento.

También se contabilizó la ocurrencia de los cambios de dirección del nado de las toninas, los cambios de velocidad, y los cambios en la cohesión categorizándola como cohesión alta o dispersión baja, cohesión o dispersión media y cohesión baja o formación de subgrupos, de acuerdo con la distancia entre individuos (Fettermann *et al.*, 2022; Anexo 2). Posteriormente las ocurrencias de cambio fueron comparadas entre las situaciones de cumplimiento y no cumplimiento de acuerdo con los modificadores asignados mediante una

prueba de Chi-cuadrada. Todos los análisis estadísticos fueron llevados a cabo dentro del programa RStudio 2021.09.1 (RStudio Team, 2021).

#### **5.4 Protocolo de uso de drones para evaluar la actividad turística de observación de toninas**

Uno de los objetivos del presente trabajo fue generar una guía para el uso de drones en el monitoreo de la actividad turística de observación de cetáceos de pequeña talla, esto con el fin de tener herramientas que faciliten la evaluación y vigilancia del cumplimiento de las reglas de observación responsable y sus posibles efectos en el comportamiento de las especies objetivos. Por lo tanto, a continuación, se presentan los pasos principales a seguir para el uso de este equipo, resultado de las experiencias durante la colecta de datos (Figura 6).

1. *Planificación y preparación:* En esta fase es indispensable conocer el equipo con el que se cuenta, tanto funciones como limitaciones, así como el área en la cual se llevara a cabo el estudio, ya que en cada país existen diferentes regulaciones que limitan el uso de drones en ciertas áreas. Dentro de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, está prohibido volar vehículos aéreos no tripulados, por lo que se solicitaron los permisos necesarios para su uso con fines científicos.

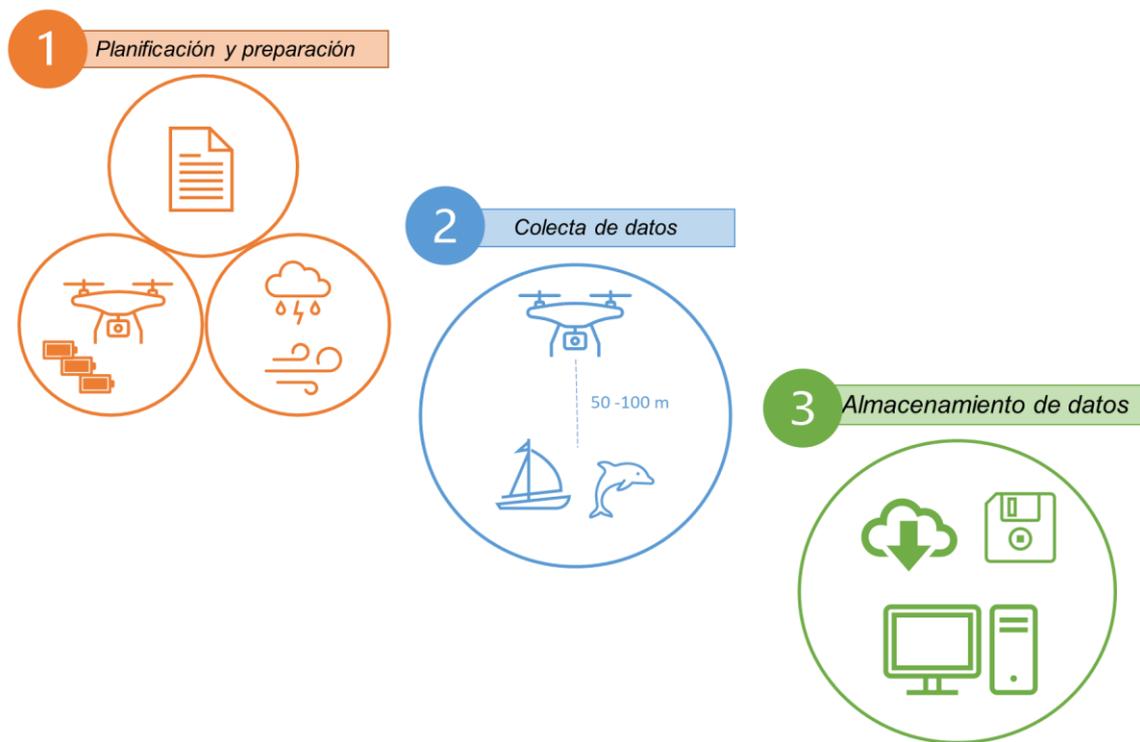
Entre las consideraciones generales previas a la colecta podemos mencionar tres principales:

- Consideraciones técnicas: es recomendable realizar una lista de comprobación en la cual incluyamos todos los accesorios necesarios para el uso del dron, como baterías y memorias microSD disponibles, el tipo de dispositivo de visualización (tablet, celular, control remoto), piezas de repuesto, cables, cargadores de batería, maletín adecuado para su transportación, etc. De igual manera, corroborar que el firmware del dron y la aplicación del vuelo estén actualizados, así como los sistemas del dron calibrados (brújula y sensores).
- Vuelos de prueba: realizar varias pruebas de vuelo en la zona de estudio para corroborar que no existan errores en el sistema que pudieran interferir al momento de la colecta de datos. Esto también facilitara el

reconocimiento de la zona, así como la planeación del despegue y aterrizaje.

- Monitoreo de las condiciones climáticas: tener en cuenta en todo momento las condiciones ambientales durante la época en la que se realizara el trabajo de campo. Evitar volar con vientos fuertes, en el caso de drones pequeños, velocidades del viento mayores a 30 km hr<sup>1</sup>, así como bajo la lluvia y durante la noche. Considerar la presencia de aves en la zona, ya que en algunas ocasiones estas pueden representar un obstáculo para el vuelo libre del dron.
2. *Colecta de datos:* Si el vuelo se realizará desde una embarcación, se recomienda contar con un despegue y aterrizaje asistido, es decir, contar con una segunda persona que este apoyando en la observación y monitoreo de las condiciones externas durante el vuelo, siempre en comunicación con el piloto y el capitán de la embarcación. Antes del despegue revisar que la batería del control y el dron estén al 100%, corroborar el funcionamiento del GPS y establecer como punto de retorno el control remoto, y en caso de desconexión o interferencia de la señal establecer que el dron quede suspendido en el aire hasta que se reanude la conexión, esto evitara que el dron aterrice en el agua.
- Una vez que se haya identificado la situación de interacción turística elevar el dron a una altura que permita tener un campo de visión amplio, entre 50 y 100 m (dependiendo del número de embarcaciones en la zona), comenzar a grabar el video desde el momento del despegue. Monitorear el estado de la batería y las condiciones climáticas constantemente y, si es posible, ubicar visualmente la posición del dron en el cielo. Durante el seguimiento de la actividad, el dron estará desplazándose de acuerdo con el movimiento de las toninas y las embarcaciones, por lo que es importante considerar la batería suficiente para el regreso y aterrizaje seguro (35-25%).
3. *Almacenamiento de datos:* Una vez terminado el día de colecta, vaciar el contenido multimedia de la microSD en un disco externo con suficiente

memoria para almacenar todos los videos y fotos colectadas, así como los registros de vuelo. Una vez realizado esto, limpiar la memoria microSD y colocarla dentro del dron, posteriormente cargar las baterías y el control remoto para que el equipo quede listo para el siguiente día de colecta.



**Figura 6. Pasos principales en el uso de drones para el monitoreo de la actividad turística de observación de toninas.**

## VI. RESULTADOS

Se realizaron cuatro salidas al campo entre los meses de septiembre y noviembre de 2021 y enero de 2022, correspondientes a temporada de lluvia y nortes, con una duración total de 35 días efectivos de campo (una navegación por día), realizando 19 navegaciones en temporada de lluvias y 16 en temporada de nortes. Se registraron 47 avistamientos de toninas y se describieron 323 eventos de observación turística (EOT). El tiempo total de esfuerzo de muestreo, es decir, el tiempo de búsqueda toninas y de colecta de datos fue de 89 horas con 10 minutos, y el tiempo de observación de toninas con embarcaciones turísticas fue de 50 horas con 41 minutos, de las cuales, 13 horas y 20 minutos se sobrevoló y grabo con dron (Tabla 4).

**Tabla 4. Esfuerzo de campo y número de avistamientos de delfines en el CSK.**

Mes	Días efectivos de muestreo (navegación por día)	Temporada	Tiempo de esfuerzo hrs:mín	Número de avistamientos de toninas	EOT	Tiempo de observación turística hrs:mín	Tiempo de grabación hrs:mín
Septiembre 2021	9	Lluvia	18:04	7	27	7:22	02:10
Octubre 2021	10	Lluvia	26:27	18	74	14:30	04:40
Noviembre 2021	10	Norte	30:54	14	152	18:18	03:25
Enero 2022	6	Norte	13:41	8	70	10:15	02:57
<b>Total</b>	<b>35</b>		<b>89:06</b>	<b>47</b>	<b>323</b>	<b>50:41</b>	<b>13:20</b>

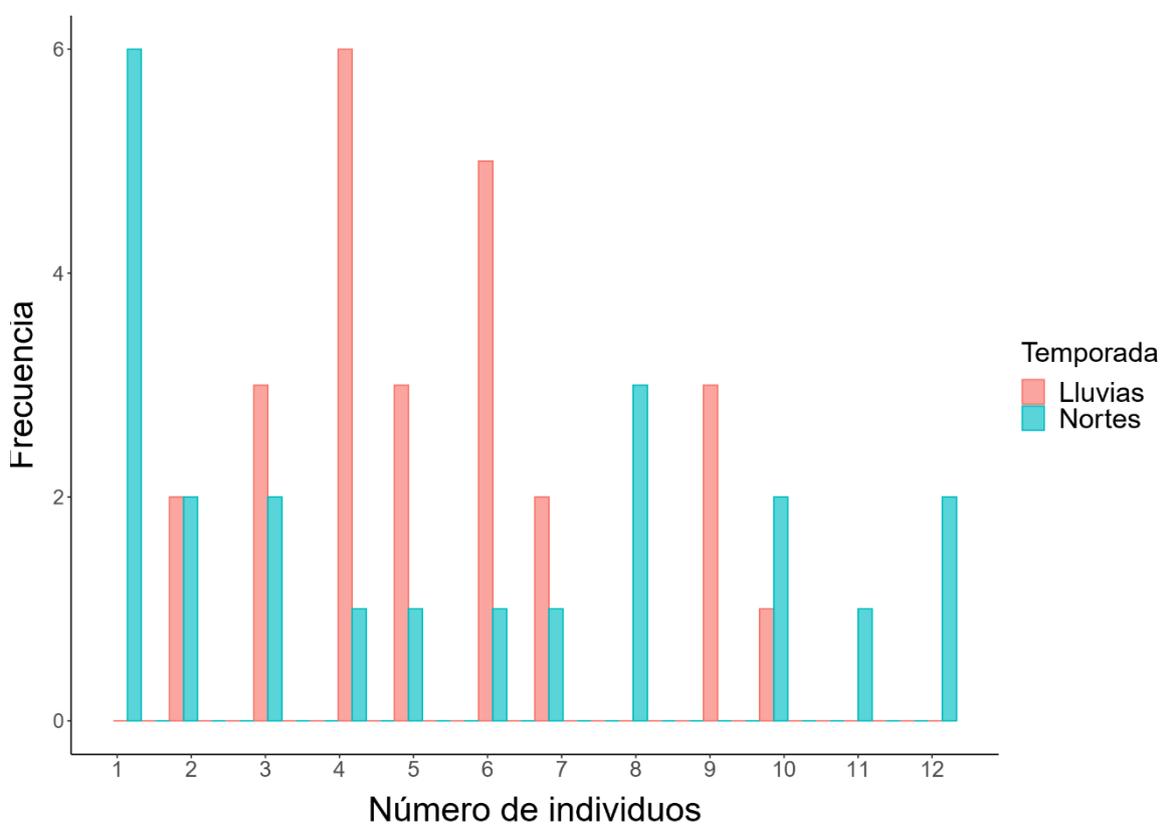
### Tamaño y composición grupal

Se avistaron un total de 250 individuos, de los cuales 89% fueron adultos, 3% jóvenes y 8% crías (Anexo 3). Asimismo, el número de toninas registrado en temporada de lluvia fue mayor a la temporada de nortes (Tabla 5). El tamaño grupal promedio durante el tiempo de muestreo fue de 5.3 individuos ( $D.E.=3.14$ ,  $N=47$ ), mientras que el tamaño grupal por avistamiento varió de uno a 12 individuos, siendo más frecuente avistar grupos de cuatro y seis individuos en temporada de lluvias, mientras en temporada de nortes fue más frecuente avistar un individuo, sin embargo, sólo en esta temporada se observaron grupos arriba de 10 individuos (Figura 7). En la Figura 8 se puede observar que los grupos más

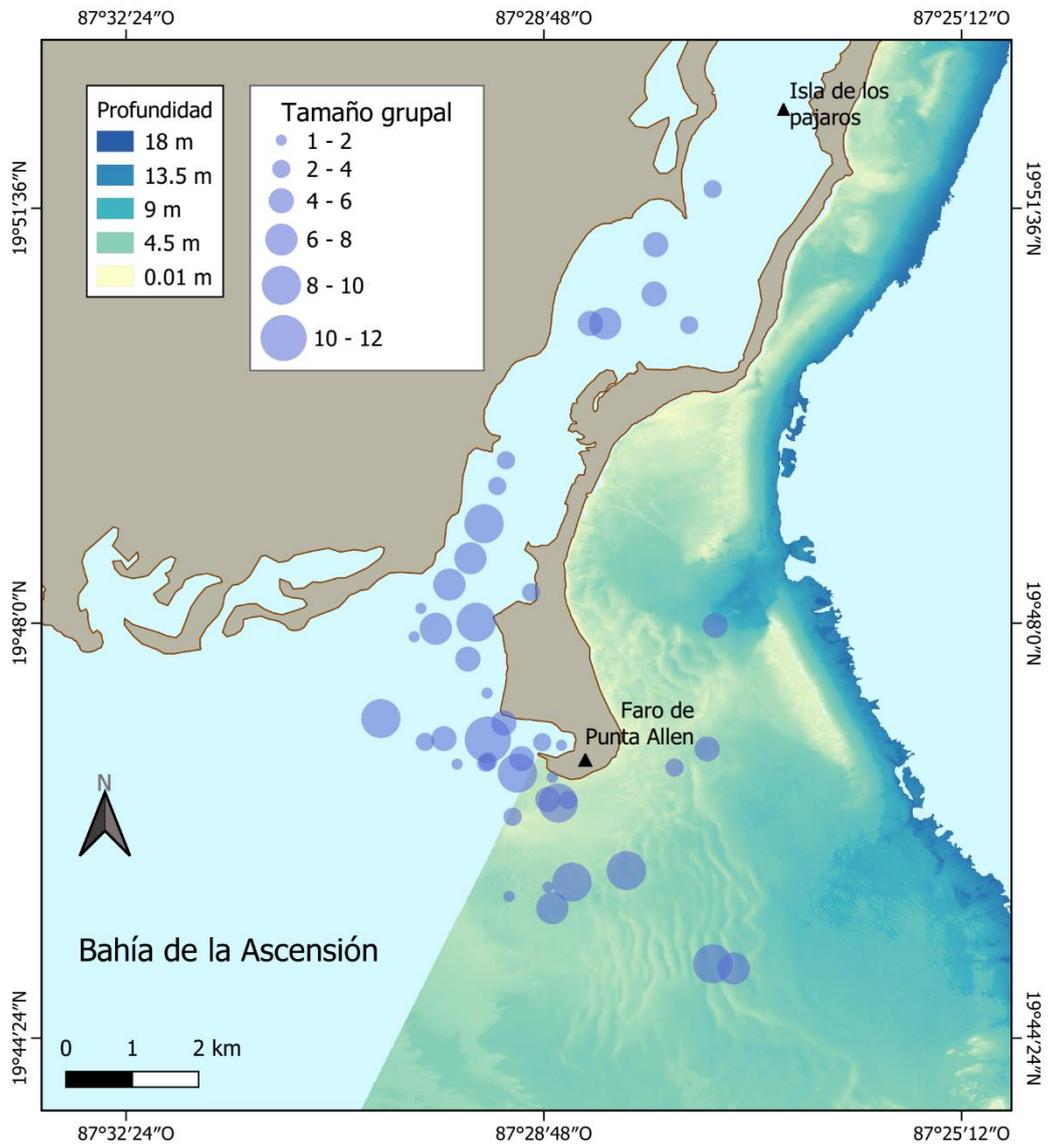
grandes (6-12 individuos) se encontraron mayormente alrededor del Faro de Punta Allen, a la entrada de las Lagunas, y a pesar de que no se encontraron datos batimétricos completos para toda la bahía y la zona de lagunas, la profundidad promedio del área de estudio no es mayor a los 4 metros.

**Tabla 5. Número de individuos avistados por temporada.**

Temporada	Tiempo de esfuerzo hrs:mín	Categoría	Número de individuos	Proporción (%)	Total
Lluvias	44:31	Adultos	121	91	133
		Jóvenes	5	4	
		Crías	7	5	
Nortes	44:35	Adultos	101	86	117
		Jóvenes	3	3	
		Crías	13	11	



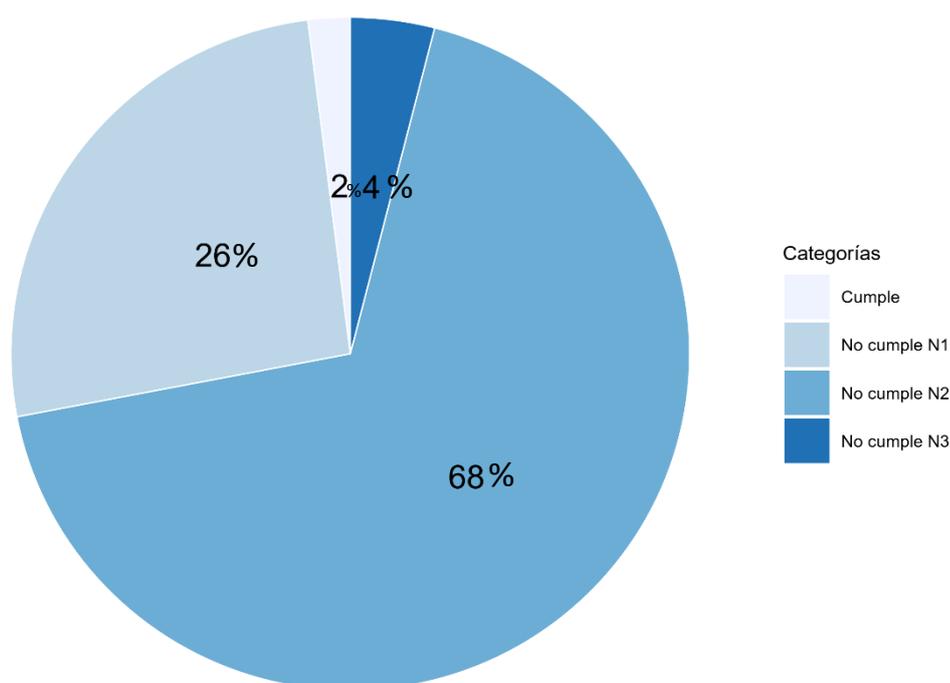
**Figura 7. Frecuencia del tamaño grupal de toninas por temporada.**



**Figura 8. Distribución de los avistamientos de toninas en el área de estudio de acuerdo con el tamaño grupal y la batimetría disponible para la zona.**

### 6.1 Caracterización de la actividad turística y cumplimiento de las reglas de observación responsable.

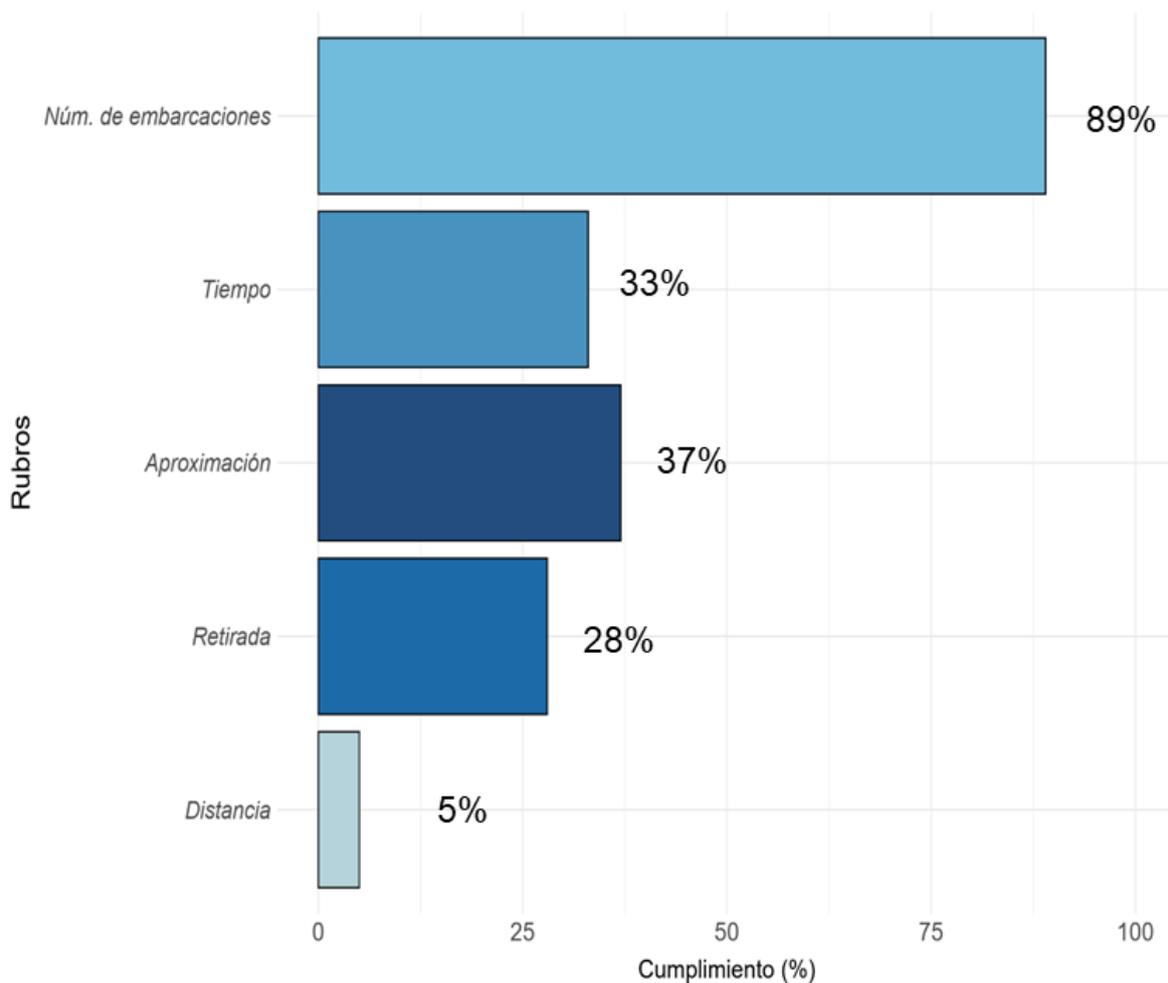
Se registraron 323 EOTs, de los cuales 108 fueron grabados en videos con dron. La evaluación general del cumplimiento mostro que solo el 2% de los EOT cumplió a totalidad las reglas de observación responsable, mientras que 26% no cumplió en un nivel 1, la mayoría de ellos (68%) se ubicaron en un nivel 2 de no cumplimiento, y 4% no cumplieron con ninguna de las reglas previamente sugeridas (nivel 3; Figura 9).



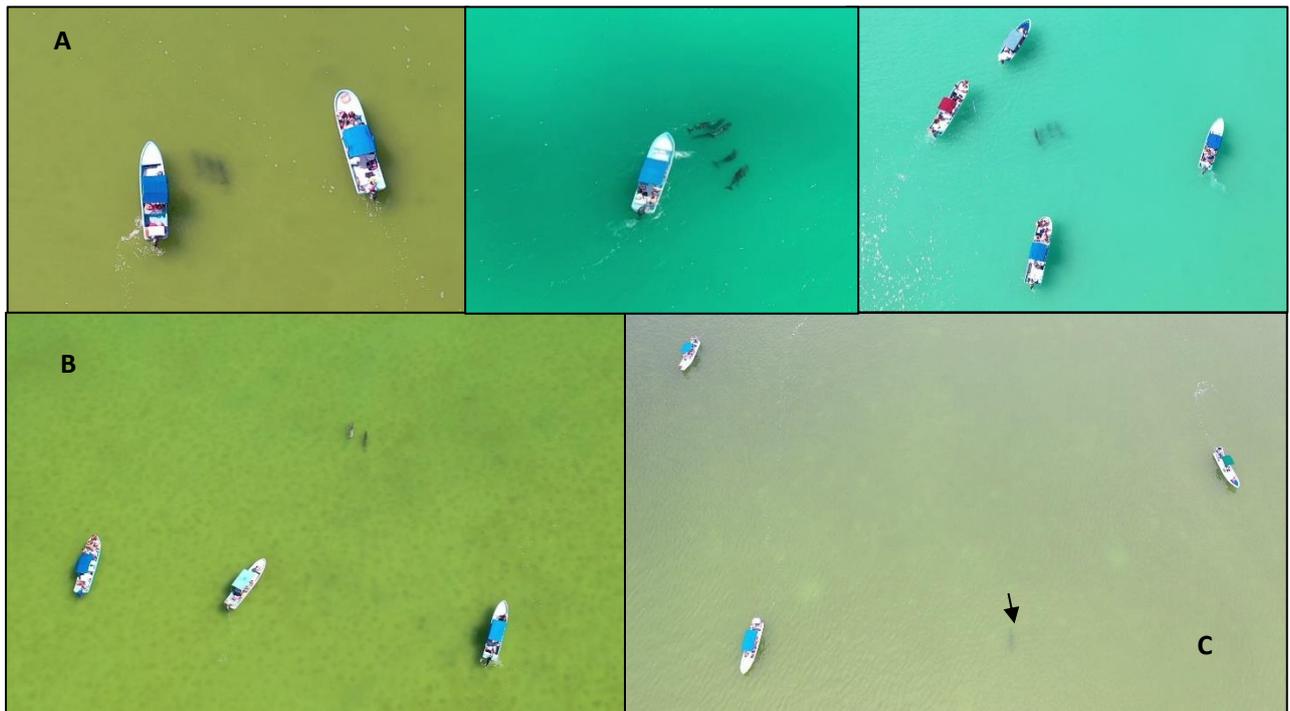
**Figura 9. Cumplimiento general de las reglas de observación responsable de toninas, los colores indican las categorías de cumplimiento de acuerdo con la cantidad de rubros respetados (ver Tabla 2).**

En cuanto al cumplimiento por rubro, la “Distancia” fue el menos respetado ya que solo el 5% de los EOT ocurrieron a una distancia mayor a 30 m del grupo de delfines (Figura 10). De acuerdo con las distancias aproximadas con ImageJ, a partir de los fotogramas extraídos de los videos de dron, la mayoría de los EOTs ocurrió en un intervalo de 1-15 m de los delfines (Figura 11). Por otro lado, la aproximación y la retirada de embarcaciones tuvieron un porcentaje de

cumplimiento de 37% y 28% respectivamente. El tiempo de permanencia se cumplió en un 33%, siendo el tiempo promedio de observación de toninas de 13.6 minutos ( $D.E.=6.4$  min.,  $N=323$ ). Por otro lado, el número de embarcaciones por EOT fue el mayormente respetado con un 89% de cumplimiento ya que se registró un promedio de dos embarcaciones arribando a la zona de observación por EOT ( $D.E.=1.2$ ,  $N=323$ ). Sin embargo, el arribo de embarcaciones fue continuo y sin respetar tiempos ni posiciones, llegando a contarse hasta 13 embarcaciones observando a un mismo grupo de delfines simultáneamente.



**Figura 10. Porcentaje de cumplimiento por rubro.**



**Figura 11. Fotogramas extraídos de vídeos de dron para estimar las distancias al grupo de toninas. A) Intervalo entre 1-15 m. B) Intervalo entre 15-30 m. C) Mayor a 30 m.**

En la Figura 12 se observa la distribución de los EOT en el área de estudio, así como la categoría de cumplimiento a la que pertenecen, encontrándose que el incumplimiento de las reglas ocurre indistintamente en toda la zona.

Por otro lado, los horarios en los cuales se registró la actividad de observación turística fueron entre las 10:00 am y 1:00 pm. El tiempo promedio de observación turística de toninas por avistamiento fue de 01:05hr. ( $D.E.=42.2$  minutos,  $N=47$ ), y el número promedio de embarcaciones turísticas contadas por avistamiento (mismo grupo de delfines) durante el tiempo de observación fue de 13 ( $D.E.=9.7$ ,  $N= 47$ ) siendo el número máximo registrado de 36 (Anexo 3).

Durante los meses de muestreo se contó un total de 634 embarcaciones realizando la actividad de observación de toninas, siendo octubre y noviembre los meses con mayor cantidad de estas registradas, 180 y 268 respectivamente, así como los meses con más horas de observación de la actividad turística (Tabla 6).

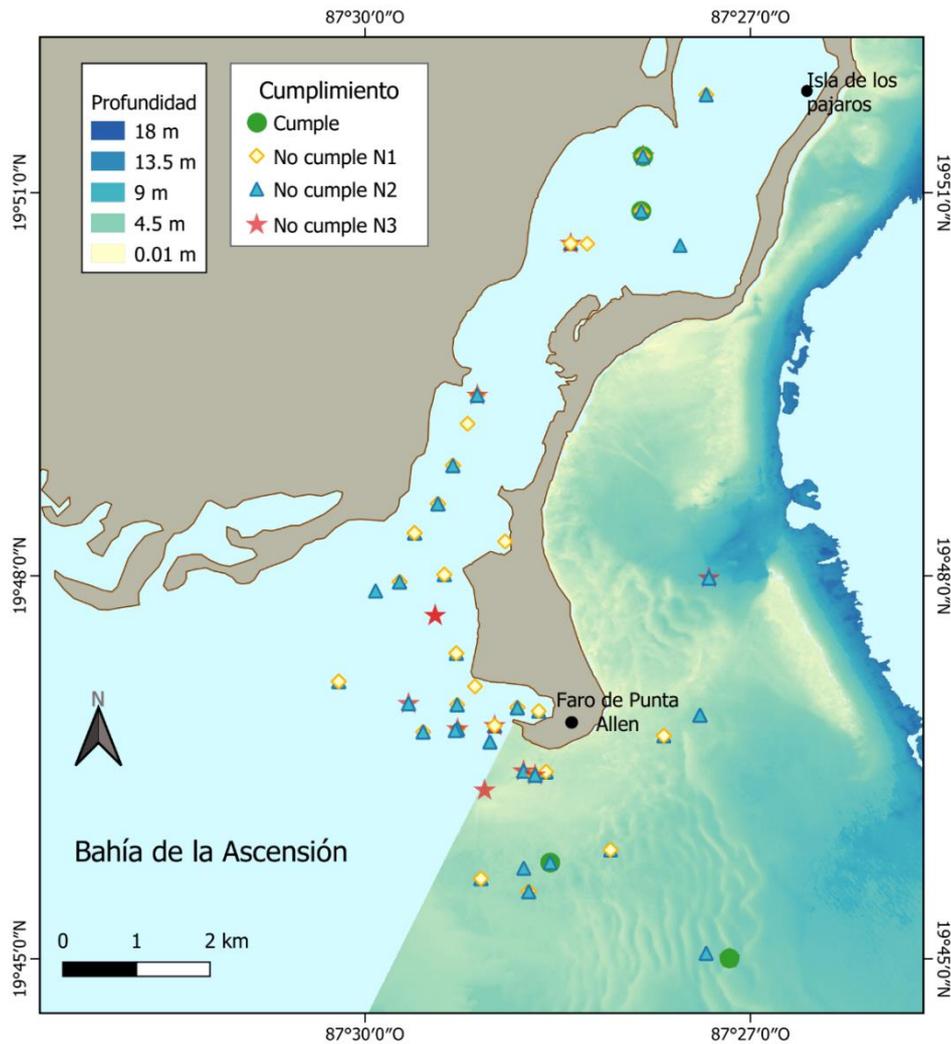


Figura 12. Avistamientos de toninas bajo observación turística por sitio y con la batimetría disponible para la zona.

Tabla 6. Número de embarcaciones registradas durante los meses de colecta y el tiempo de observación durante la actividad turística.

Mes	Número de embarcaciones	Tiempo de observación turística (hr:min)
septiembre	66	7:22
octubre	180	14:30
noviembre	268	18:18
enero	120	10:15
<b>TOTAL</b>	<b>634</b>	<b>50:41</b>

## 6.2 Comportamiento de toninas

Se analizaron un total de ocho horas 53 minutos de grabación con dron, correspondientes a 12 avistamientos de toninas de días diferentes, cada uno considerado como una observación dentro de un mismo proyecto en BORIS (Friard y Gamba, 2016) (Tabla 6).

**Tabla 7. Seguimientos de toninas registrados en video con dron utilizados para el análisis de comportamiento en BORIS (Friard y Gamba, 2016).**

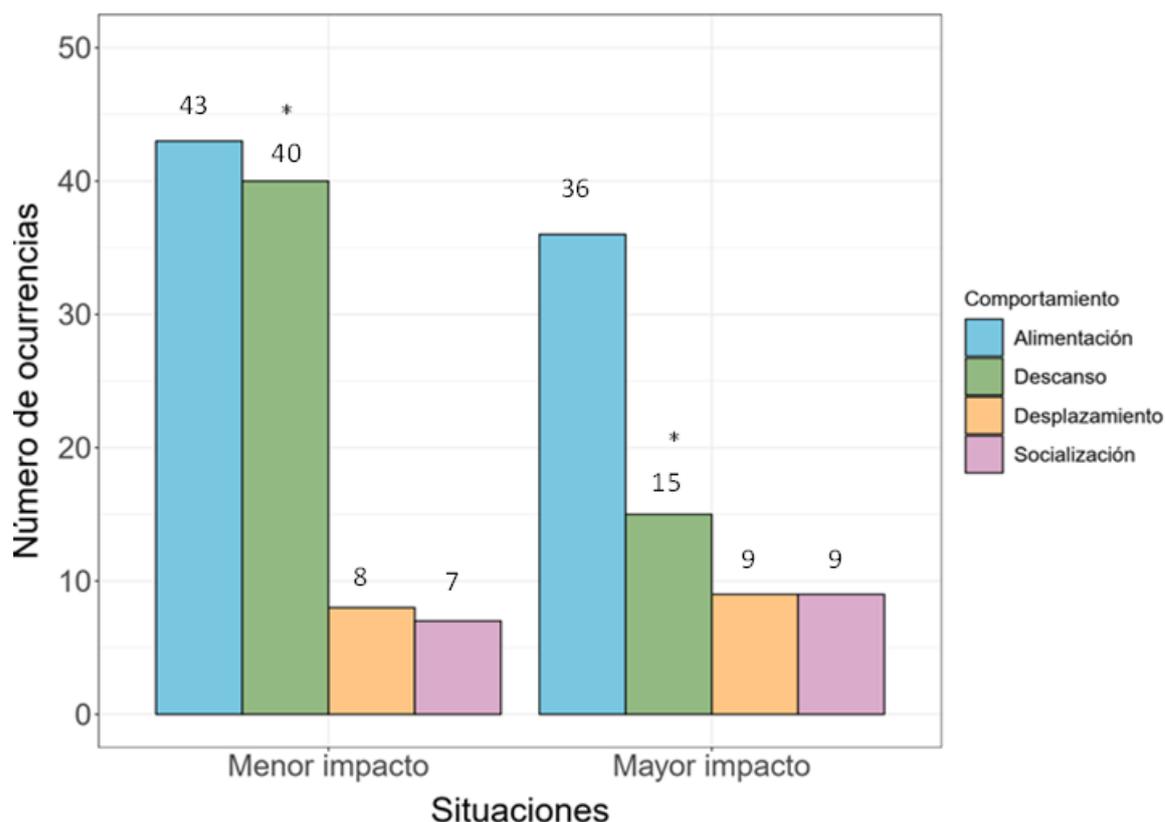
ID	Avistamiento	Fecha	Número de videos	Duración de la observación
1	4	02/09/2021	10	0:53:10
2	13	09/10/2021	11	00:37:41
3	14	10/10/2021	10	00:38:42
4	17	11/10/2021	14	00:45:39
5	20	12/10/2021	7	00:19:30
6	21	13/10/2021	9	00:43:31
7	24	15/10/2021	7	00:30:59
8	30	04/11/2021	10	00:43:47
9	31	05/11/2021	16	01:12:39
10	41	26/01/2022	12	00:58:02
11	42	27/01/2022	12	00:59:19
12	43	28/01/2022	6	00:30:06
		<b>TOTAL</b>	<b>124</b>	<b>8:53:05</b>

### Estados de comportamiento

El estado de comportamiento de las toninas con mayor cantidad de ocurrencias registradas con los videos de dron fue la alimentación (79), seguido de descanso (55), desplazamiento (17) y socialización (16; Tabla 7).

De acuerdo con la prueba de Chi-cuadrada se encontraron diferencias significativas únicamente en la actividad de descanso ( $\chi^2= 11.36$ ,  $p<0.05$ ), registrándose una mayor cantidad de ocurrencias (40) en situaciones de menor impacto, cuando había menos de tres embarcaciones presentes, y una mucho menor (15) en situaciones de mayor impacto, cuando el número de embarcaciones fue mayor a tres en la zona de observación.

En cuanto al resto de los estados comportamentales, durante la situación de menor impacto se registraron 43 ocurrencias para la alimentación, 8 para desplazamiento y 7 para socialización. Mientras que, en situaciones de mayor impacto, las ocurrencias para la alimentación fueron 36, y 9 para el desplazamiento y a la socialización (Figura 13).



**Figura 13. Número de ocurrencias de los estados comportamentales registrados en situaciones de menor impacto (cumplimiento de las reglas) y mayor impacto (no cumplimiento). \*Diferencias significativas en el comportamiento de descanso ( $p < 0.05$ ).**

### Eventos comportamentales

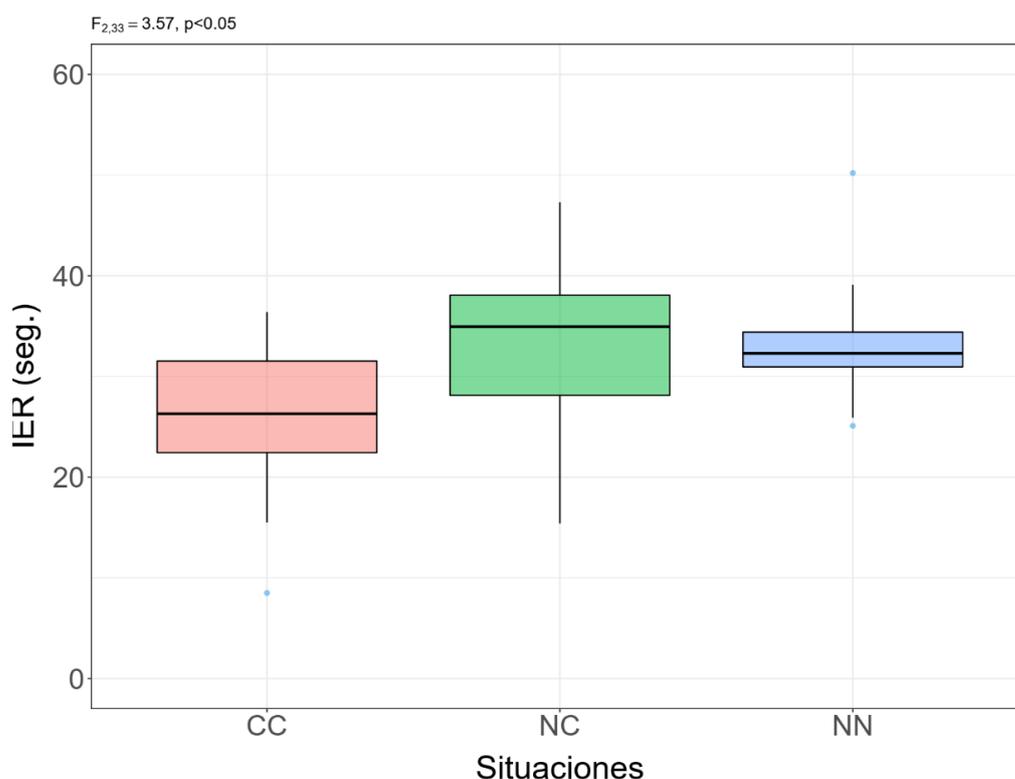
Los registros de los Intervalos entre respiraciones de toninas se generaron para tres situaciones de cumplimiento resultado de la combinación de los modificadores aplicados en BORIS, un cumplimiento total (CC), no cumplimiento de la distancia, pero si del número de embarcaciones (NC) y un incumplimiento total (NN; Tabla 7). La combinación de cumplimiento en distancia, pero incumplimiento en el

número de embarcaciones (CN) se registró únicamente en tres ocasiones por lo que esa situación no se consideró para los análisis.

**Tabla 8. Combinación de situaciones de cumplimiento para la evaluación de los IER, de acuerdo con los modificadores utilizados en BORIS.**

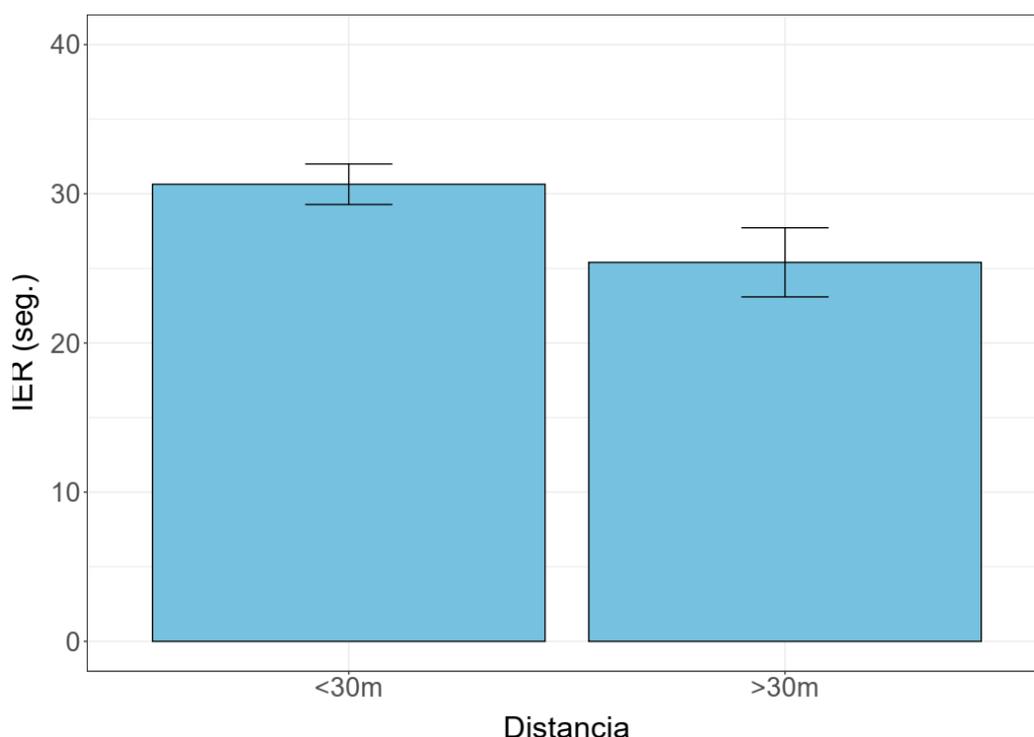
Situación	Descripción
<b>Cumple/ Cumple (CC)</b>	Cumple con distancia (>30 m) y número de embarcaciones (<3).
<b>No cumple/Cumple (NC)</b>	No cumple con la distancia a las toninas, pero si con el número de embarcaciones (<3).
<b>No cumple/No cumple (NN)</b>	No cumple con distancia (<30 m) ni con número de embarcaciones (>3).

De acuerdo con la prueba de ANOVA, se observaron diferencias significativas en los intervalos entre respiraciones (IER) en situaciones de CC y NN ( $F=3.57$ ,  $p<0.05$ ). Siendo más largos (media=33 seg., máx.=50 seg., mín.=25 seg.) cuando no se cumplen a totalidad con estas reglas y más cortos (media=25seg., máx.=36, mín.=8.5seg.) cuando hay cumplimiento tanto de distancia como de número de embarcaciones (Figura 14).



**Figura 14. Intervalos entre respiraciones (IER) de las toninas en tres situaciones de cumplimiento y no cumplimiento de las reglas de observación responsable.**

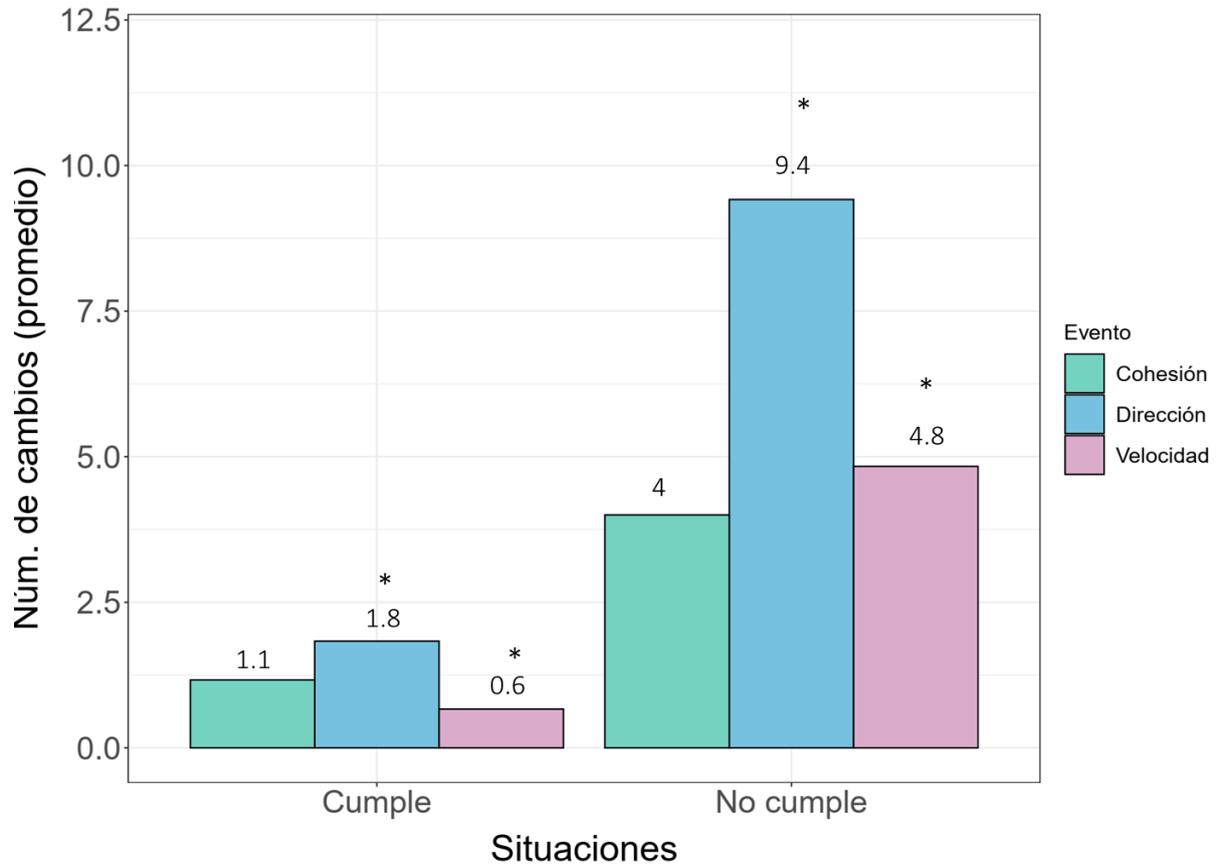
En cuanto al análisis de ANCOVA, este mostró que la distancia de las embarcaciones a las toninas fue un factor con efecto significativo ( $F=4.4862$ ,  $p<0.05$ ) en los intervalos entre respiraciones, aumentando los IER cuando la distancia de las embarcaciones a las toninas era menor a 30 m, es decir, cuando los EOTs ocurrían cerca de ellas, y disminuyendo cuando la distancia era mayor a 30 m (Figura 15). El número de embarcaciones y estado de comportamiento no tuvieron efectos significativos en los IER.



**Figura 15. Efecto de las embarcaciones sobre los IER de las toninas cuando cumplieron (> 30 m) e incumplieron (< 30 m) con el rubro de distancia.**

Por otro lado, la ocurrencia de cambios de dirección, cohesión y velocidad fue mayor cuando en situaciones de no cumplimiento (distancia y número de embarcaciones), encontrando significancia en los cambios de dirección ( $X^2= 10.96$ ,  $p<0.05$ ) y velocidad del nado ( $X^2= 6.3883$ ,  $p<0.05$ ; Figura 16). La prueba no mostro diferencias significativas en los cambios de cohesión en las diferentes situaciones sin embargo se observó que, en situaciones de no cumplimiento, 47% de los cambios correspondieron a una cohesión alta, 37% a una cohesión media

y 16% a la formación de subgrupos, así mismo, 55% de los cambios de velocidad del nado fueron incrementos y 95% de los cambios de dirección fueron alejamiento de la trayectoria de las embarcaciones (Figura 17).



**Figura 16. Ocurrencia promedio de cambios de los eventos comportamentales de toninas durante situaciones de cumplimiento y no cumplimiento de las reglas de observación responsable. \*Diferencias significativas en los cambios de dirección y velocidad del nado ( $p < 0.05$ )**



**Figura 17. Imágenes de dron que muestran A) cambios de dirección de las toninas alejándose de la trayectoria de las embarcaciones; B) cambios en la cohesión del grupo y C) cambios en velocidad del nado.**

## VII. DISCUSIÓN

En este trabajo se realiza una primera evaluación del cumplimiento de las pautas de observación responsable de toninas previamente propuestas para el Complejo Sian Ka'an, así como sus posibles efectos a corto plazo en el comportamiento de estos delfines utilizando datos colectados con drones, los cuales proporcionaron una nueva perspectiva y enfoque en el monitoreo de esta práctica y, al tener registros de vuelo y videos, estos pueden ser utilizados nuevamente para desarrollar futuros análisis más detallados que complementen lo reportado en esta tesis.

Fiori (2019) y Fettermann (2022) coinciden que el uso de drones está revolucionando la forma de hacer investigación en el área de los mamíferos marinos, ya que es posible aplicarlos a diferentes diseños de estudio con numerosos beneficios tanto para el conocimiento de las especies como para una mejor gestión en su conservación, por lo que el protocolo y recomendaciones aquí propuestas, pueden ser aplicadas en investigaciones en otros lugares que presenten situaciones similares con especies de cetáceos de pequeña talla.

### 7.1 Avistamientos

La investigación se llevó a cabo durante temporada de lluvias y nortes, realizando 19 y 16 navegaciones respectivamente. Se avistaron 250 individuos, y se registró un tamaño grupal promedio de 5 individuos. Susano-Romero (2020) reporta que el tamaño grupal promedio para la Bahía de la Ascensión es de 6 individuos, similar a lo encontrado en el presente trabajo. Orteg-Ortiz (1996), Castelblanco-Martínez (2018) y Susano-Romero (2020), mencionan que el tamaño grupal varía entre uno y 16 individuos, siendo más frecuente avistar un individuo y grupos de cuatro a cinco, lo cual corresponde a las presentes observaciones, registrando en mayor frecuencia un individuo durante temporada de nortes y grupos de cuatro y seis toninas en temporada de lluvias.

En comparación con otras zonas de Quintana Roo, la Bahía de la Ascensión presenta un tamaño grupal promedio más bajo que Bahía de Chetumal (al sur) y Laguna Yalahau (al norte), donde se ha reportado 10.9 individuos (Ruiz-Hernández, 2020) y 8.10 individuos (Delgado-Estrella, 1996) respectivamente. En

general, los tamaños grupales corresponden a poblaciones de toninas costeras (Leatherwood *et al.*, 1988; Wells y Scott, 1999) y, aunque se ha mencionado que el número de individuos incrementan con la profundidad o cuando la protección contra depredadores que de la zona ofrece disminuye (Shane *et al.*, 1986), también existen otros factores que influyen, como las actividades que realizan los delfines y la estructura grupal (Shane, 1990, Wells y Scott, 1999). Ortega-Ortiz (1996) menciona en la Bahía de la Ascensión, el tamaño grupal esta más relacionado con la actividad de las toninas y con la temporalidad que con la protección que la zona ofrece, ya que la presencia de depredadores es casi nula. Así mismo el tamaño grupal puede estar influenciado por la batimetría, de modo que en bahías y lagunas el tamaño grupal tiende a ser menor (Scott *et al.*, 1990; Morteo *et al.*, 2004).

Es importante considerar que en este estudio sólo se contemplaron dos temporadas, por lo que es necesario realizar muestreos más amplios para conocer como está conformada la población de toninas en Bahía de la Ascensión durante todo el año, incluyendo la temporada seca.

## **7.2 Cumplimiento de las reglas de observación responsable de toninas**

Sólo del 2% de los 323 EOT cumplió a totalidad con los lineamientos de observación responsable, mientras que la mayoría de ellos (68%) no cumplió con tres o cuatro de los cinco rubros principales (nivel 2), evidenciando que aún existe un enorme reto para que esta actividad se lleve a cabo de manera correcta. Estos resultados concuerdan con algunas investigaciones realizadas en sitios donde se lleva a cabo la observación de cetáceos (Whitt y Read, 2006; Sitar *et al.*, 2016; Quintana *et al.*, 2021). Para la zona del Caribe destaca el trabajo de Sitar *et al.*, 2016, quienes evalúan el cumplimiento de las reglas de observación de *Tursiops truncatus* en Bocas del Toro Panamá. Ellos encontraron que 71% de las veces que las embarcaciones se acercaban a las toninas, lo hacían a distancias menores de 50 m, por lo que incumplían con la norma que menciona una distancia de aproximación de 100 m. Esto resulta similar a lo descrito en esta investigación ya que, aunque los intervalos de distancias de los lineamientos son distintos en Bocas del Toro, la distancia también fue el rubro más preocupante para la Bahía de la Ascensión, ya que sólo el 5% de los EOT respeto una distancia mínima de

acercamiento de 30 m al grupo de toninas, y de acuerdo con los intervalos de distancias aproximadas con el dron, la mayoría de ellos ocurrió entre 1 y 15 m. El origen de este problema puede deberse a la competencia que existe entre operadores turísticos y la presión por parte de los visitantes que desean tener encuentros más cercanos (Bejder y Samuels, 2006; Bejder *et al.* 2006), ya que se pensaría que al haber poca distancia entre visitantes y delfines se genera una mejor experiencia, lo cual podría traer una mejor remuneración económica para el operador turístico. Sin embargo, es necesario conocer cuál es la percepción del visitante ante este tipo de prácticas y si realmente esto genera una mayor satisfacción en su experiencia, ya que de acuerdo con lo reportado en esta tesis y en otros estudios (Constantine, 2001; Sitar *et al.*, 2016), la corta distancia entre embarcaciones y delfines generó mayor evasión por parte de éstos, lo cual pudiese resultar en una menor interacción con los visitantes (Constantine, 2001). Por lo cual, llevar a cabo estudios de percepción es crucial para conocer la perspectiva del turista y generar estrategias de educación ambiental que estén dirigidas a que el visitante reconozca cuándo la actividad se lleve de manera adecuada, motivando a los capitanes y guías a cumplir con los lineamientos.

En lo que respecta al número de embarcaciones por EOT, este obtuvo el porcentaje más alto de cumplimiento (89%) ya que en promedio cada EOT estaba conformado por dos embarcaciones. Sin embargo, al no respetarse la distancia y con un tiempo de observación mayor a 10 minutos, varios EOT's se juntaron simultáneamente, resultando en la acumulación de numerosas embarcaciones alrededor de las toninas, registrándose hasta 13 al mismo tiempo. Además, se llegaron a contar un total de 36 embarcaciones arribando constantemente durante una hora. Esto fue similar a lo registrado por May-Collado *et al.* (2014) para Bocas del Toro, quienes documentaron un total de 39 embarcaciones interactuando con las toninas igualmente durante un lapso de una hora. Tanto las cortas distancias como el aumento del número de embarcaciones pueden representar mayores riesgos para los animales, tales como la colisión y la contaminación acústica debido al ruido que múltiples motores aproximándose generan, resultado en enmascaramiento de la comunicación entre individuos (Bejder *et al.*, 1999; Hastie *et al.*, 2003; May-Collado *et al.*, 2007) provocando estrés en los organismos (Pérez-Ortega *et al.*, 2021). Además, Susano-Romero en el 2020 encontró que en

la Bahía Ascensión existe un alto índice de toninas (72.73%) con lesiones significativas como cortes profundos y pérdida de tejido, posiblemente ligado al número de embarcaciones que transitan por el sitio, las cuales realizan tanto pesca deportiva como observación turística, por lo que, considerando que la afluencia de visitantes y por tanto el número de embarcaciones van en aumento, el número de embarcaciones permitidas en la zona debe ser controlado mediante la regulación de los permisos otorgados para las actividades turísticas, así como realizar capacitaciones y otorgar licencias solo a los capitanes con la suficiente experiencia.

Por otra parte, estos resultados siguen siendo similares a lo encontrado por Castelblanco-Martínez (2018), previo al acuerdo del uso de las reglas de observación responsable aprobado por la CONANP, por lo que resulta urgente continuar con la promoción del conocimiento y uso de estos lineamientos en el día a día de los capitanes que se dedican a esta actividad, así como el desarrollo de estrategias de educación ambiental, en las que se aborden temas de biología de la especie y conservación que alienten a la comunidad a proteger sus propios recursos naturales. El cumplimiento de las reglas es un proceso que no sólo involucra a los capitanes de las embarcaciones, sino que es necesaria la participación de diferentes niveles de la sociedad, desde vendedores turísticos, visitantes y guías, e incluso autoridades, por lo que las estrategias de educación ambiental deben englobar todos estos niveles. Además, la observación turística de cetáceos de pequeña talla es una actividad que va popularizándose cada vez más, tanto en el Caribe Mexicano como en otras zonas del país, y la cual aún no está regulada a nivel nacional, por lo que es indispensable comenzar con la propuesta de una Normativa Oficial que se establezca las pautas para que la actividad sea llevada de manera adecuada y que el incumplimiento de los lineamientos tenga consecuencias legales.

### **7.3 Efectos en el comportamiento de las toninas**

La actividad mayormente realizada por las toninas durante el tiempo de muestreo fue la alimentación y el descanso. Lo anterior también coincide con lo documentado por Ruiz-Hernández (2020) en la Bahía de Chetumal, quien encontró que las toninas de esa zona realizan alimentación como principal

actividad, sugiriendo la importancia que representan estos sitios en el Caribe Mexicano para la supervivencia de las toninas.

Por otro lado, las pruebas estadísticas mostraron diferencias significativas en la ocurrencia de registros de actividad de descanso de las toninas, es decir, las toninas destinaron menor tiempo al estado de comportamiento de descanso en situaciones donde el número de embarcaciones era mayor a tres, situaciones de mayor impacto. Diferentes investigaciones han señalado que la actividad de descanso es una de las más afectadas durante las prácticas turísticas en diferentes especies de cetáceos, incluyendo a las toninas (Constantine *et al.*, 2003, Constantine *et al.*, 2004, Lusseau. 2003 y 2004, Östman-Lind *et al.*, 2004, Arcangeli & Crosti, 2009). Lusseau (2003) menciona que esto podría traer consecuencias graves para los organismos, ya que al reducir su tiempo de descanso se alteran los requerimientos energéticos de los organismos induciendo estrés fisiológico pudiendo tener efectos en su supervivencia (Christiansen *et al.*, 2010). Estas situaciones podrían ocasionar el desplazamiento de los delfines a otras zonas con menor perturbación (Lusseau, 2005; Steckenreuter *et al.*, 2012; Toro *et al.*, 2021). Por lo cual, es importante conocer el uso del hábitat de las toninas en la Bahía de la Ascensión, ya que de esta forma es posible proponer zonas de observación turística que sean menos sensibles a la perturbación humana, reduciendo las consecuencias para las toninas.

En cuanto a los intervalos entre respiraciones, los resultados encontrados en este estudio indican que las toninas pasan mayor tiempo buceando cuando no se cumplen los lineamientos de observación responsable, siendo la distancia de las embarcaciones el principal factor que influye en esta respuesta. Esta misma tendencia fue encontrada por Nowacek *et al.* (2001), quienes evaluaron los intervalos entre respiraciones de las toninas a varias distancias de aproximación de las embarcaciones, reportando IER mayores a distancias más cortas. Estos hallazgos pueden estar mostrando una respuesta de evasión por parte de las toninas de Bahía de la Ascensión, la cual consiste en alterar sus patrones y tiempos de buceo en situaciones que podrían representar una amenaza, lo cual también ha sido documentado para *T. truncatus* en otros sitios (Lusseau 2003, Underhill 2006, Symons *et al.* 2014).

Otras respuestas evaluadas en este trabajo fueron los cambios de dirección, cohesión y velocidad del nado, los cuales también son usados como indicadores de perturbación en el comportamiento de las toninas, y son tácticas de evasión horizontal ante la presión de la presencia de las embarcaciones (Machernis *et al.*, 2018). En la presente investigación se encontró que los cambios de dirección fueron de los eventos mayormente modificados, registrando significativamente más cambios cuando la observación turística se llevó a cabo a corta distancia de las toninas y con un número de embarcaciones mayor a tres, mostrando un alejamiento de la trayectoria de las embarcaciones por parte de las toninas. Reacciones similares fueron encontradas por Nowacek *et al.* (2001), quienes evaluaron efectos a corto plazo en el comportamiento de toninas en Sarasota Florida, ante el tráfico de embarcaciones. Ellos encontraron incremento en la velocidad del nado de las toninas, lo cual fue similar a lo reportado en esta tesis, y que también se ha documentado en otras especies de cetáceos bajo condiciones similares de presencia de embarcaciones (Morete *et al.* 2007; Christiansen *et al.* 2014).

En cuanto a los cambios de cohesión, aunque las pruebas estadísticas no mostraron diferencias significativas entre situaciones de cumplimiento, fue frecuente observar una alta cohesión de las toninas durante las situaciones en las que no se cumplieron las reglas de observación. Aunque estas respuestas pueden variar en diferentes especies, el aumentar la compacidad del grupo durante los encuentros con embarcaciones puede servir como una táctica para rastrear mejor los patrones de movimiento de otros miembros y responder más rápidamente en el contexto de una supuesta amenaza (Bejder 2005; Bejder *et al.*, 2006a; Steckenreuter *et al.*, 2011 y 2012).

De manera general, los hallazgos encontrados en este estudio muestran que el turismo de observación tiene efectos en el comportamiento de las toninas. Sin embargo, es importante mencionar que las repuestas pueden variar en relación con el tamaño grupal, el sexo y edad de los individuos (Machernis *et al.*, 2018), por lo que incluir estos factores deben ser considerados en futuras investigaciones. Además, estos resultados muestran efectos en el comportamiento a corto plazo, siendo urgente comenzar un monitoreo extendido para documentar efectos a largo plazo de estas actividades sobre el

comportamiento de las toninas. También es importante continuar con los estudios poblacionales, con el fin de dilucidar si son los mismos individuos los que están sometidos constantemente a las actividades turísticas y si les están generando mayor presión o si, por el contrario, ya se han habituado.

## VIII. CONCLUSIONES

1. El uso de drones para la recopilación de datos fue una herramienta de suma utilidad en el monitoreo de la actividad turística dirigida a cetáceos de pequeña talla dentro del CSK, y cuyo uso puede ser implementado en otros sitios con similar problemática.
2. De acuerdo con la caracterización del cumplimiento de las reglas de observación responsable de toninas propuestas en 2018, el 98% de los EOTs no cumplieron a totalidad con ellas, ya que el 68% de los EOT no cumplieron con tres o cuatro de los cinco rubros principales evaluados (Nivel 2). La distancia fue el rubro menos respetado, sólo el 5% de los EOT realizaron la observación de toninas a más de 30 m de ellas. Además, aunque el número de embarcaciones por EOT fue de dos en promedio, la llegada continua y la falta de cumplimiento de la distancia y el tiempo de observación resultó en un aumento del número de embarcaciones observando simultáneamente, registrándose hasta 13.
3. El estado comportamental mayormente registrado durante el tiempo de muestreo fue la alimentación, seguida por el descanso. Lo cual puede indicar la importancia que tiene la Bahía de la Ascensión para las toninas que la habitan. Sólo la ocurrencia de registros de toninas en actividad de descanso fue significativamente menor en situaciones de mayor impacto (15), con presencia de más de tres embarcaciones, en comparación con situaciones de menor impacto (40). Se observó un efecto significativo en los intervalos entre respiraciones de las toninas en relación con la distancia de las embarcaciones, siendo más prolongados cuando las embarcaciones realizaron la actividad a una distancia de menos de 30 m a las toninas. Se registraron significativamente más cambios en la dirección y aumento en la velocidad del nado de las toninas durante situaciones de no cumplimiento de las normas de observación, lo cual podría considerarse como una táctica de evasión horizontal ante la posible amenaza.

## RECOMENDACIONES

- Compartir con la comunidad de Punta Allen los resultados obtenidos en el presente estudio, mostrando los efectos encontrados en el comportamiento de las toninas.
- Establecer programas de educación ambiental en los que se aborden temas de ecología y biología de las toninas, así como talleres para identificar individuos, lo que podría ser una herramienta que fomente la apropiación y conservación de las toninas como pieza importante para la comunidad de Punta Allen, haciendo énfasis en los grupos de niños y jóvenes.
- Implementar estrategias de promoción de las reglas de observación responsable en todos los niveles que esta involucrados en la actividad, desde vendedores turísticos, guías, visitantes, capitanes y autoridades.
- Desarrollar programas de ciencia ciudadana y de vigilancia que involucren la participación de los mismos operadores turísticos en el monitoreo del cumplimiento de las reglas de observación responsable.
- Continuar con el monitoreo a largo plazo del efecto del turismo de observación en el comportamiento de las toninas.
- Realizar estudios poblacionales anuales que nos ayuden a conocer más sobre la estructura y asociación de las toninas que habitan en la Bahía de la Ascensión, lo cual nos dará más datos para poder generar modificaciones en las reglas de observación, si es que fuera el caso.
- Continuar con el uso de drones en el monitoreo de la actividad turística en la zona, incluso proponerlos como herramientas que complementen la vigilancia de los guardaparques dentro de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an.

## LITERATURA CITADA

Acevedo-Whitehouse, K., Rocha-Gosselin, A., & Gendron, D. (2010). A novel non-invasive tool for disease surveillance of free-ranging whales and its relevance to conservation programs. *Animal conservation*, 13(2), 217-225.

Altmann, J. (1974). Observational study of behavior: sampling methods. *Behaviour*, 49(3-4), 227-266.

Arcangeli, A., Crosti, R., del Leviatano, A., & Rome, I. (2009). The short-term impact of dolphin-watching on the behaviour of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in Western Australia. *Journal of Marine Animals and their Ecology*, 2(1), 3-9.

Arellano-Guillermo, A. s. f. Manejo Integrado de zona costera y Areas Naturales Protegidas. La Reserva de la Biósfera Sian Ka'an, Quintana Roo. En: Manejo Costero en México. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, SEMARNAT.

Bejder, L., Dawson, S. M., & Harraway, J. A. (1999). Responses by Hector's dolphins to boats and swimmers in Porpoise Bay, New Zealand. *Marine Mammal Science*, 15(3), 738-750.

Bejder, L. (2005). Linking short and long-term effects of nature-based tourism on cetaceans. Doctoral Thesis. Dalhousie University. Halifax, Nova Scotia (p. 157).

Bejder, L., y Samuels, A. 2003. Evaluating the effects of nature-based tourism on cetaceans. *Marine mammals: Fisheries, tourism and management issues*, 1, 229-256.

Bejder, L., Samuels, A., Whitehead, H., & Gales, N. (2006a). Interpreting short-term behavioural responses to disturbance within a longitudinal perspective. *Animal behaviour*, 72(5), 1149-1158.

Bejder, L., Samuels, A., Whitehead, H., Gales, N., Mann, J., Connor, R., Heithaus, M., Watson-Capps, J., Flaherty, C., & Krützen, M. (2006b). Decline in relative abundance of bottlenose dolphins exposed to long-term disturbance. *Conservation Biology*, 20(6), 1791-1798. 10.1111/j.1523-1739.2006.00540.x

Brandon, E. A., & Fargion, G. S. (1993). Mesoscale temperature features and marine mammals in the Gulf of Mexico. In Tenth Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals, Galveston, Texas (p. 31).

Brown, D., Christian, W. y Hanso, R. H. 2008. Tracker, video analysis and modeling tool. Open Source Physics (OSP). Disponible en: <https://physlets.org/tracker/> Consultado el 26 de agosto de 2021.

Cerdeira-Estrada, S., R. Martell-Dubois, T. Heege, L.O. Rosique-De La Cruz, P. Blanchon, S. Ohlendorf, A. Müller, R. Silva-Casarín, I.J. Mariño-Tapia, M.I. Martínez-Clorio, L. Carillo, M.I. Cruz-López, R. Ressler, 2018. 'Batimetría de los Ecosistema Marinos del Caribe Mexicano: Cabo Catoche - Xcalak. 2018'. Edición 2. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/> Consultado el 30 de agosto 2022.

Campbell, G. S., Bilgre, B. A., & Defran, R. H. (2002). Bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in Tuneffe Atoll, Belize: occurrence, site fidelity, group size, and abundance. *Aquatic Mammals*, 28(2), 170-180.

Castelblanco-Martínez, D. N. (2018). Conocimiento y conservación de los mamíferos marinos en el complejo de Sian Ka'an. Programa de recuperación y repoblación de especies en riesgo PROCER. Informe final (p.40).

Castelblanco-Martínez, D. N. (2019). Acciones para la conservación de las poblaciones de manatíes, cocodrilos, tortugas marinas y delfines en el complejo Sian Ka'an. Informe final. Programa para la Protección y Restauración de Ecosistemas y Especies en Riesgo (p.16).

Castelblanco-Martínez, D. N., Landeo-Yauri, S. S., Kassamali-Fox, A., Lara-Sánchez, L. E., Ramos, E. A., Niño-Torres, C. A. (2019). Getting way too close to dolphins and manatees: Marine mammal tourism in Sian Ka'an, Mexican Caribbean. *World Marine Mammal Conference*. Barcelona, Spain.

Castelblanco-Martínez, D. N., Ramos, E. A., Kiszka, J. J., Blanco-Parra, M. P., Padilla-Saldívar, J. A., García, J., & Niño-Torres, C. A. (2021). Spatial patterns of shark-inflicted injuries on coastal bottlenose dolphins in the Mesoamerican Reef

System. Studies on Neotropical Fauna and Environment, 1-7.  
DOI: [10.1080/01650521.2021.1877391](https://doi.org/10.1080/01650521.2021.1877391)

Christiansen, F., Lusseau, D., Stensland, E., & Berggren, P. (2010). Effects of tourist boats on the behaviour of Indo-Pacific bottlenose dolphins off the south coast of Zanzibar. *Endangered Species Research*, 11(1), 91-99.

Christiansen, F., Rasmussen, M. H., & Lusseau, D. (2014). Inferring energy expenditure from respiration rates in minke whales to measure the effects of whale watching boat interactions. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 459, 96-104.

Christiansen, F., Rojano-Doñate, L., Madsen, P. T., & Bejder, L. (2016). Noise levels of multi-rotor unmanned aerial vehicles with implications for potential underwater impacts on marine mammals. *Frontiers in Marine Science*, 3, 277.  
<https://doi.org/10.3389/fmars.2016.00277>

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2014. Programa de Manejo Complejo Sian Ka'an: Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, Área de Protección de Flora y Fauna Uaymil y Reserva de la Biosfera Arrecifes de Sian Ka'an. Primera edición. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México (p. 481).

Committee on Taxonomy. (2022). List of marine mammal species and subspecies. Society for Marine Mammalogy. Disponible en: [www.marinemammalscience.org](http://www.marinemammalscience.org)  
Consultado: 08 diciembre de 2022.

CONABIO. Reserva de la biosfera Sian Ka'an. Disponible en: <http://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/reservasBiosfera3.pdf>. Consultado el 06 de abril de 2020.

Constantine, R. (2001). Increased avoidance of swimmers by wild bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) due to long-term exposure to swim-with-dolphin tourism. *Marine Mammal Science*, 17(4), 689-702.. <https://doi.org/10.1111/j.1748-7692.2001.tb01293.x>

Connor, R.C., Wells, R.S., Mann, J., Read, A.J., (2000). The bottlenose dolphin: social relationships in a fission-fusion society. In: Mann, J., Connor, R.C., Tyack,

P.L., Whitehead, H. (Eds.), *Cetacean Societies: Field Studies of Dolphins and Whales*. The University of Chicago Press, Chicago (pp. 91–126).

Culik, B. M. (2004). Review of small cetaceans: Distribution, behavior, migration, and threats. *Marine Mammal Action Plan, Regional Seas Reports and Studies*. 177: 315-324.

Delgado-Estrella, A. (1996). "Ecología poblacional de las toninas *Tursiops truncatus*, en la Laguna de Yalahau, Quintana Roo, Mexico". (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Autónoma de México, México. Recuperado de <https://repositorio.unam.mx/contenidos/61820>

Díaz, R. (2004). Diferenciación entre Tursiones *Tursiops truncatus* Costeros y Oceánicos en el Golfo de California por medio de Isótopos Estables de Carbono y Nitrógeno. Tesis de Maestría, Departamento de Pesquerías y Biología Marina, Instituto Politécnico Nacional, México. Recuperado de <http://repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/14402>

Dick, D. M., & Hines, E. M. (2011). Using distance sampling techniques to estimate bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) abundance at Turneffe Atoll, Belize. *Marine Mammal Science*, 27(3), 606-621.

De La Federación, D. O. (2002). Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001, 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. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 6.

De La Federación, D. O. (2011). Norma Oficial Mexicana NOM-0131-SEMARNAT 2010, Que Establece Lineamientos y Especificaciones para el Desarrollo de Actividades de Observación de Ballenas, Relativas a su Protección y la Conservación de su Hábitat. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Durban, J.W., Moore, M.J., Chiang, G., Hickmott, L.S., Bocconcelli, A., Howes, G., Bahamonde, P.A., Perryman, W.L., LeRoi, D.J. (2016). Photogrammetry of blue whales with an unmanned hexacopter. *Marine Mammal Science*, 32(4), 1510-1515.

- Fettermann, T., Fiori, L., Bader, M., Doshi, A., Breen, D., Stockin, K. A., & Bollard, B. (2019). Behaviour reactions of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) to multirotor Unmanned Aerial Vehicles (UAVs). *Scientific Reports*, 9(1), 1-9.
- Fettermann, T., Fiori, L., Gillman, L., Stockin, K. A., & Bollard, B. (2022). Drone Surveys Are More Accurate Than Boat-Based Surveys of Bottlenose Dolphins (*Tursiops truncatus*). *Drones*, 6(4), 82. <https://doi.org/10.3390/drones6040082>
- Fiori, L. 2019. Assessing the effects of whale-based tourism in Vava'u, Kingdom of Tonga: Behavioural responses of humpback whales to vessel and swimmer approaches. Doctoral Thesis. Auckland University of Technology. New Zealand. (p. 218).
- Friard, O., & Gamba, M. (2016). BORIS: a free, versatile open-source event-logging software for video/audio coding and live observations. *Methods in ecology and evolution*, 7(11), 1325-1330.
- Frouin-Mouy, H., Tenorio-Hallé, L., Thode, A., Swartz, S., & Urbán, J. (2020). Using two drones to simultaneously monitor visual and acoustic behaviour of gray whales (*Eschrichtius robustus*) in Baja California, Mexico. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 525, 151321.
- Gibson, Q. A., & Mann, J. (2008). Early social development in wild bottlenose dolphins: sex differences, individual variation and maternal influence. *Animal Behaviour*, 76(2), 375-387.
- Goebel, M. E., Perryman, W. L., Hinke, J. T., Krause, D. J., Hann, N. A., Gardner, S., & LeRoi, D. J. (2015). A small unmanned aerial system for estimating abundance and size of Antarctic predators. *Polar Biology*, 38(5), 619-630.
- Grigg, E., & Markowitz, H. (1997). Habitat use by bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) at Turneffe Atoll, Belize. *Aquatic Mammals*, 23(3), 163-170.
- Guttorp, P. (1995). *Stochastic modeling of scientific data*. Chapman & Hall, London.
- Harrison, R. J. (1972). *Functional Anatomy of Marine Mammals*. Academic Press. New York. (p. 366).

- Hastie, G. D., Wilson, B., Tufft, L. H., & Thompson, P. M. (2003). Bottlenose dolphins increase breathing synchrony in response to boat traffic. *Marine Mammal Science*, 19(1), 74-084.
- Hodgson, A., Kelly, N., & Peel, D. (2013). Unmanned aerial vehicles (UAVs) for surveying marine fauna: a dugong case study. *PloS one*, 8(11), e79556.
- Hohn, A. A., Scott, M. D., Wells, R. S., Sweeney, J. C., & Irvine, A. B. (1989). Growth layers in teeth from known-age, free-ranging bottlenose dolphins. *Marine Mammal Science*, 5(4), 315-342.
- Hoyt, E. (2001). *Whale watching 2001: Worldwide tourism numbers, expenditures, and expanding socioeconomic benefits*. Yarmouth Port, Massachusetts: International Fund for Animal Welfare.
- Hoyt, E. (2011). *Marine Protected Areas for Whales, Dolphins and Porpoises: A World Handbook for Cetacean Habitat Conservation and Planning*. London: Routledge. doi: 10.4324/9781849771948
- IWC (2018). *Online Whale Watching Handbook*. Disponible en: <https://wwhandbook.iwc.int/en/>. Consultado el 06 de mayo de 2021.
- Jones, G.P., Pearlstine, L.G., Percival, H.F. (2006). An assessment of small unmanned aerial vehicles for wildlife research. *Wildl. Soc. Bull.* 34(3), 750–758.
- Kassamali Fox, A., Christiansen, F., May-Collado, L. J., Ramos, E. A., Kaplin, B. A. (2020). Tour boats affect the activity patterns of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in Bocas del Toro, Panama. *PeerJ*, 8, e8804.
- Kastelein, R. A., Vaughan, N., Walton, S., & Wiepkema, P. R. (2002). Food intake and body measurements of Atlantic bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in captivity. *Marine Environmental Research*, 53(2), 199-218.
- Kenney, R.D. (1990). Bottlenose dolphins off the northeastern United States. En: Leatherwood, S. y Reeves, R. R. (Eds.) *The Bottlenose Dolphin*. Academic Press, San Diego, USA, (pp. 369-386).
- Koh, L. P., & Wich, S. A. (2012). Dawn of drone ecology: low-cost autonomous aerial vehicles for conservation. *Tropical conservation science*, 5(2), 121-132.

Koski, W. R., Gamage, G., Davis, A. R., Mathews, T., LeBlanc, B., & Ferguson, S. H. (2015). Evaluation of UAS for photographic re-identification of bowhead whales, *Balaena mysticetus*. *Journal of Unmanned Vehicle Systems*, 3(1), 22-29.

Lahoz-Monfort, J. J., & Magrath, M. J. (2021). A comprehensive overview of technologies for species and habitat monitoring and conservation. *BioScience*, 71(10), 1038-1062.

Landeo-Yauri, S., S. (2019). Uso de drones como herramienta auxiliar en el estudio y conservación de manatíes antillanos en el Caribe Mexicano. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de Mexico (p. 88).

Leatherwood, S. y Reeves, R. R. (1982). Bottlenose dolphin *Tursiops truncatus* and other toothed cetaceans. In: J. A. Chapman and G. A. Feldhammer (eds), *Wild mammals of North America*. Johns Hopkins University Press, Baltimore, MD, USA. 369-414 pp.

Leatherwood, S., Reeves, R. R., Perrin, W. F., y Evans, W. E. (1988). Whales, dolphins, and porpoises of the eastern north Pacific and adjacent Arctic waters. Dover Publications, Inc. New York.

Lusseau, D. (2003). Effects of tour boats on the behavior of bottlenose dolphins: using Markov chains to model anthropogenic impacts. *Conservation Biology*, 17(6), 1785-1793.

Lusseau, D. (2004). The hidden cost of tourism: Detecting long-term effects of tourism using behavioral information. *Ecology and Society*, 9 (1), 2.

Lusseau, D. (2005). Residency pattern of bottlenose dolphins *Tursiops spp.* in Milford Sound, New Zealand, is related to boat traffic. *Marine Ecology Progress Series*, 295, 265-272. doi: 10.3354/meps295265

Lusseau, D. (2006). The short-term behavioral reactions of bottlenose dolphins to interactions with boats in Doubtful Sound, New Zealand. *Marine Mammal Science*, 22(4), 802-818.

Machernis, A. F., Powell, J. R., Engleby, L., & Spradlin, T. R. (2018). An updated literature review examining the impacts of tourism on marine mammals over the last fifteen years (2000-2015) to inform research and management programs.

MADS (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible). 2017. Guía de avistamiento responsable de mamíferos acuáticos en Colombia. Dirección de Asuntos Marinos Costeros y Recursos Acuáticos. Bogotá, D. C. Colombia. 47 p.

Mann, J. (1999). Behavioral sampling methods for cetaceans: a review and critique. *Marine mammal science*, 15(1), 102-122.

Mann, J., Connor, R. C., Tyack, P. L., & Whitehead, H. (Eds.). (2000). *Cetacean societies: field studies of dolphins and whales*. University of Chicago Press.

Mann, J., B.L. Sargeant, J.J. Watson-Capps, Q.A. Gibson, M.R. Heithaus, R.C. Connor y E. Patterson. (2008). Why do dolphins carry sponges? *PLoS ONE* 3: e3868

Mann, J., & Würsig, B. (2014). Observing and quantifying cetacean behavior in the wild: current problems, limitations, and future directions. In *Primates and cetaceans*. Springer, Tokyo. (pp. 335-344).

May-Collado, L. J., Agnarsson, I., Palacios, D., Taubitz, E., & D., Wartzok. (2007). The status of the bottlenose Dolphin (*Tursiops truncatus*) population of Bocas del Toro, Panama: preliminary results based. Fundación KETO. <http://hdl.handle.net/11606/644>

May-Collado, L. J., Quiñones-Lebrón, S. G., Barragán-Barrera, D. C., Palacios, J., Gamboa, M. (2014). The dolphin watching industry of Bocas del Toro continues impacting the resident bottlenose dolphin population. Annual report of the International Whaling Commission. SC. WW06.

Mead, J. G. y Potter, C. W. 1995. Recognizing two populations of the bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) off the Atlantic coast of North America-morphologic and ecologic considerations. *IBI Reports* 5, 31-44.

Moreland, E. E., Cameron, M. F., Angliss, R. P., & Boveng, P. L. (2015). Evaluation of a ship-based unoccupied aircraft system (UAS) for surveys of spotted and ribbon

seals in the Bering Sea pack ice. *Journal of Unmanned Vehicle Systems*, 3(3), 114-122.

Morete, M. E., Bisi, T.L., Rosso, S. (2007). Mother and calf humpback whale responses to vessels around the Abrolhos Archipelago, Bahia, Brazil. *Journal of Cetacean Research and Management* 9 9(3), 241-248.

Morteo, E., Heckel, G., Defran, R., & Schramm, Y. (2004). Distribution, movements and group size of the bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) to the south of San Quintín Bay, Baja California, Mexico. *Ciencias Marinas*, 30(1a), 35–46. <https://doi.org/10.7773/cm.v30i11.122>

Navarro, D., A. Jimenez y J. Juárez. (1990). Los mamíferos de Quintana Roo. In: D. Navarro-López & J.G. Robinson (Eds.). *Diversidad Biológica en la Biosfera de Sian ka'an Quintana Roo*, Centro de Investigaciones de Quintana Roo/University of Florida. México. Chetumal, Quintana Roo, México (pp. 371–450).

Niño-Torres, C., García-Rivas M., Castelblanco-Martínez N., Padilla-Saldívar J., Blanco-Parra M y Parra-Venegas R. 2015. Aquatic mammals from the Mexican Caribbean; a review. *Hidrobiológica*, Vol: 25(1). 127-138 pp.

Nowacek, S. M., Wells, R. S., & Solow, A. R. (2001). Short-term effects of boat traffic on bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, in Sarasota Bay, Florida. *Marine Mammal Science*, 17(4), 673-688.

Nowacek, D. P., Christiansen, F., Bejder, L., Goldbogen, J. A., & Friedlaender, A. S. (2016). Studying cetacean behaviour: new technological approaches and conservation applications. *Animal behaviour*, 120, 235-244.

Ortega-Ortiz, J. G. (1996). Distribución y abundancia de las toninas *Tursiops truncatus*, en la bahía de la Ascensión, Quintana Roo, México. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México (p. 82).

QGIS Development Team. (2021). QGIS3.16.11. Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <https://qgis.org>

Quintana Martín-Montalvo, B., Hoarau, L., Deffes, O., Delaspre, S., Delfour, F., & Landes, A. E. (2021). Dolphin Watching and Compliance to Guidelines Affect

Spinner Dolphins' (*Stenella longirostris*) Behaviour in Reunion Island. *Animals*, 11(9), 2674.

Ramos, E. A., Maloney, B., Castelblanco-Martínez, D. N., Kerr, I., Rogan, A., Audley, K., Magnasco, M. O., Reiss, D. (2017). Behavioral reactions of marine mammals to drones. In *Biennial of Marine Mammals*.

Ramos, E. A., Maloney, B., Magnasco, M. O., & Reiss, D. (2018). Bottlenose dolphins and Antillean manatees respond to small multi-rotor unmanned aerial systems. *Frontiers in Marine Science*, 5, 316.

Ramos, E. A., Landeo-Yauri, S., Castelblanco-Martínez, N., Arreola, M. R., Quade, A. H., & Rieucau, G. (2022). Drone-based photogrammetry assessments of body size and body condition of Antillean manatees. *Mammalian Biology*, 1-15. <https://doi.org/10.1007/s42991-022-00228-4>

Raoult, V., Colefax, A. P., Allan, B. M., Cagnazzi, D., Castelblanco-Martínez, N., Ierodiaconou, D., Johnston, D. W., Landeo-Yauri, S., Lyons, M., Pirota, V., Schofield, G., Butcher, P. A. (2020). Operational protocols for the use of drones in marine animal research. *Drones*, 4(4), 64.

Rasband, W.S. (2011). ImageJ, U. S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA, <https://imagej.nih.gov/ij/>

Ridgway, S. y Harrison, R. (1999). *Handbook of Marine Mammals: The Second Book of Dolphins and the Porpoises*. New York: Academic Press. (pp. 489).

Rosel, P., Mullin K., Garrison L., Schwacke L., Adams J., Balmer B., Conn P., Conroy M., Eguchi T., Gorgone A., Hohn A., Mazzoil M., Schwartz C., Sinclair C., Speakman T., Urian K., Vollmer N., Wade P., Wells R., and Zolman E. 2011. Photo-identification Capture-Mark-Recapture Techniques for Estimating Abundance of Bay, Sound and Estuary Populations of Bottlenose Dolphins along the U.S. East Coast and Gulf of Mexico: A Workshop Report. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-621. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). USA. (pp. 33).

RStudio Team. (2021). RStudio: Integrated Development Environment for R. RStudio, PBC, Boston, MA URL <http://www.rstudio.com/>

Ruiz-Hernández, I. A. (2020). Abundancia, distribución y asociación de toninas (*Tursiops truncatus*) en el ANP “Santuario del Manatí, Bahía de Chetumal” en Quintana Roo, México. Tesis de Maestría. Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Veracruz, México. (p. 87).

Samuels, A., Bejder, L., Constantine, R., Heinrich, S. (2003). A review of swimming with wild cetaceans with a special focus on the Southern Hemisphere. In: Gales, N., Hindell, M., Kirkwood, R., (Eds.), *Marine Mammals and Humans: Towards a Sustainable Balance*. CSIRO Publishing, Collingwood, Australia

Sarasota Dolphin Research Program (SDRP). 2006. Manual for Field Research and Laboratory Activities. Prepared by the: Chicago Zoological Society and Dolphin Biology Research Institute. Sarasota, Florida, EEUU. (p. 68).

Schneider, C. A., Rasband, W. S., y Eliceiri, K. W. (2012). NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. *Nature Methods*, 9 (7), 671-675. [doi:10.1038/nmeth.2089](https://doi.org/10.1038/nmeth.2089)

Schroeder, P.J. (1990). Breeding bottlenose dolphins in captivity. In: *The bottlenose dolphin* (S. Leatherwood & R.R. Reeves, eds). Academic Press, New York, (pp. 435- 446).

Schroeder, P.J. y Keller, K.V. (1990). Artificial insemination of bottlenose dolphins. In: *The bottlenose dolphin* (S. Leatherwood & R.R. Reeves, eds). Academic Press, New York, (pp. 447-460).

Scott, M. D., Wells, R. S. e Irvine, A. B. (1990). A long-term study of bottlenose dolphins on the west coast of Florida. 235-244. In: *The bottlenose dolphin* (S. Leatherwood & R.R. Reeves, eds). Academic Press, New York (pp. 435- 446).

Segura, I., Rocha-Olivares, A., Flores-Ramírez, S., & Rojas-Bracho, L. (2006). Conservation implications of the genetic and ecological distinction of *Tursiops truncatus* ecotypes in the Gulf of California. *Biological Conservation*, 133(3), 336-346.

Shane, S.H. (1990). Behavior and Ecology of the bottlenose dolphin at Sanibel Island, Florida. *The bottlenose dolphin*. Academic, San Diego, California, EEUU. 245-265.

Shane, S. H., Wells, R. S., & Würsig, B. (1986). Ecology, behavior and social organization of the bottlenose dolphin: a review. *Marine Mammal Science*, 2(1), 34-63.

Shirihai, H. and Jarret, B. (2006). *Whales Dolphins and Other Marine Mammals of the World*. Princeton Field Guides. USA. (p. 383).

Simões-Lopes, P. C., Daura-Jorge, F. G., Lodi, L., Bezamat, C., Costa, A. P., & 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.

Sitar A, May-Collado LJ, Wright AJ, Peters-Burton E, Rockwood L, Parsons ECM. 2016. Boat operators in Bocas del Toro, Panama display low levels of compliance with national whale-watching regulations. *Marine Policy* 68, 221–228. DOI 10.1016/j.marpol.2016.03.011.

Stensland, E., & Berggren, P. (2007). Behavioural changes in female Indo-Pacific bottlenose dolphins in response to boat-based tourism. *Marine Ecology Progress Series*, 332, 225-234.

Steckenreuter, A., Harcourt, R., & Möller, L. (2011). Distance does matter: close approaches by boats impede feeding and resting behaviour of Indo-Pacific bottlenose dolphins. *Wildlife Research*, 38(6), 455-463.

Steckenreuter, A., Möller, L., & Harcourt, R. (2012). How does Australia's largest dolphin-watching industry affect the behaviour of a small and resident population of Indo-Pacific bottlenose dolphins? *Journal of Environmental Management*, 97, 14-21.

Susano-Romero, T. S. (2020). Estudio de intercambio de grupos y lesiones epidérmicas de toninas (*Tursiops truncatus*) presentes en tres bahías costeras del Caribe Mexicano. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Veracruz, México (p. 75).

Sweeney, K. L., Helker, V. T., Perryman, W. L., LeRoi, D. J., Fritz, L. W., Gelatt, T. S., & Angliss, R. P. (2015). Flying beneath the clouds at the edge of the world: using a hexacopter to supplement abundance surveys of Steller sea lions

(*Eumetopias jubatus*) in Alaska. *Journal of Unmanned Vehicle Systems*, 4(1), 70-81.

Symons, J., Pirotta, E., & Lusseau, D. (2014). Sex differences in risk perception in deep-diving bottlenose dolphins leads to decreased foraging efficiency when exposed to human disturbance. *Journal of Applied Ecology*, 51(6), 1584-1592.

Torres, L. G., Nieukirk, S. L., Lemos, L., & Chandler, T. E. (2018). Drone up! Quantifying whale behavior from a new perspective improves observational capacity. *Frontiers in Marine Science*, 319.

Toro, F., Alarcón, J., Toro-Barros, B., Mallea, G., Capella, J., Umaran-Young, C., Abarca, P., Lakestani, N., Peña, C., Alvarado-Rybak, M., Cruz, F., Vilina, Y. & Gibbons, J. (2021). Spatial and Temporal Effects of Whale Watching on a Tourism-Naive Resident Population of Bottlenose Dolphins (*Tursiops truncatus*) in the Humboldt Penguin National Reserve, Chile. *Frontiers in Marine Science*, 8, 624974. doi: 10.3389/fmars.2021.624974

Underhill, K. (2006). Boat traffic effects on the diving behaviour of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus* Montagu) in Sardinia, Italy. Master's Thesis, University of Wales, Bangor, Bangor, United Kingdom.

United Nations Environment Programme. 2016. Overarching Principles and Best Practice Guidelines for Marine Mammal Watching in the Wider Caribbean Region. <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/27275>

Jorge Urbán, R., & Vilorio-Gómora, L. (2021). Challenges of Whale Watching and Swim With Dolphins in Mexico. *Frontiers in Marine Science*, 8, 624596. doi: 10.3389/fmars.2021.624596

Mariño, U. U., & Alcalá, G. (Eds.). (2020). *Pescadores en México y Cuba: Retos y oportunidades ante el cambio climático*. Instituto Politécnico Nacional.

Van Parijs, S. M., & Corkeron, P. J. (2001). Boat traffic affects the acoustic behaviour of Pacific humpback dolphins, *Sousa chinensis*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 81(3), 533-538.

Wells, R. S., & Scott, M. D. (1999). Bottlenose dolphin *Tursiops truncatus* (montagu, 1821). Handbook of marine mammals: the second book of dolphins and porpoises, 6, 137-182.

Wells, R. S., & Scott, M. D. (2018). Bottlenose dolphin, *Tursiops truncatus*, common bottlenose dolphin. In Encyclopedia of marine mammals (pp. 118-125). Academic Press.

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. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-1.RLTS.T22563A156932432>. Consultado el 05 de diciembre de 2022.

Whitehead, H., & Carscadden, J. E. (1985). Predicting inshore whale abundance—whales and capelin off the Newfoundland coast. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 42(5), 976-981.

Würsig, B. and Würsig, M. (1979). Behavior and ecology of the bottlenose dolphin, *Tursiops truncatus*, in the South Atlantic. Fish. Bull. 77(2), 339.

Zacarías-Araujo, F. 1992. Distribución Espacial y Temporal de *Tursiops truncatus* en la zona sur del Caribe Mexicano, durante los años 1987 y 1988. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México (p. 131).



**ANEXO 2. Etograma utilizado en BORIS para el registro de comportamiento de delfines con videos de dron (los subíndices indican el tipo de modificador aplicado)**

Tipo de comportamiento	Código	Descripción	Tecla	Categoría	Comportamientos excluidos
Estado	Alimentación <sup>1</sup>	Delfines involucrados en cualquier esfuerzo para perseguir, capturar y/o consumir presas. Buceo durante largos períodos de tiempo, mostrando inmersiones no sincronizadas repetidas en diferentes direcciones en un lugar determinado, exhibiendo un comportamiento como inmersiones con la caudal expuesta en la superficie (Fettermann <i>et al.</i> , 2022).	a	Alimentación	Social, Descanso, Desplazamiento
Estado	Social <sup>1</sup>	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> , 2022).	b	Social	Alimentación, Descanso, Desplazamiento
Estado	Descanso <sup>1</sup>	Delfines observados en un grupo con alta cohesión, moviéndose lentamente y en una dirección constante. La salida a la superficie es generalmente más predecible, a menudo más sincrónica que la observada en otros estados de comportamiento (Fettermann <i>et al.</i> , 2022).	c	Descanso	Alimentación, Social, Desplazamiento
Estado	Desplazamiento <sup>1</sup>	Los delfines se involucraron en un movimiento direccional persistente, logrando un avance notable a lo largo de un rumbo específico. El espacio del grupo varía y los individuos nadan con intervalos de inmersión cortos y relativamente constantes (Fettermann <i>et al.</i> , 2022).	d	Desplazamiento	Alimentación, Social, Descanso
Evento	Respiración <sup>2</sup>	Los delfines suben a la superficie a respirar. Espiráculo abierto observado	e		
Evento	Bottom grub	Buceo de fondo en busca presas en el suelo marino.	f	Alimentación	

Evento	Cambio de dirección <sup>2</sup>	Cambio importante en la dirección de nado. Por lo general, un cambio de más de 45 grados en relación con el movimiento anterior.	g		
Evento	Sexual	Comportamiento sociosexual/sexual que implica exhibiciones activas, contacto cercano, intentos de penetración.	h	Social	
Evento	Breach	Ascensión desde el agua y estrellarse en la superficie, generalmente de costado	i		
Evento	Alta cohesión/ Baja dispersión <sup>2</sup>	Menos de la longitud de un cuerpo entre individuos (Fettermann <i>et al.</i> , 2022).	j		
Evento	Mediana cohesión/dispersión <sup>2</sup>	De una a cinco longitudes corporales entre individuos (Fettermann <i>et al.</i> , 2022).	k		
Evento	Resoplido	Exhalación deliberada y forzada	l		
Evento	Golpe de cola	El delfín levanta su aleta caudal hacia atrás y la balancea hacia otro animal o superficie.	m		
Evento	Buceo regular	Salida a la superficie en la que solo se exponen el espiráculo, el dorso y la aleta dorsal (Shanne, 1990)	n	Buceo	
Evento	Salida rápida	Como una inmersión regular, pero se ejecuta a velocidades más altas, lo que da como resultado que se exponga una mayor parte del lado ventral del delfín, así como la formación de agua blanca alrededor del cuerpo del delfín (Shanne, 1990)	o	Buceo	
Evento	Tail stock	Buceo donde el dorso del delfín está arqueado y el pedúnculo está expuesto sin la aparición de las aletas (Shane 1990)	p	Buceo	
Evento	Flukes up	El delfín arquea el dorso con la aleta caudal visible sobre la superficie del agua antes de sumergirse (Shanne, 1990)	q	Buceo	

Evento	Baja cohesión/Subgrupos <sup>2</sup>	Los delfines se dividen en dos o más grupos, pero actúan como parte de uno solo (Fettermann <i>et al.</i> , 2022).	r		
Evento	Nado lento	El desplazamiento ocurre a baja velocidad	s		
Evento	Aumento de la velocidad del nado	El desplazamiento comienza a ser más rápido, recorriendo mayor distancia en menor tiempo.	t		

<sup>1</sup> Menor impacto (menos de 3 embarcaciones presentes); Mayor impacto (más de 3 embarcaciones presentes)

<sup>2</sup> Número de embarcaciones (Cumple: de 1-3, No cumple: >3 ); Distancia al grupo de delfines (Cumple: >30 m; No cumple: <30m)

### Anexo 3. Avistamientos de toninas

Avistamiento	Longitud	Latitud	Mes	Temporada	Adultos	Juveniles	Crías	Total	Núm. Embarcaciones	Tiempo de observación (min)
1	19.7625	-87.4759	Agosto	Lluvias	8	0	2	10	5	45
2	19.7855	-87.4857	Agosto	Lluvias	6	0	0	6	1	15
3	19.7720	-87.4844	Septiembre	Lluvias	4	0	0	4	7	29
4	19.7799	-87.4879	Septiembre	Lluvias	2	1	0	3	19	74
5	19.7948	-87.4908	Septiembre	Lluvias	3	1	1	5	9	88
6	19.7618	-87.4793	Septiembre	Lluvias	2	0	0	2	3	34
7	19.7996	-87.4553	Septiembre	Lluvias	4	0	2	6	22	157
8	19.8433	-87.4711	Octubre	Lluvias	5	0	2	7	1	15
9	19.7500	-87.6116	Octubre	Lluvias	7	0	0	7	12	45
10	19.7828	-87.4970	Octubre	Lluvias	3	0	0	3	11	60
11	19.7642	-87.4681	Octubre	Lluvias	8	1	0	9	6	37
12	19.7833	-87.4943	Octubre	Lluvias	5	0	0	5	12	94
13	19.8627	-87.4557	Octubre	Lluvias	4	0	0	4	18	62
14	19.8476	-87.4641	Octubre	Lluvias	6	0	0	6	10	66
15	19.7796	-87.4924	Octubre	Lluvias	2	0	0	2	6	60
16	19.8198	-87.4866	Octubre	Lluvias	4	0	0	4	1	16
17	19.8547	-87.4639	Octubre	Lluvias	6	0	0	6	23	94
18	19.7798	-87.4882	Octubre	Lluvias	4	0	0	4	13	12
19	19.7745	-87.4794	Octubre	Lluvias	6	0	0	6	12	33
20	19.7507	-87.4557	Octubre	Lluvias	9	0	0	9	5	25
21	19.8433	-87.4733	Octubre	Lluvias	5	0	0	5	19	113
22	19.8431	-87.4591	Octubre	Lluvias	4	0	0	4	5	9
23	19.8044	-87.4818	Octubre	Lluvias	3	0	0	3	1	10
24	19.8235	87.4854	Octubre	Lluvias	2	2	0	4	20	92

<b>25</b>	19.7861	-87.5033	Octubre	Lluvias	9	0	0	9	5	27
<b>26</b>	19.7604	-87.4849	Noviembre	Nortes	1	0	0	1	24	90
<b>27</b>	19.7980	-87.4986	Noviembre	Nortes	1	0	0	1	11	10
<b>28</b>	19.7804	-87.4831	Noviembre	Nortes	5	1	0	6	20	95
<b>29</b>	19.7827	-87.4802	Noviembre	Nortes	3	0	0	3	32	88
<b>30</b>	19.8844	-87.4428	Noviembre	Nortes	1	0	1	2	13	95
<b>31</b>	19.7818	-87.4565	Noviembre	Nortes	5	0	0	5	27	81
<b>32</b>	19.8143	-87.4885	Noviembre	Nortes	9	1	0	10	25	79
<b>33</b>	19.7791	-87.4612	Noviembre	Nortes	4	0	0	4	4	26
<b>34</b>	19.7991	-87.4955	Noviembre	Nortes	6	0	1	7	24	142
<b>35</b>	19.8093	-87.4905	Noviembre	Nortes	5	1	2	8	31	145
<b>36</b>	19.7776	-87.4787	Noviembre	Nortes	1	0	0	1	1	21
<b>37</b>	19.7744	-87.4765	Noviembre	Nortes	3	0	0	3	28	128
<b>38</b>	19.5823	-87.5617	Noviembre	Nortes	1	0	0	1	1	18
<b>39</b>	19.7739	-87.4779	Noviembre	Nortes	10	0	0	10	27	147
<b>40</b>	19.7898	-87.4881	Enero	Nortes	2	0	0	2	36	50
<b>41</b>	19.7587	-87.4787	Enero	Nortes	5	0	3	8	20	86
<b>42</b>	19.8055	-87.4935	Enero	Nortes	5	0	3	8	13	130
<b>43</b>	19.7783	-87.4837	Enero	Nortes	10	0	1	11	18	110
<b>44</b>	19.8021	-87.4976	Enero	Nortes	1	0	0	1	1	27
<b>45</b>	19.7831	-87.4880	Enero	Nortes	12	0	0	12	9	75
<b>46</b>	19.8001	-87.4896	Enero	Nortes	10	0	2	12	19	85
<b>47</b>	19.7823	-87.4774	Enero	Nortes	1	0	0	1	4	36
		<b>Total</b>			<b>222</b>	<b>8</b>	<b>20</b>	<b>250</b>	<b>634</b>	<b>3076</b>
		<b>Porcentaje (%)</b>			<b>88.8</b>	<b>3.2</b>	<b>8</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	