



Universidad Veracruzana

UNIVERSIDAD VERACRUZANA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS

Campus Tuxpan

Maestría en Manejo de Ecosistemas Marinos y Costeros

**Abundancia, distribución y asociación de toninas
(*Tursiops truncatus*) en el ANP: Santuario del Manatí,
Bahía de Chetumal, en Quintana Roo, México**

TESIS

Que para obtener el título de:

**MAESTRA EN MANEJO DE ECOSISTEMAS MARINOS Y
COSTEROS**

P R E S E N T A:

Biól. Iris Adaí Ruiz Hernández

Directora:

Dra. Delma Nataly Castelblanco Martínez

Co Director:

Dr. Arturo Serrano Solís

Tuxpan, Veracruz

2020

AGRADECIMIENTOS

A Dios, porque aún con todas las dificultades durante este proyecto logré culminar esta etapa

A mis directores:

Dra. Delma Nataly Castelblanco Martínez, por aceptarme como su estudiante, por todas sus enseñanzas, por el apoyo académico que me brindo, la paciencia y sobre todo por el tiempo dedicado para culminar este trabajo.

Dr. Arturo Serrano Solís, por su paciencia, su gran apoyo, por sus consejos e incluso regaños, sin todo esto no hubiera sido posible esta investigación.

A mi comité lector:

Dr. Alberto Delgado Estrella, por sus pertinentes observaciones a mi trabajo, por estar siempre pendiente, guiarme con su gran experiencia y ayudarme a enriquecer mi trabajo.

Dr. Juan Manuel Pech Canché, por sus acertados comentarios, por motivarme e inspirarme con su buena vibra, por su manera de enseñar y sobre todo por el gran apoyo siempre a mi trabajo.

Mtro. Agustín Basáñez, por el apoyo académico y administrativo para culminar esta etapa, por sus consejos y aportaciones a esta investigación.

A las entidades académicas e Instituciones:

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada para estudiar esta maestría con número: 626094. Además del financiamiento de una beca mixta para realizar una estancia nacional.

A la Universidad Veracruzana, por impulsar mi desarrollo profesional. Por los financiamientos otorgados para estancia de campo y congresos.

A la Universidad de Quintana Roo, por recibirme y brindarme las facilidades para un buen desarrollo de mi estancia, por el apoyo con equipo y embarcación para mis salidas de campo.

A la Secretaría de Ecología y Medio Ambiente (SEMA), por el apoyo con embarcación y personal para realizar algunas salidas de campo.

Al programa de monitoreo de Megafauna acuática del Caribe, por el aprendizaje obtenido en la participación en otros proyectos.

Con gran respeto a los profesores de la Universidad de Quintana Roo, que aportaron de alguna manera a mi proyecto de investigación, Dra. Pilar Blanco, Dr. Alberto Pereira y de manera especial al Dr. Carlos Niño, que además de compartirme datos iniciales de la Bahía de Chetumal, me apoyo y recibió en el laboratorio como una más de sus alumnas. De Belice; a Eric Ramos, por su importante aporte de fotografías de delfines para el inicio de esta investigación en Bahía de Chetumal/Corozal.

De manera general, agradezco a todos mis profesores de la Maestría en Manejo de Ecosistemas Marinos y Costeros por ayudarme a crecer académicamente transmitiendo un poco de sus conocimientos.

A mis padres, hermanas y esposo, gracias por estar en todo momento para mí, aún en la distancia.

A mis compañeros de la maestría, por la compañía, amistad y cada una de sus ocurrencias. En especial a la delfina Anahí Ojeda, por el apoyo moral, por sus regaños en mi exceso de estrés jaja, por la motivación y aliento a seguir, aún en mis peores momentos y por siempre tomarme en cuenta para sus salidas de campo, más que trabajo para mi fueron momentos de aprendizaje y gratas experiencias, por los proyectos juntas ¡gracias!

DEDICATORIA

Con mucho cariño a mi familia:

Mamá, papá y hermanas, sin su apoyo nada de esto hubiera sido posible, ¡Los amo mucho!

Álvaro, amor gracias por apoyarme siempre en todo, por aguantar mi ausencia y darme siempre aliento, por impulsarme a seguir adelante, por quererme tanto, este trabajo también es tuyo, sin ti no hubiera sido posible.

A ti mi pequeña Maia, eres mi fuerza e inspiración, mi razón de seguir adelante y de luchar por ser mejor cada día. ¡Te amo mi bebé!

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	ANTECEDENTES.....	1
2.1	Toninas (<i>Tursiops truncatus</i>).....	1
2.1.1	Biología.....	1
2.1.2	Distribución	3
2.1.3	Abundancia	4
2.1.4	Comportamiento y asociaciones	6
2.2	Métodos de monitoreo	7
3.	OBJETIVOS.....	9
3.1.	Objetivo general	9
3.2.	Objetivos particulares	9
4.	ÁREA DE ESTUDIO	10
5.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
5.1	Colecta de datos.....	15
5.1.1	Recorridos sistemáticos.....	15
5.1.2	Recorridos no sistemáticos	16
5.1.3	Información oportunista y aportada por terceros.....	18
5.2	Análisis de datos	19
5.2.1	Identificación individual de los delfines	21
5.2.2	Abundancia	22
5.2.3	Distribución	23
5.2.4	Tamaño, estructura de grupo y asociación entre individuos	23
6.	RESULTADOS.....	27
6.1	Esfuerzo de muestreo	27
6.2	Identificación individual de los delfines: Foto-identificación	33
6.3	Abundancia.....	38
6.4	Distribución espacial de grupos.....	43
6.5	Tamaño, estructura de grupo y asociación entre individuos.....	46
7.	DISCUSIÓN	57
7.1	Distribución y abundancia.....	57

7.2 Tamaño, estructura de grupo y asociaciones	63
8. CONCLUSIONES	68
9. APLICACIÓN PRÁCTICA	70
10. BIBLIOGRAFÍA	77

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Resumen de muestreos no sistemáticos y sistemáticos en la Bahía de Chetumal, México, realizados en el periodo de enero a agosto de 2018.....	27
Cuadro 2. Frecuencia relativa (Fr) de los avistamientos en la Bahía de Chetumal, México, realizados en el periodo de enero a agosto de 2018	29
Cuadro 3. Información obtenida de la Foto-identificación en la Bahía de Chetumal, México.....	34
Cuadro 4. Delfines observados en las tres temporadas: nortes, secas y lluvias durante el 2018 en la Bahía de Chetumal, México... Error! Bookmark not defined.	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del Área Natural Protegida “Santuario del Manatí- Bahía de Chetumal” en Quintana Roo, México. Tomado y modificado de GEBCO-NOAA NCEI, 2019.....	11
Figura 2. Ubicación transfronteriza de la de la Bahía de Chetumal en México/Bahía de Corozal en Belice. Tomado y modificado de Google.maps. 2019.....	12
Figura 3. Recorridos sistemáticos en la Bahía de Chetumal-México, cada línea de color diferente representa un muestreo diferente.....	16
Figura 4. Recorridos no sistemáticos en la Bahía de Chetumal-México	17
Figura 5. Registro de avistamientos por horas y kilómetros recorridos por temporada climática	28

Figura 6. Gráficas de correlación entre el número de avistamientos y las horas de muestreo durante la temporada de norte y lluvias durante el 2018 en la Bahía de Chetumal, México.	30
Figura 7. Gráfica de correlación entre el número de avistamientos y las horas de muestreo durante la temporada de secas durante el 2018 en la Bahía de Chetumal, México.....	31
Figura 8. Gráficas de correlación entre el número de avistamientos y los kilómetros recorridos durante la temporada de norte y lluvias durante el 2018 en la Bahía de Chetumal, México	32
Figura 9. Gráfica de correlación entre el número de avistamientos y los kilómetros recorridos durante la temporada de secas durante el 2018 en la Bahía de Chetumal, México.....	33
Figura 10. Ejemplo de delfines foto-identificados en la Bahía de Chetumal.....	34
Figura 11. Histograma de frecuencias de observación de los delfines en la Bahía de Chetumal. El eje de las abcisas representa el número de veces que se observó a un mismo individuo y el eje de las ordenadas, el número de animales que se observaron con dicha frecuencia	35
Figura 12. Curva de acumulación de delfines foto-identificados por mes de muestreo en la Bahía de Chetumal, México.....	36
Figura 13. Frecuencias de aparición de cada uno de los delfines foto-identificados en la Bahía de Chetumal, México.	37
Figura 14. Curva de acumulación con los modelos de extrapolación Chao2 y Jackknife1, para los individuos foto-identificados en la Bahía de Chetumal.	38
Figura 15. Abundancia promedio por zona geográfica dentro de la Bahía de Chetumal.....	40
Figura 16. Abundancia Relativa (AR) por temporada climática en la Bahía de Chetumal.....	41
Figura 17. Abundancia Relativa (AR) de adultos por temporada climática en la Bahía de Chetumal.	42

Figura 18. Abundancia Relativa (AR) de crías por temporada climática en la Bahía de Chetumal.....	43
Figura 19. Distribución de los grupos de delfines observados, en la Bahía de Chetumal, México	44
Figura 20. Distancia a la costa (km) de los grupos de delfines observados por temporada en la Bahía de Chetumal, México	45
Figura 21. Histograma de frecuencias de los grupos de delfines observados, en el eje de las ordenadas el número de individuos que conformaron los grupos y en el eje de las abscisas la frecuencia con la que se observaron.	47
Figura 22. Promedios de la composición de los grupos de delfines registrados por clases etarias.	48
Figura 23. Clúster del grado de asociación de los individuos foto-recapturados durante todo el periodo de estudio. Los colores indican el grado de asociación entre los delfines, entre más cercano al valor de 1 mayor es el índice de asociación entre delfines.....	50
Figura 24. Sociograma de los individuos foto-identificados en la Bahía de Chetumal. Las líneas muestran las conexiones entre individuos asociados por pares o tríos y el grosor de éstas refleja el valor del grado de asociación entre los delfines (COA) que van de 0.50 a 1. Los colores representan el grado de asociación entre los delfines, las líneas de color naranja corresponden al valor 0.50, las líneas verdes al valor 0.75 y las líneas azules al valor de 1.00.....	51
Figura 25. Clúster del grado de asociación de los individuos foto-recapturados durante temporada de nortes. Los colores indican el grado de asociación entre los delfines, entre más cercano al valor de 1 mayor es el índice de asociación entre delfines.....	53
Figura 26. Clúster del grado de asociación de los individuos foto-recapturados durante temporada de secas. Los colores indican el grado de asociación entre los delfines, entre más cercano al valor de 1 mayor es el índice de asociación entre delfines.....	55

Figura 27. Clúster del grado de asociación de los individuos foto-recapturados durante temporada de lluvias. Los colores indican el grado de asociación entre los delfines, entre más cercano al valor de 1 mayor es el índice de asociación entre delfines..... 56

RESUMEN

Las toninas (*Tursiops truncatus*) son una especie sujeta a protección especial, su presencia o ausencia en un sitio es fuertemente influenciado por factores bióticos, abióticos y ambientales. El monitoreo de su dinámica poblacional y social a través del tiempo permite dar pautas para detectar cambios en el ambiente, su protección puede contribuir a la gestión integral de las regiones marinas y costeras. El objetivo de este proyecto fue generar una línea base de información sobre la ecología poblacional de *Tursiops truncatus* en el ANP Santuario del Manatí Bahía de Chetumal México, mediante la técnica de foto-identificación. Se obtuvieron registros de 24 grupos, se identificó a 57 toninas, con recapturas de 2-7 veces ($n=38$, 67%) y vistos solo una vez el 33% ($n=19$). El IAR fue de 2.14 ± 3.21 D. E. delfines/h, aumentado en temporada de secas $IAR= 2.3 \pm 2.4$ D.E. El 66% ($n=16$) de los grupos se registraron en la parte noroeste de la Bahía en profundidades <7 m y en distancias <6 km del continente. En promedio los grupos fueron de 10.9 ± 10.4 D.E. delfines, pero en su mayoría se registraron de dos y cinco delfines. El 86.2% ($n=170$) fueron adultos con un promedio de 9.1 ± 9.2 D.E delfines, el 12.18% ($n=24$) crías, en promedio 1.4 ± 1.5 D. E. y el 1.5% ($n=3$) neonatos 0.17 ± 0.5 D.E. De las asociaciones se obtuvieron coeficientes con valores 0.3 a 1, variando por temporada con relación a los beneficios obtenidos según el tipo de actividad. Esta investigación mostró una parte de la dinámica poblacional de las toninas de la Bahía de Chetumal. En la interpretación de resultados se debe considerar la alta movilidad de los delfines, los rangos de ámbitos hogareños y la probabilidad alta de ser una población abierta.

Palabras clave: Caribe Mexicano, Delfines, Dinámica social, Ecología poblacional, Foto-identificación

1. INTRODUCCIÓN

En México una de las especies de odontocetos mejor estudiados es el delfín *Tursiops truncatus*, conocido comúnmente como delfín mular, tursión o tonina (Auriolles-Gamboa, 2009; Escobar-Lazcano, 2015). Su amplia distribución, la abundancia de sus poblaciones y su gran capacidad de adaptación lo han posicionado dentro de la escala “Preocupación menor”, en la lista roja de especies amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN por sus siglas en inglés) clasificación que se mantiene actualmente (Wells *et al.*, 2019).

A pesar de lo anterior, en México este delfín se encuentra protegido por la norma oficial NOM-059-SEMARNAT-2010 para especies nativas de flora y fauna silvestres (SEMARNAT, 2010 catalogado como “Especie Sujeta a Protección Especial” (Pr), pues es una especie que podría llegar a encontrarse amenazada por factores que inciden negativamente en su viabilidad. Por lo anterior, se debe propiciar su recuperación y conservación o la recuperación y conservación de poblaciones de especies asociadas.

La presencia o ausencia de la especie en un sitio es fuertemente influenciada por los cambios en su hábitat, por lo tanto, factores bióticos (p. ej. la disponibilidad de presas, depredadores, concentración de clorofila, entre otros), abióticos (p.ej. la contaminación, el desarrollo costero, nivel de actividades recreativas y nivel de actividades pesqueras) y ambientales (p.ej. tipo de fondo, profundidad, flujo de la

marea, corrientes de agua) (Espinoza *et al.*, 2017; Flores *et al.*, 2018; Santos-Carvalho *et al.*, 2018) pueden modificar su distribución, abundancia, tamaño y estructura de grupo, dinámica poblacional (residencia y fidelidad al sitio), dinámica social (interacciones y asociaciones), incluso propiciar el desarrollo de enfermedades en la piel (Fruet *et al.*, 2011; Jiménez y Alava, 2014; Delgado-Estrella, 2015; Ramos *et al.*, 2018). A pesar de su importancia, en México aún existe un gran vacío de información sobre estos delfines, particularmente en el sur del Caribe Mexicano (Morales-Vela *et al.*, 2011; Niño-Torres *et al.*, 2015), donde la investigación sobre la especie ha sido oportunista y no se había retomado de manera sistemática desde hace más de 25 años.

En Quintana Roo, una importante Área Natural Protegida (ANP) de nivel binacional (México-Belice), es el Santuario del Manatí Bahía de Chetumal, debido a que presenta ecosistemas con una gran biodiversidad, entre los que habitan especies vulnerables, raras y en peligro de extinción, por lo que esta área cuenta con un plan de manejo desde 1996, modificado en 1999 (PODEQR, 2008). Entre las modificaciones al plan de manejo se propuso la actualización del mismo cada tres a cinco años, aspecto que hasta el momento se ha incumplido por falta de apoyo económico, político y de investigación, situación que se ha visto reflejada en el bajo apoyo para estudio de grupos taxonómicos presentes, incremento del vertimiento de aguas residuales, modificación al paisaje costero de la Bahía, falta de acuerdos binacionales, falta de regulación de la pesca artesanal, de autoconsumo y falta de vigilancia e inspección de pesca furtiva, provocando la muerte de diversas especies

acuáticas entre ellas, delfines (Espinoza-Ávalos *et al.*, 2009; Arellano, 2017). Dado lo anterior, es importante realizar acciones que permitan apoyar planes de manejo y conservación, fortalecidas con la investigación y el sustento científico (Morales-Vela, 2014), además del fomento de actividades sustentables como el ecoturismo, que permitan adquirir recursos económicos para el mantenimiento del área (Arellano, 2017)

El presente trabajo tiene como objetivo principal conocer la distribución, abundancia y asociación grupal del delfín *Tursiops truncatus* en el Área Natural Protegida “Santuario del manatí- Bahía de Chetumal en Quintana Roo”, México. Esto permitirá iniciar una línea base de conocimiento para un monitoreo de la población a largo plazo y contribuir con información de la especie para las actualizaciones del plan de manejo actual.

2. ANTECEDENTES

2.1 Toninas (*Tursiops truncatus*)

2.1.1 Biología

La especie de delfín *Tursiops truncatus* fue descrita por primera vez por Montagü en 1821, es conocido comúnmente como Delfín mular, Tursión o Tonina (AMMPA, 2017), taxonómicamente es clasificada como (SMM Committe on Taxonomy 2017):

Clase Mammalia

Orden Cetartiodactyla (Artiodáctilos y Cetáceos)

Suborden Odontoceti

Familia Delphinidae

Especie *Tursiops truncatus* (Montagü, 1821)

Este delfín posee un cuerpo hidrodinámico y fusiforme (en forma de torpedo) con un rostro claramente diferenciado del melón. Tiene tres tipos de extremidades para su desplazamiento, propulsión y estabilización: 1) Aletas pectorales; extremidades anteriores modificadas cuya su función es estabilizar el cuerpo y dirigirlo en su desplazamiento; 2) Aleta caudal, estructura adquirida secundariamente derivada del crecimiento de la piel y tejido conectivo, su principal función es la propulsión; y 3) Aleta dorsal, situada aproximadamente en el centro de su cuerpo, es de tamaño medio y ligeramente curvada, su principal función es estabilizar y termorregular.

Además, las posibles muescas generadas en esta aleta funcionan como marca de reconocimiento individual en los delfines (Bejder y Hall, 2002; Meagher *et al.*, 2002; Morteo *et al.*, 2017b)

Su forma y coloración varían en función de su localización geográfica, pero sigue un patrón que va de tono gris oscuro a gris claro, en la parte dorsal y de blanca a rosada en la parte ventral, con variaciones de coloración en la parte ventral cuando están en temporada reproductiva (Morteo *et al.*, 2017b). Se diferencian dos variedades o ecotipos según su hábitat, presentando variaciones morfológicas, genéticas, ecológicas y de comportamiento. El ecotipo costero es de distribución normalmente en cuerpos de agua poco profundos incluyendo desembocaduras de ríos, estuarios y lagunas costeras, alrededor de cayos y atolones, tamaño corporal menor, coloración más clara, y viaja en grupos pequeños, mientras que los del ecotipo oceánico suelen ser de mayor tamaño corporal, patrones de coloración más oscura, con preferencias en regiones pelágicas y generalmente conforma grandes grupos (Ramos *et al.*, 2016).

Nacen con una longitud aproximada de un metro y los adultos pueden medir en promedio de 2.5 a 3.8 m, dependiendo la zona geográfica, siendo normalmente los machos más largos que las hembras. El peso promedio es de 650 Kg. La dieta del delfín común está basada en peces, cefalópodos y crustáceos (Wells y Scott, 2018).

La edad a la que alcanzan la madurez sexual es muy variable en las hembras, ya que se da entre los 5 y 13 años, mientras que en los machos suele ser entre los 9 y

14 años. El periodo de gestación puede durar de 12 a 18 meses (Wells y Scott, 2018).

2.1.2 Distribución

Las toninas (*Tursiops truncatus*) se distribuyen en aguas templadas y tropicales alrededor del mundo, se les conoce como especie cosmopolita por su adaptación a una variedad de ecosistemas marinos y estuarinos (Wells y Scott, 2018). La distribución y uso de hábitat de esta especie es influenciado principalmente por la heterogeneidad ambiental, por lo que dependen de factores como la disponibilidad de alimento, profundidad, temperatura del agua, tipos de fondo marino, descargas de cuerpos de agua, topografía de la costa y actividades antrópicas costeras (Peña, 2014; Santos-Carvalho *et al.*, 2018). Se ha comprobado que la biología de las presas preferidas por esta especie ejerce un efecto importante en la distribución (Pérez-Cao *et al.*, 2009; Santos-Carvalho *et al.*, 2018).

En México existen varios estudios dirigidos a las toninas, generalmente enfocados a las poblaciones de delfines del ecotipo costero, debido a las facilidades logísticas para su seguimiento (Martínez-Serrano *et al.*, 2011; Peña, 2014; Guevara-Aguirre y Gallo-Reynoso, 2015), en este estudio la investigación también se enfoca en este ecotipo.

Particularmente en el Caribe Mexicano, durante 1987 y 1988 en la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an y la Bahía de Chetumal se estudió la distribución, abundancia, movimientos y época reproductiva de toninas, durante las tres

temporadas climáticas (secas, lluvias y nortes) (Ortega-Ortiz, 1996) donde se reportó la presencia constante de delfines con variaciones estacionales, con zonas de preferencia en profundidades someras en la parte norte de la Bahía de Chetumal. En la Bahía de Ascensión entre 1994 y 1995, se foto-identificaron 46 toninas. La presencia y comportamiento de éstas fue influenciado por las temporadas climáticas y se estimó una población de 95 (± 76.9 E. E.) individuos.

Recientemente para la Bahía de Corozal en Belice, para estudios de Lobomicosis (enfermedad de la piel) se ha reportado una población de al menos a 16 individuos con distribución variable (Ramos *et al.*, 2018), animales que por la cercanía muy probablemente sean parte de la población de delfines de Bahía de Chetumal, México.

2.1.3 Abundancia

La abundancia relativa es un parámetro de gran importancia para monitorear una población, pues es un atributo demográfico que permite comparar en el tiempo y espacio el número promedio de individuos de una población por unidad de área, dato esencial para la toma de decisiones en cuestiones de manejo de una especie (Pérez-Cao *et al.*, 2009; Badii *et al.*, 2012; Martella *et al.*, 2012). Además, es una de las variables que influye en la variación del tamaño poblacional de una región a otra (Fruet *et al.*, 2011).

Las estimaciones de la abundancia se pueden realizar por medio de dos métodos:

- 1) Muestreo a distancia: Este método se realiza por medio de transectos lineales bien delimitados con colectas de distancia. De esta forma se estima la abundancia y densidad en un tiempo específico. (Buckland *et al.*, 1993 y Buckland y York, 2002).
- 2) Muestreo captura-recaptura: Con esta técnica se evalúa la abundancia absoluta y otros parámetros poblacionales de manera no invasiva, usando como herramienta a la foto-identificación, que permite el seguimiento de los delfines a través de fotografías a lo largo del tiempo, estimando el tamaño poblacional en localidades específicas.

Los cálculos de abundancia de odontocetos en el Golfo de México y el Caribe mexicano se han realizado principalmente por medio de estudios de foto-identificación. Cuando no es posible calcular la abundancia absoluta, por el tipo de datos colectados, se estima la abundancia relativa en función del muestreo determinando el número de organismos (N) entre el esfuerzo total en horas (Eth) y/o kilómetros (Buckland *et al.*, 2001).

Los tamaños poblacionales de toninas costeras calculados para las zonas costeras de México (Golfo de México y Caribe Mexicano) van desde los 51 a más de 192 delfines para la zona norte (NOAA-Fisheries, 2016f), para la zona centro durante varios años se ha reportado una comunidad estable en el tiempo de 106 individuos/día (Morteo *et al.*, 2016), para la zona sur: en Laguna de Términos 1,987 individuos, Tabasco 521 individuos, Quintana Roo 344 individuos y Yucatán 37 organismos (Delgado-Estrella, 2002), Laguna de Yalahau y Holbox 500 individuos

(Delgado-Estrella, 2015). Especialmente en la zona del Caribe los estudios enfocados a la abundancia de toninas son antiguos y poco continuos, 66 individuos (Zacarías, 1992; Ortega-Ortiz, 1996).

2.1.4 Comportamiento y asociaciones

Las poblaciones de toninas se describen como organizaciones de tipo fisión-fusión, lo que quiere decir que la composición del grupo es dinámica, se fusiona o se divide en la misma agregación varias veces al día, por lo general los machos son los que entran y salen de los grupos, aunque en algunas ocasiones estos pueden formar alianzas de hasta más de 20 años, mientras que los grupos de hembras pueden mantenerse en grupo más estables (Verme e Innacone, 2012;; AMMPA, 2017; Louis *et al.*, 2015).

Las asociaciones se dan de acuerdo con diversas condiciones ecológicas, historias de vida e incluso características demográficas (Möller, 2012; La Fauci, 2017). Hay conformaciones temporales de individuos que van de los dos a 10 individuos (Verme e Innacone, 2012) hasta conformaciones de grupos de van hasta los 100 animales (Louis *et al.*, 2015).

Existen alianzas entre individuos con más de cuatro años juntas conformadas por grupos del mismo sexo, edad y madurez sexual (Verme e Innacone, 2012; AMMPA, 2017). Aunque las asociaciones por sexo no siempre se cumplen (Louis., *et al* 2018). Los índices de asociaciones reflejan fuertes asociaciones entre pares o tríos de machos, contrario a lo que sucede con hembras, los grupos se muestran

variables con entradas y salidas de delfines (Verme e Innacone, 2012; Louis., *et al* 2018).

Los patrones de asociación varían en gran medida con relación a la especialización de los grupos de delfines y al uso de los recursos ecológicos (Louis *et al.*, 2018). Las asociaciones que se forman y el grado en que se dan estas sociedades, son fuertemente influenciadas por la búsqueda común de satisfacer alguna necesidad con beneficios individuales o grupales, por ejemplo, reducir las probabilidades de ser depredados, aumentar la detección de presas y aumentar el éxito reproductivo (Möller, 2012; García-Vital *et al.*, 2015; Bolaños-Durán, 2017).

2.2 Métodos de monitoreo

Existen diversas técnicas de monitoreo para conocer aspectos ecológicos de las toninas a nivel individual (p.ej. comportamiento social, reproductivo y de alimentación) y grupal (e. g. distribución, abundancia y tendencias poblacionales) que van desde métodos directos como la toma de piel o grasa para estudios genéticos, el seguimiento por telemetría, acústica a métodos indirectos como el marcaje “captura-recaptura” realizado con la técnica de foto-identificación (Defran *et al.*, 2015; Louis *et al.*, 2015; Serrano *et al.*, 2017; Louis *et al.*, 2018; Passadore *et al.*, 2018).

El seguimiento por medio del método “captura-recaptura” basado en la foto-identificación no requiere capturar a los animales de forma física, sino a través de fotografías, preferentemente de las marcas o muescas presentes en la aleta dorsal

de los delfines. Con este método es posible seguir y monitorear a un organismo de manera individual y grupal a través del tiempo, sin embargo, se debe tomar en cuenta que esta técnica solo permite tener seguimiento de los animales que cuentan con algún tipo de marca distintiva, descartando aquellos individuos con marcas superficiales o sin marcas (Mazzoil *et al.*, 2003).

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Determinar la abundancia, distribución y asociaciones de delfines (*Tursiops truncatus*) en el Santuario del Manatí, Bahía de Chetumal en Quintana Roo, México.

3.2. Objetivos particulares

- Estimar la abundancia relativa de toninas en el Santuario del Manatí Bahía de Chetumal
- Conocer la distribución espacial y temporal de los individuos dentro de la bahía de Chetumal
- Registrar el tamaño, estructura de grupo y asociaciones entre individuos

4. ÁREA DE ESTUDIO

La zona de estudio es la Bahía de Chetumal y se encuentra localizada en el Caribe Mexicano en el estado de Quintana Roo, México (Fig.1). Es un cuerpo de agua transfronterizo entre México y Belice, no existe un límite físico de la boca de la Bahía de Chetumal (denominada Bahía de Corozal en Belice), pero ha sido delimitada por una línea imaginaria entre los puntos geográficos $17^{\circ} 50'45.33''$ N / $88^{\circ} 04' 00.05''$ O y $17^{\circ} 51' 09.38''$ N / $88^{\circ} 12' 43.71''$ O. El primer punto (Cayo Cangrejo) es el extremo sur de un sistema de cayos continuos, que incluyen Ambergris Cay y el que contiene al poblado San Pedro, y están aparte de otros ubicados hacia el sur, discontinuos y rodeados por aguas de mar abierto. El segundo punto es la boca del sistema lagunar "River Lagoon" y está ubicado enfrente del primero, en la costa oeste. Ambos puntos geográficos están ubicados en territorio de Belice. Su área total aproximada es de 2600 km^2 , correspondiendo 1200 km^2 a Belice y 1400 km^2 a México (Hernández-Arana *et al.*, 2009) (Fig.2).

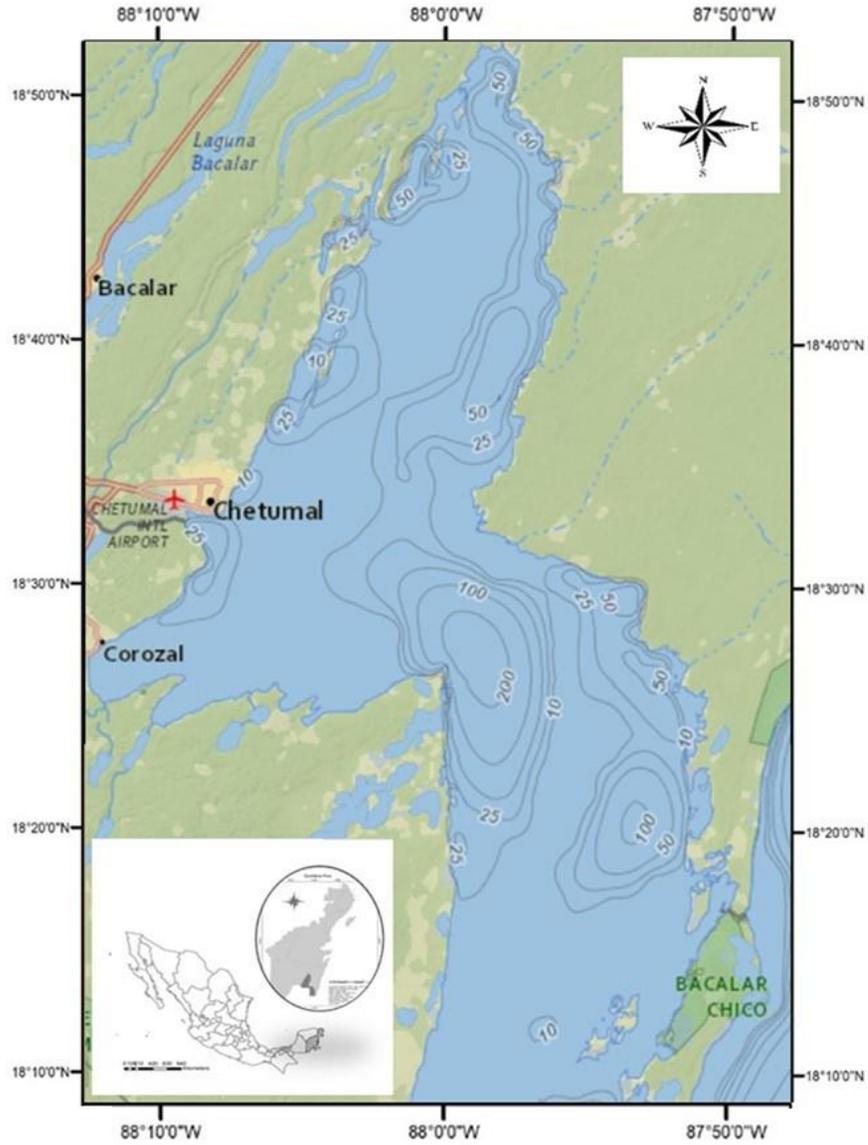


Figura 1. Ubicación del Área Natural Protegida “Santuario del Manatí-Bahía de Chetumal” en Quintana Roo, México. Tomado y modificado de GEBCO-NOAA NCEI, 2019.

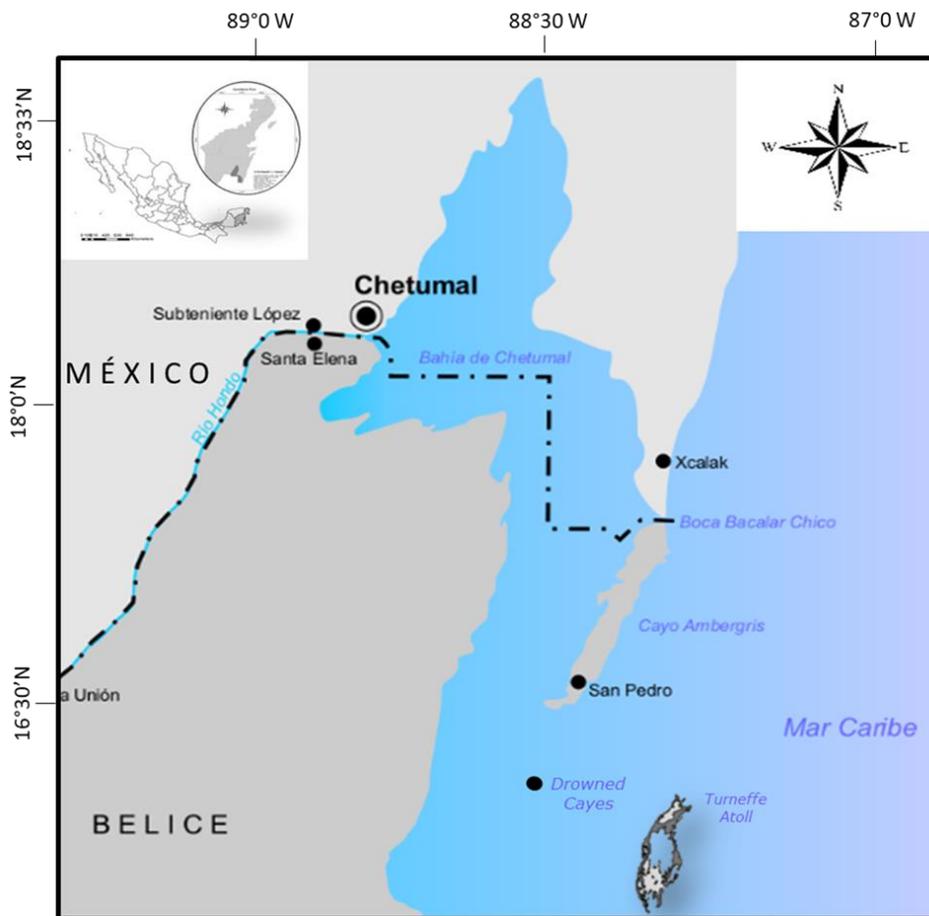


Figura 2. Ubicación transfronteriza de la de la Bahía de Chetumal en México/Bahía de Corozal en Belice. Tomado y modificado de Google.maps. 2019.

Esta bahía es un cuerpo de agua semi-cerrado que se encuentra comunicado al mar Caribe en su porción sureste, es un sistema somero, oligotrófico, tiene forma semi-elongada con ~ 110 km de largo y ~20 km de ancho, con un máximo de 49 km en su parte media y un mínimo de 5 km en la cabeza. En esta Bahía desemboca el Río Hondo, el sistema lagunar de Guerrero, Río Nuevo (Belice), Laguna Shipstern (Belice), así como escurrimientos de los humedales, en la parte norte, a través de

los arroyos Río Crik y Siete Esteros, estos cuerpos de agua le dan una característica estuarina (Carrillo *et al.*, 2009).

La profundidad de la bahía es relativamente somera (4-5 m), con un canal central que presenta una profundidad promedio de 6 a 8 m con dirección SO y con depresiones angostas y profundas conocidas localmente como “pozas” (Carrillo *et al.*, 2009). La temperatura se encuentra en intervalos que van desde los 23.9°C a los 30.7° C mientras que la salinidad va de 7 a 18 ups, decreciendo desde la boca hacia la cabeza de la bahía (Herrera-Silveira *et al.*, 2009; SMN, 2019).

En bahía de Chetumal se presenta un clima cálido subhúmedo marcando tres temporadas climáticas a lo largo del año: 1) Lluvias que comprende los meses de junio a septiembre pudiendo extenderse hasta noviembre con una precipitación anual entre 800 a 1500 mm; 2) Secas que abarca los meses de febrero-abril y algunas veces hasta mayo; y 3) Nortes que puede empezar desde octubre o noviembre a enero (Herrera, 2011).

La precipitación anual es de 1100 a 1500 mm (Herrera-Silveira *et al.*, 2009) y es máxima acentuando las condiciones estuarinas de la bahía; mientras que en invierno se registra solo el 10% de la precipitación que ocurre en verano con intervalos de escurrimiento superficial del 5 al 10 %. El escurrimiento superficial más importante es el Río Hondo que nace en Guatemala con el nombre Arroyo Azul, estos cuerpos de agua juntos hacen 160 km, desembocando en el mar Caribe a través de la Bahía de Chetumal (Carrillo *et al.*, 2009; Herrera, 2011).

La parte acuática de la bahía de Chetumal está considerada por la Comisión Nacional de la Biodiversidad como área Marina Prioritaria No. 66 por su biodiversidad, los humedales y lagunas de esta área corresponden a la Región Hidrológica No. 109 (Hernández-Arana *et al.*, 2009; Arriaga *et al.*, 2017). En todos los ecosistemas acuáticos y terrestres de esta extensa área se ha identificado un número importante de especies bajo varias condiciones de protección nacional e internacional: 15 de vegetación, tres de mamíferos acuáticos, tres de anfibios, 32 de reptiles, 42 de aves y 28 de mamíferos terrestres (Arriaga *et al.*, 2017).

Además, tiene una alta importancia socioeconómica debido a que sustenta actividades de pesca comercial y deportiva de la ciudad de Chetumal, así como los poblados de Calderitas y Bacalar, además es un ecosistema transfronterizo al estar compartido con Belice (Herrera-Silveira *et al.*, 2009). Se han registrado diversas especies de peces explotadas comercialmente como la cherna y barracuda para autoconsumo o como especies objeto de pesca deportiva; 21 de peces y una especie de crustáceo (la jaiba azul) (Espinoza-Avalos *et al.*, 2009; Arriaga *et al.*, 2017).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Colecta de datos

La colecta de fotografías y datos informativos de los delfines se realizó de enero a agosto de 2018 y fue desarrollada de la siguiente manera:

5.1.1 Recorridos sistemáticos

Estas navegaciones se realizaron en embarcaciones de 21 y 23 pies pertenecientes a la Universidad de Quintana Roo, con motor fuera de borda de 100 hp de fuerza, a una velocidad de 15-18 km/h. Los recorridos fueron homogéneos y en zig-zag, tratando de cubrir la mayor área posible por la Bahía de Chetumal (Fig.3).

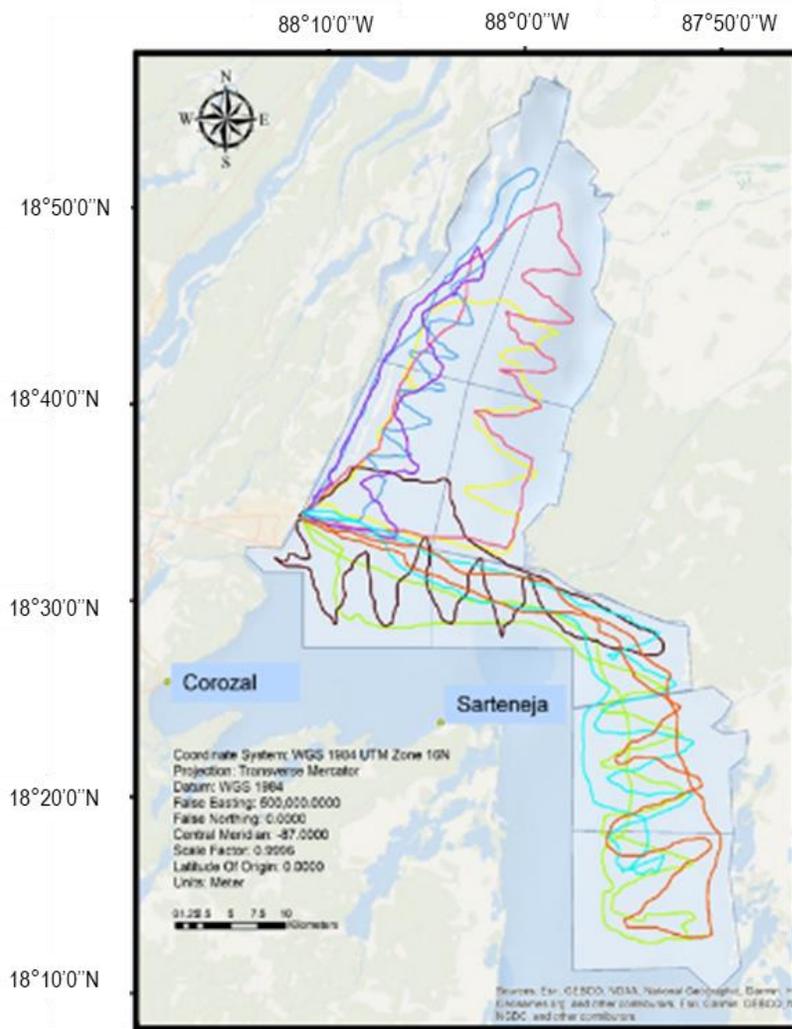


Figura 3. Recorridos sistemáticos en la Bahía de Chetumal-México, cada línea de color diferente representa un muestreo diferente.

5.1.2 Recorridos no sistemáticos

Estos recorridos se realizaron con el apoyo del programa de vigilancia y monitoreo de la Secretaría de Ecología y Medio Ambiente del Estado de Quintana Roo (SEMA), a bordo de una embarcación de 26 pies con motor fuera de borda de 100

hp de fuerza a una velocidad de 15-18 km/h., ajustándose a las rutas de vigilancia por parte de esta institución en zonas cercanas al continente y áreas de pesca (Fig. 4).

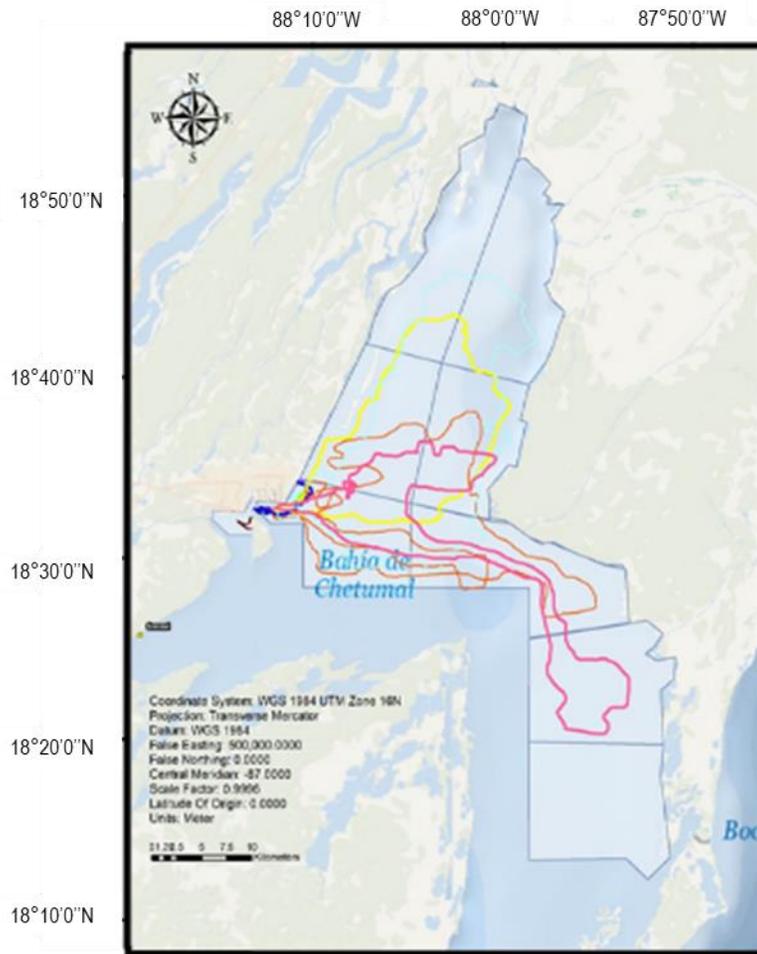


Figura 4. Recorridos no sistemáticos en la Bahía de Chetumal-México

Aunque la ruta y diseño de muestreo empleados en ambos tipos de recorrido no fue estrictamente el mismo, la técnica de foto-identificación sí se aplicó de la misma manera en todos los muestreos.

Una vez encontrado un grupo de toninas, para efectos de este trabajo definido como conjunto de mínimo dos delfines observados en asociación aparente, moviéndose en la misma dirección y a menudo involucrando la misma actividad (Shane, 1990) se procedió a la aproximación con la embarcación para la toma de fotografías con cámaras profesionales réflex Nikon lente 75-300 mm y Canon lente 75-250 mm.

Cada fotografía se tomó procurando capturar de manera perpendicular al animal, obteniendo imágenes nítidas de su aleta dorsal y en lo posible los costados del cuerpo, pedúnculo o en su defecto aleta caudal, Para cada grupo avistado se registraron datos informativos como fecha, hora, lugar, posición geográfica, tiempo de esfuerzo, número de individuos, composición grupal, comportamiento durante el avistamiento, condiciones climáticas, presencia de embarcaciones, encuentros con pescadores y turistas, así como datos adicionales: observación de balanos, enfermedades de la piel, condición corporal y presencia de otros mamíferos acuáticos (Mazzoil *et al.*, 2003; SDRP 2006; Rosel *et al.*, 2011). Además, se registró la distancia a la costa y profundidad.

Para reforzar y confirmar el número de animales contabilizados en campo, los detalles de sus actividades e identificar el tamaño corporal respecto a otros individuos dentro del grupo, se tomaron fotografías y vídeos del grupo.

5.1.3 Información oportunista y aportada por terceros

Es importante mencionar que este trabajo es inicial y de línea base para las toninas

de la bahía de Chetumal, por lo anterior, para el enriquecimiento del catálogo de aletas dorsales y datos de distribución se añadió información y fotos de avistamientos oportunistas (recorridos sin esfuerzos dirigidos a la búsqueda de delfines, encuentros en el cruce por la bahía, observaciones esporádicas), incluyendo información de años anteriores (2012 y 2015).

Los datos obtenidos de encuentros oportunistas resultaron en gran parte de la colaboración con diversos proyectos de monitoreo de megafauna acuática del caribe dirigidos principalmente al seguimiento de Manatí, los cuales siguieron el mismo protocolo para la toma de fotografías.

Además, para complementar el estudio se revisaron fotografías colectadas esporádicamente en la parte de Belice por Ramos y colaboradores del 2005 al 2018 y un catálogo inicial de la Bahía (en Belice), dicha información fue recopilada por Ramos (2017) siguiendo la misma técnica de foto-identificación.

5.2 Análisis de datos

A partir de los registros de capturas y re-capturas, se construyó una curva de descubrimiento o de acumulación de animales nuevos presentes en la zona durante el periodo de estudio y de individuos foto-identificados, a fin de evidenciar posibles eventos de inmigración o emigración, mediante el programa EstimateS 9.1 (Colwell, 2013).

Se utilizaron dos modelos de extrapolación Chao2 y Jack1, para calcular y graficar el número de individuos observados y los estimados para la población. El estimador Chao2 (Chao, 1984) utiliza datos de ausencia-presencia de los individuos en cada muestra para calcular el número total de individuos presentes en el muestreo (Escalante-Espinosa, 2003) mediante aleatorizaciones (en este caso 100) con base en su probabilidad de incidencia, cuya fórmula es la siguiente:

$$Chao\ 2 = Sobs + (L^2 / 2M)$$

Donde:

Sobs es el número de individuos observados

L es el número de individuos que están presentes en una sola muestra (individuos únicos)

M es el número de individuos que están presentes exactamente en dos muestras (individuos “dobles” o “duplicados”) (Escalante-Espinosa, 2003).

El estimador Jackknife1 basado en remuestreos, que puede usarse como límite inferior de riqueza real de individuos en un sitio de estudio (Gonzales-Oreja *et al.*, 2010).

Para determinar la existencia de una relación entre el número de avistamientos y las horas de muestreo, cuando los datos mostraron una distribución normal mediante la Prueba de Shapiro-Wilk, se realizó una prueba de correlación de Pearson para cada temporada, en el programa Past 3.0 (Hammer *et al.*, 2001).

5.2.1 Identificación individual de los delfines

Para la elaboración del catálogo digital de aletas dorsales, se tomaron en cuenta datos de todos los avistamientos y se compararon las fotografías de los individuos en diferentes fechas y avistamientos (Mazzoil *et al.*, 2003; Rosel *et al.*, 2011).

La selección de fotografías para la elaboración del catálogo se realizó tomando las siguientes características según su escala de calidad fotográfica (Q) (SDRP 2006., Rosel *et al.*, 2011) clasificándolas en las siguientes categorías:

- 0) Mala: Lejos, fuera de foco, no luz, borrosa.
- 1) Pobre: Lejos, poco foco, luz, algunas marcas distinguibles, mal ángulo, fracciones de aleta.
- 2) Suficiente: Poco foco, buen ángulo, marcas distinguibles suficientes para la comparación.
- 3) Excelente: Cerca, buena luz, ángulo perpendicular a la cámara, marcas bien distinguibles.

Para la construcción del catálogo se omitieron las fotografías de mala calidad (Q0 y Q1), y se seleccionaron únicamente las fotografías de buena calidad (Q2 y Q3), esto quiere decir que se utilizaron aquellas fotografías que permitieron reconocer alguna marca en su aleta dorsal, o en su defecto en alguna otra parte del cuerpo (SDRP 2006; Rosel *et al.*, 2011).

Para la clasificación final y para facilitar la identidad de un individuo se construyó una clave individual de cada delfín, tomando como base tres letras representativas al lugar donde se capturo la fotografía y el número consecutivo del individuo nuevo según orden de aparición. Como datos adicionales en cada foto tipo (Q2 y Q3) se agregó la fecha de la primera vez que se observó y el nombre de la persona que tomo la fotografía.

Con los registros proporcionados de la identificación individual de los delfines, se construyó en el programa SocProg 2.7 una curva empírica de distribución o de frecuencias acumulativas con el fin de representar el descubrimiento de individuos nuevos en el tiempo (Whitehead, 2009), permitiendo identificar eventos de inmigración a la zona de estudio.

5.2.2 Abundancia

Para estimar la abundancia relativa se utilizaron únicamente los avistamientos obtenidos en recorridos sistemáticos, de manera geográfica (norte, centro y sur), y por temporada climática (nortes, secas y lluvias) determinando el número de organismos (N) entre el esfuerzo total en horas (Eth) (Buckland *et al.*, 2001), representado en la Ecuación 1.

$$A = N = I_{Eth}/t \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

I: es el número de individuos avistados

Eth: es el esfuerzo total en horas

t: es el tiempo en horas de los recorridos.

Para determinar diferencias estadísticas entre diferentes sitios geográficos y temporadas, primero se determinó la normalidad de los datos, mediante pruebas de Shapiro-Wilk y al no mostrar distribución normal se procedió a aplicar una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis.

5.2.3 Distribución

Para representar la distribución espacial de toninas, con los datos obtenidos en las bitácoras de campo de todos los avistamientos se graficó en un mapa los puntos de georreferenciación de las zonas donde se registraron avistamientos de delfines, durante todo el periodo de estudio usando el software ArcMap 10.5®, y se tomó en cuenta la distancia al continente (estimada en cada caso con base en un valor conocido, dado por el sistema de navegación portátil, respecto a un punto previamente programado) y la profundidad (con base en un mapa batimétrico).

Se realizaron comparaciones mediante análisis de varianza (ANOVA) (Past 3.0) del registro de avistamientos de manera geográfica (norte, centro y sur) y por temporada climática. Finalmente se hicieron pruebas estadísticas de correlación en el programa Past 3.0 (Hammer *et al.*, 2001) con el objetivo de determinar la existencia de alguna relación en cuanto a la distribución con los parámetros antes mencionados.

5.2.4 Tamaño, estructura de grupo y asociación entre individuos

El tamaño de grupo se reportó según el número de animales diferentes obtenidos en los registros de las bitácoras de campo y se ratificó con la revisión de las fotografías de cada avistamiento. La composición de los grupos se determinó de manera visual y directamente en campo con el tamaño del individuo en relación a la embarcación y a los individuos que lo acompañan, y fueron definidos por tres categoría según su edad: adulto (individuo de tamaño 2.5- 3 m, con aleta dorsal relativamente grande respecto a su cuerpo, generalmente con marcas distintivas), crías (talla relativamente menor al adulto, mostrando comportamiento totalmente de apego al adulto, con aleta dorsal relativamente pequeña y generalmente aletas sin marcas) y neonatos (su tamaño no excedió la mitad de un adulto, mostrando dificultad en el control de respiración, además se observaron pliegues neonatales) (Verme e Iannacone, 2012; Wells y Scott, 2018), esto se reforzó con los datos obtenidos en fotografías. La variación del tamaño de grupo y estructura se calculó para las diferentes temporadas climáticas.

Con los registros de los animales foto-identificados que presentaron al menos tres re-capturas (Whitehead, 2009) se llevaron a cabo los análisis de asociación, mediante un índice recomendado por Cairns y Schwager (1987) que establece los coeficientes de asociación entre delfines dentro de un grupo social (COA) expresado con la Ecuación 2:

$$HWI = \frac{x}{\{x + \gamma_{ab} + 0.5(\gamma_a + \gamma_b)\}} \quad \text{Ecuación 2}$$

Dónde

X: Número de encuentros en los que los delfines A y B están incluidos en el mismo grupo o cluster.

Y_a : Número de encuentros en los que se incluye el delfín A, pero no el delfín B en el mismo grupo o cluster.

Y_b : Número de encuentros en los que se incluye el delfín B pero no el delfín A en el mismo grupo o cluster.

Y_{ab} : Número de encuentros en los que se encuentran delfines, incluidos los delfines A y B en diferentes grupos al mismo tiempo

Dicho índice considera el total de número de veces que se observó a cada delfín y el número de veces que se observó a cada par de delfines juntos. El COA se manifiesta en valores desde cero para un par de delfines que nunca han sido vistos juntos, hasta un valor de uno para animales que son vistos juntos todo el tiempo (García-Vital, 2012).

Con los datos de los animales identificados por avistamiento, se registró en una base de datos dentro del software para el análisis de estructura social SogProg 2.7 © (Whitehead, 2009), que permitió mostrar por medio de clusters y sociogramas los grados de las asociaciones por parejas, tríos o más. Estos análisis se representaron de manera general y por temporada climática.

La clasificación de los coeficientes de asociación (COA) se agrupo en cinco categorías según su valor (García-Vital, 2012; Louis *et al.*, 2018): 1) muy baja (0.0-0.2); baja (0.2-0.4); moderada (0.4-0.6); alta (0.6-0.8) y muy alta (0.8-1.0).

6. RESULTADOS

6.1 Esfuerzo de muestreo

En este periodo de estudio se realizaron 17 salidas de campo en la Bahía de Chetumal de enero a agosto de 2018, realizando recorridos sistemáticos y no sistemáticos, con un total de 75.06 horas de esfuerzo y 636.7 km recorridos (Cuadro 1). Del total de navegaciones (n= 17, en 2018), en 14 de ellas (82.3%) se tuvieron avistamientos de toninas.

Cuadro 1. Resumen de muestreos no sistemáticos y sistemáticos en la Bahía de Chetumal, México, realizados en el periodo de enero a agosto de 2018.

Navegación	Fecha	Temporada climática	Sitio de muestreo dentro de la Bahía	Tipo de muestreo	Horas navegadas	Kilómetros recorridos	Numero de avistamientos
1	25/01/2018	Nortes	Centro	No sistemático	05:05:00	40	1
2	14/02/2018	Nortes	Centro	No sistemático	00:30:00	4	1
3	14/03/2018	Secas	Norte	No sistemático	04:58:00	48	1
4	28/03/2018	Secas	Sur	No sistemático	05:00:00	40	1
5	31/05/2018	Secas	Norte	No sistemático	05:40:00	49	2
6	09/06/2018	Lluvias	Centro	No sistemático	00:40:00	4	1
7	10/06/2018	Lluvias	Centro	No sistemático	00:46:00	4.2	1
8	24/01/2018	Nortes	Norte	Sistemático	04:40:00	34	0
9	26/01/2018	Nortes	Centro	Sistemático	05:15:00	46	1
10	27/01/2018	Nortes	Sur	Sistemático	04:25:00	32	1
11	11/05/2018	Secas	Norte	Sistemático	05:27:00	48	2
12	22/05/2018	Secas	Norte	Sistemático	05:00:00	40	2
13	22/06/2018	Lluvias	Sur	Sistemático	05:30:00	49	0
14	03/07/2018	Lluvias	Centro	Sistemático	05:40:00	52	0
15	11/07/2018	Lluvias	Norte	Sistemático	05:26:00	49	2
16	21/07/2018	Lluvias	Sur	Sistemático	05:54:00	53	0
17	01/08/2018	Lluvias	Sur	Sistemático	05:10:00	45	1
TOTAL					75:06:00	636.7	17

Para determinar si la diferencia de meses de muestreo influyó en el registro de delfines en la zona de estudio, se calculó el número de avistamientos para cada una de las temporadas con relación a las horas de muestreo y los kilómetros obtenidos (Fig.5). Y aún con un mayor número de horas y kilómetros recorridos en la temporada de lluvias, se registró un mayor número de avistamientos durante la temporada de secas (Cuadro 2). Es decir, un mayor esfuerzo en ciertas temporadas no aumento el número de avistamientos.

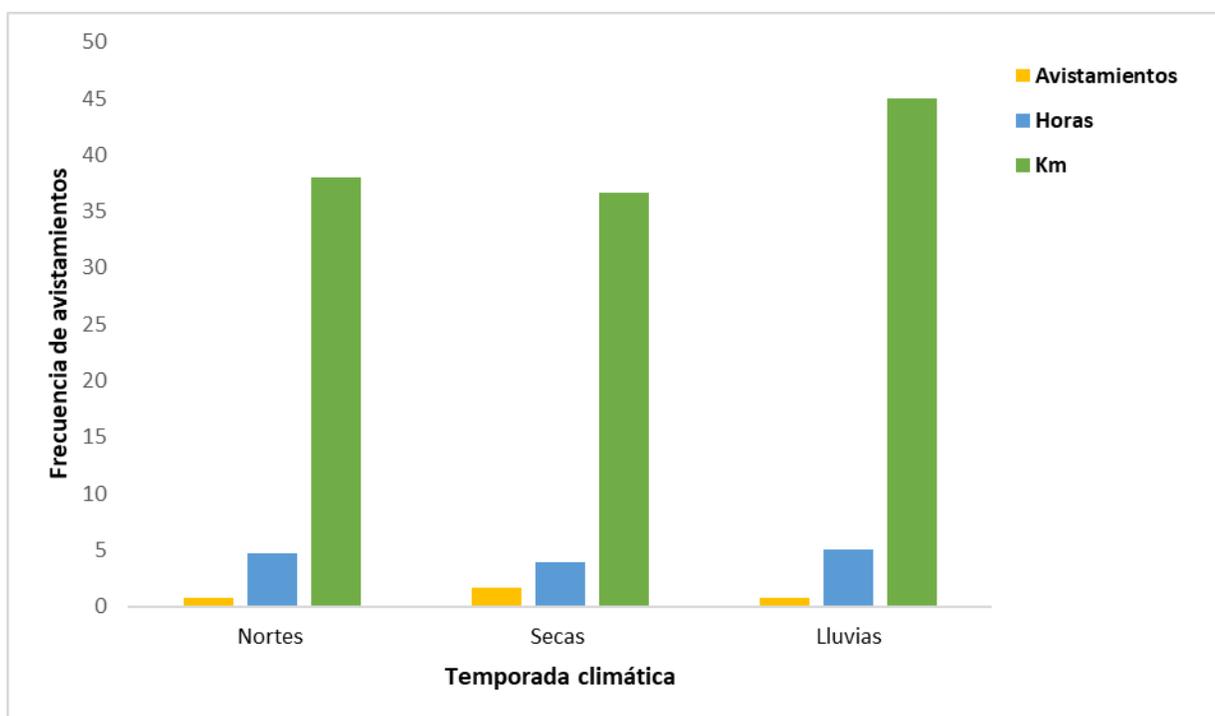


Figura 5. Registro de avistamientos por horas y kilómetros recorridos por temporada climática

Cuadro 2. Frecuencia relativa (Fr) de los avistamientos en la Bahía de Chetumal, México, realizados en el periodo de enero a agosto de 2018

Temporada Climática	Promedio de Avistamientos	Promedio de horas navegadas	Frecuencia relativa horas	Promedio de km navegados	Frecuencia relativa km
Nortes	0.75	4.7	0.02	38	0.02
Secas	1.6	3.92	0.04	45	0.04
Lluvias	0.60	5.0	0.01	49.6	0.01

La existencia de una relación entre el número de avistamientos y las horas de muestreo, mediante la correlación de Pearson para cada temporada, mostraron los siguientes valores para época de nortes $p= 0.54$ y $r= 0.45$, lo que mostró una relación positiva moderada, para lluvias se obtuvieron valores de $p= 0.52$ y $r= -0.28$, es decir la relación fue negativa y baja, sin embargo, en ninguna de las dos temporadas la correlación fue estadísticamente significativa (Fig.6).

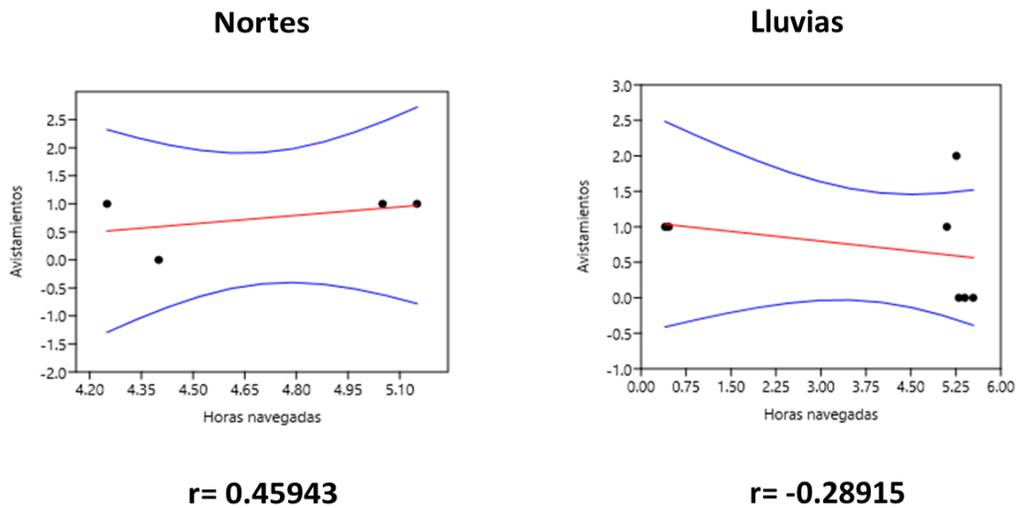
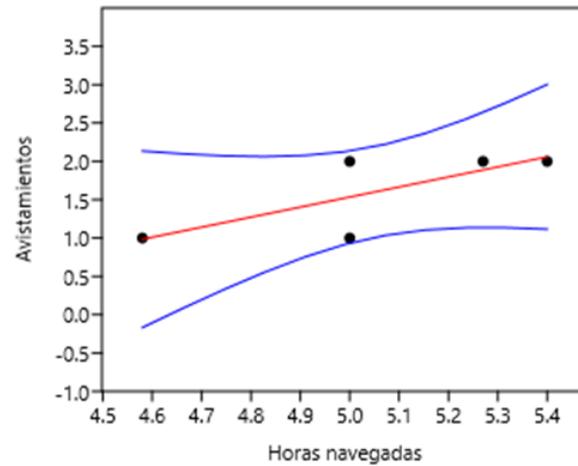


Figura 6. Gráficas de correlación entre el número de avistamientos y las horas de muestreo durante la temporada de norte y lluvias durante el 2018 en la Bahía de Chetumal, México.

Para la temporada de secas se obtuvieron valores de $p = 0.14$ y $r = 0.75$, lo que mostró que durante estos muestreos si existió una relación de moderada a fuerte, pero estadísticamente la correlación no fue significativa (Fig.7).

Secas



$$r = 0.75358$$

Figura 7. Gráfica de correlación entre el número de avistamientos y las horas de muestreo durante la temporada de secas durante el 2018 en la Bahía de Chetumal, México

De igual forma, para determinar la relación entre el número de avistamientos y los kilómetros recorridos se realizó una prueba de correlación de Pearson para cada temporada, ya que los datos mostraron una distribución normal mediante la Prueba de Shapiro-Wilk, se obtuvieron los siguientes valores para época de nortes $p = 0.57$ y $r = 0.42$, lo que mostró una relación moderada pero no significativa, para lluvias se obtuvieron valores de $p = 0.37$ y $r = 0.51$, con un relación moderada pero tampoco fue estadísticamente significativa (Fig.8) y para la temporada de secas se registraron valores de $p = 0.74$ y $r = 0.19$ lo que quiere decir que no hubo relación alguna (Fig.9).

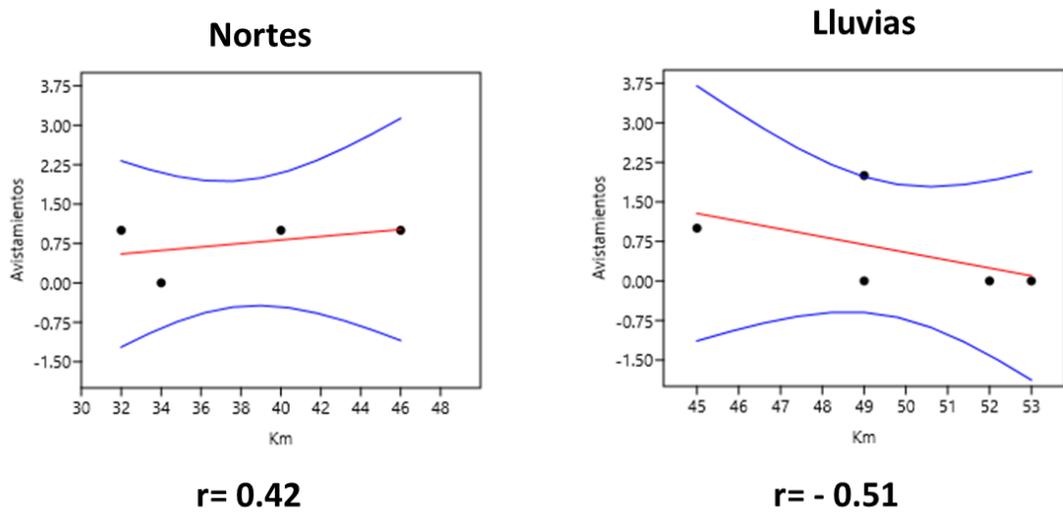
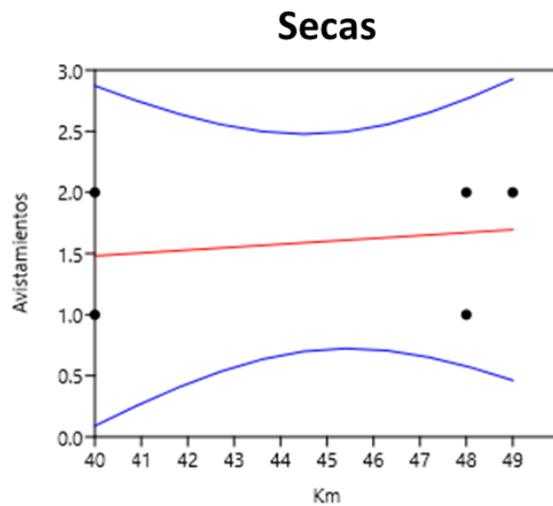


Figura 8. Gráficas de correlación entre el número de avistamientos y los kilómetros recorridos durante la temporada de nortes y lluvias durante el 2018 en la Bahía de Chetumal, México



$r = 0.19$

Figura 9. Gráfica de correlación entre el número de avistamientos y los kilómetros recorridos durante la temporada de secas durante el 2018 en la Bahía de Chetumal, México

6.2 Identificación individual de los delfines: Foto-identificación

Para la foto-identificación y construcción del catálogo fotográfico digital de la Bahía de Chetumal, se llevó a cabo la revisión de fotografías colectadas en 21 avistamientos de 23 salidas al campo (del año 2018 y de años anteriores), en los cuales se capturaron 24 grupos, con 197 delfines acumulados, de diferente clase etaria (Cuadro 3).

Cuadro 3. Información obtenida de la Foto-identificación en la Bahía de Chetumal, México

Tipo de muestreo	Avistamientos	Grupos observados	Adultos	Crías	Neonatos	Total de individuos
Sistemático	9	13	68	9	2	80
No sistemático	8	6	56	9	0	65
Oportunista (Información de años previos)	4	5	46	5	1	52
Total	21	24	170	24	3	197

De los delfines observados en los muestreos hasta agosto de 2018 se foto-identificaron a 57 delfines (Fig.10), de los cuales el 86% (n=49) presentó marcas distintivas en su aleta dorsal y sólo el 14.0%(n=8) presentó marcas superficiales (coloración y rasguños).



Figura 10. Ejemplo de delfines foto-identificados en la Bahía de Chetumal

De estos delfines foto-identificados, el 33% (19 individuos) fueron avistados solo una vez. El 67% de los delfines restantes (38 individuos) se re-capturaron de 2 a 7 veces (Fig. 11).

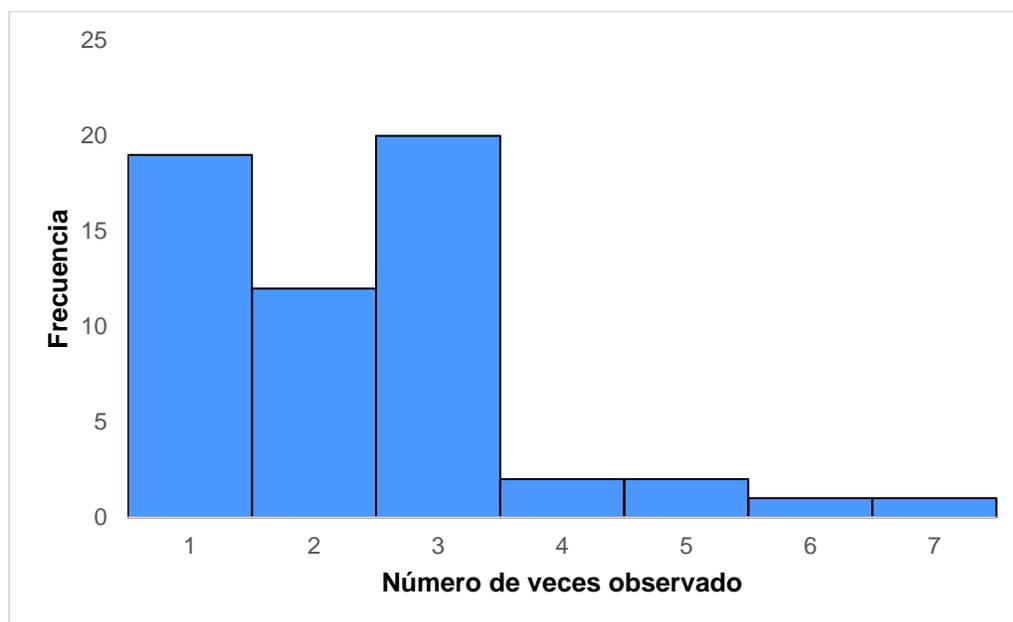


Figura 11. Histograma de frecuencias de observación de los delfines en la Bahía de Chetumal. El eje de las abcisas representa el número de veces que se observó a un mismo individuo y el eje de las ordenadas, el número de animales que se observaron con dicha frecuencia

Tomando en cuenta únicamente a los individuos marcados de todos los muestreos (oportunistas, sistemáticos y no sistemáticos), se realizó una curva de acumulación (Fig.12) que mostró los meses con un aumento en la aparición de individuos nuevos en la Bahía de Chetumal, esta curva se observó sin tendencia a la asíntota, de igual forma se graficó la frecuencia de aparición de individuos foto-

identificados que mostró un incremento constante de nuevos individuos en el área de estudio. (Fig.13).

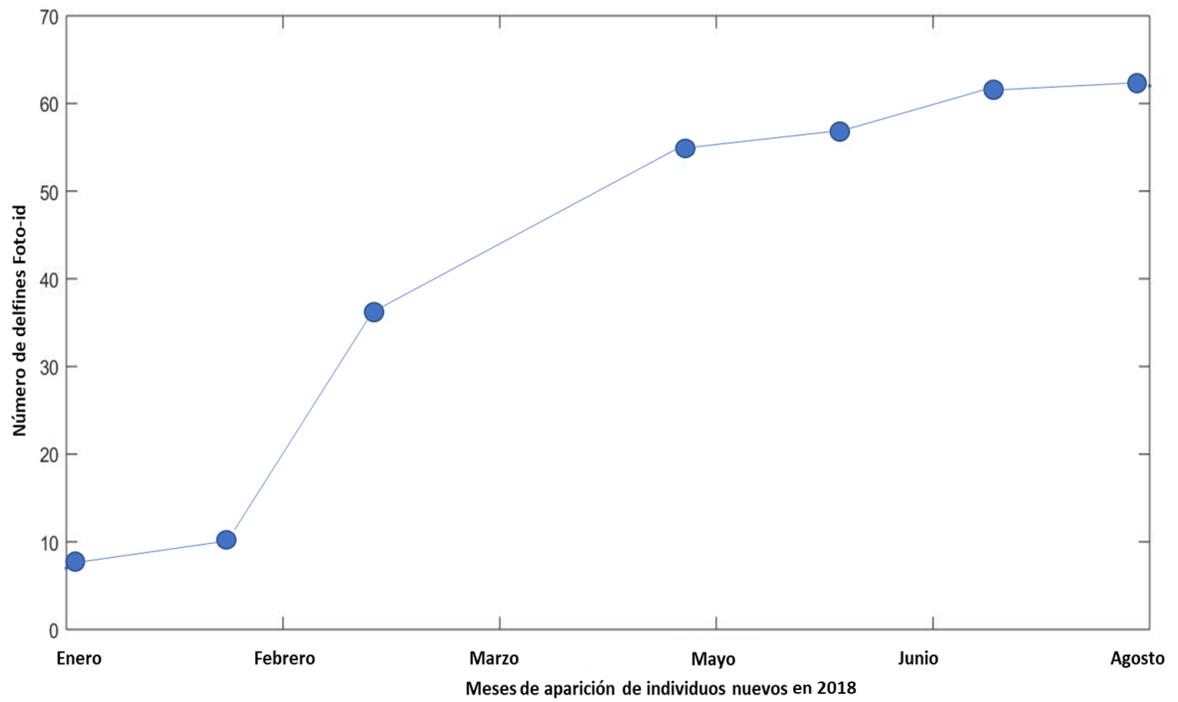


Figura 12. Curva de acumulación de delfines foto-identificados por mes de muestreo en la Bahía de Chetumal, México.

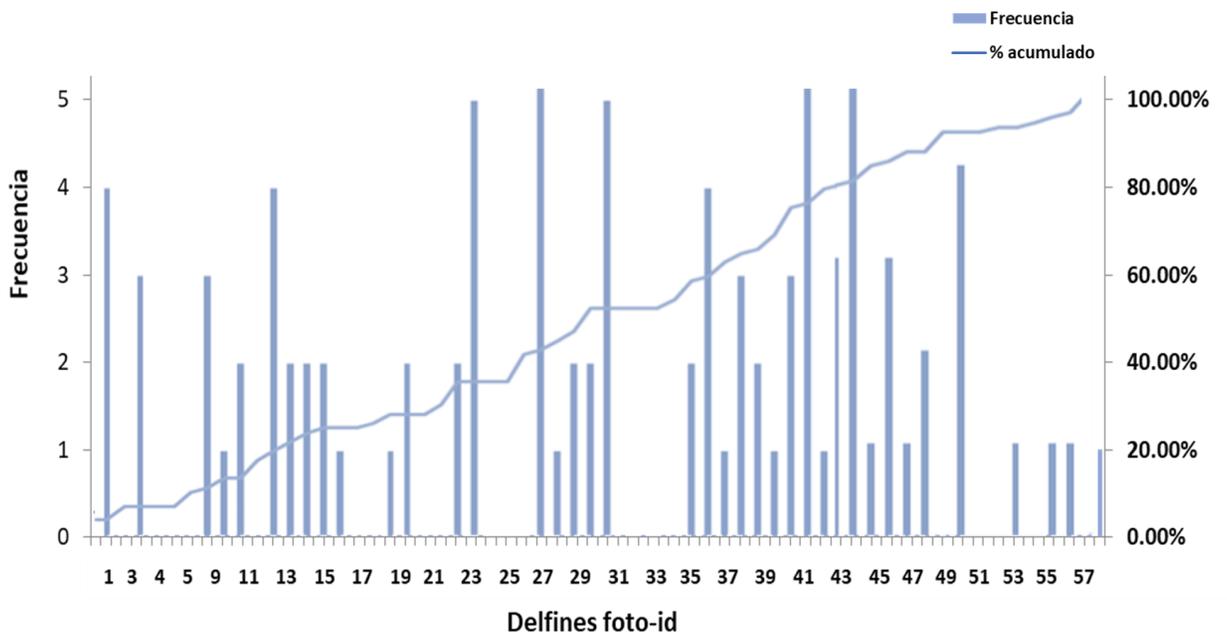


Figura 13. Frecuencias de aparición de cada uno de los delfines foto-identificados en la Bahía de Chetumal, México.

Los estimadores de extrapolación mostraron que el porcentaje muestreado para la población de la Bahía de Chetumal fue del 61% con base al estimador Chao2 y del 64% con base al estimador Jackknife1. Lo que quiere decir que se logró identificar a más del 50% de la población (Fig.14).

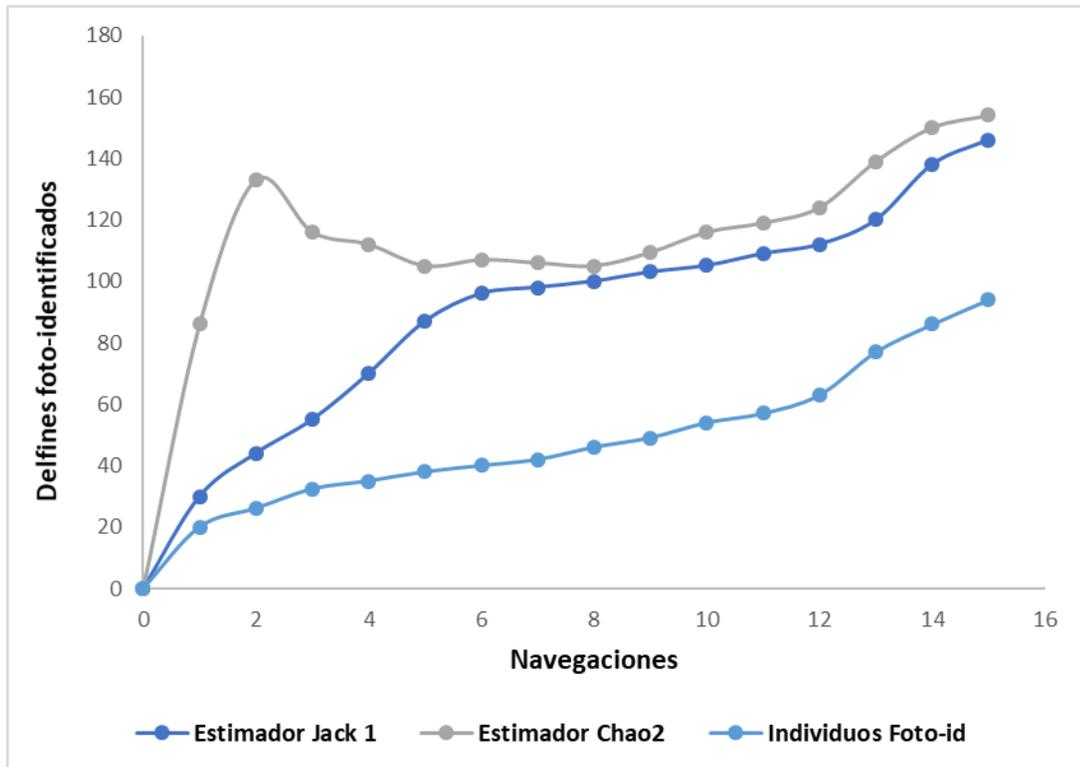


Figura 14. Curva de acumulación con los modelos de extrapolación Chao2 y Jackknife1, para los individuos foto-identificados en la Bahía de Chetumal.

6.3 Abundancia

Para la abundancia se tomaron los datos de las salidas sistemáticas y de los 10 avistamientos con 49.4 h navegadas, calculando el número de individuos por hora se obtuvo una estimación de Abundancia Relativa (AR) general en promedio 2.14 ± 3.21 D. E. delfines por hora.

El esfuerzo de muestreo (e.m) para los tres sitios dentro de la bahía de Chetumal fue poco variable (e.m norte=25.5h, em centro= 20.8h y e.m sur=25.1h), sin embargo, no fue significativo ($p = <0.3$), por lo cual se pudo comparar la abundancia relativa por zona geográfica (Cuadro 4), mostrando un mayor número de avistamientos en la parte norte, la $AR = 3.92 \pm 1.96$ D. E, para la parte centro fue de $AR = 0.91 \pm 0.31$ D. E. y para la parte sur de $AR = 0.19 \pm 0.18$ D. E (Fig.15). Los datos no mostraron una distribución normal por lo que se realizó una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para comprobar la existencia de diferencias significativas entre sitios, los resultados fueron concluyentes al existir diferencia significativa entre los valores de abundancia en los sitios (Norte y Sur: $p = <0.02$).

Cuadro 4. Delfines observados en los tres sitios dentro de la Bahía de Chetumal: Norte, Centro y Sur, durante el 2018.

Sitio de muestreo dentro de la Bahía	Avistamientos	Horas	Km
Norte	2.8	0.60	0.07
Centro	2.52	0.60	0.07
Sur	2.30	0.50	0.06

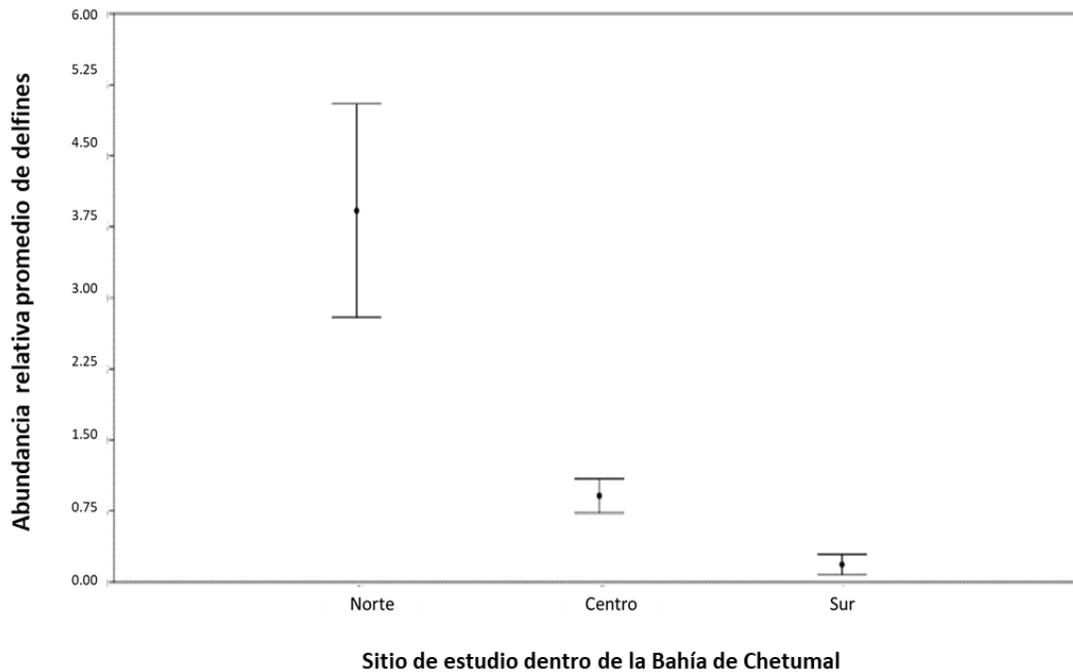


Figura 15. Abundancia promedio por zona geográfica dentro de la Bahía de Chetumal.

El conteo de delfines por temporada mostró un mayor número de delfines durante la temporada de secas (Cuadro 5), de los cálculos de Abundancia Relativa para cada temporada se obtuvo, para nortes $AR= 1.2 \pm 2.7$ D.E, para la temporada de secas $AR= 2.3 \pm 2.4$ D.E y para lluvias $AR=3.5 \pm 3.9$ D.E (Fig. 16), para determinar diferencias estadísticas de las tres temporadas y de acuerdo a la ausencia de normalidad de los datos, se aplicó una prueba no paramétrica (Kruskal-Wallis), la cual no mostró diferencias significativas entre las tres temporadas climáticas ($H= 1.9, p=>0,05$).

Cuadro 5. Delfines observados en las tres temporadas: nortes, secas y lluvias durante el 2018 en la Bahía de Chetumal, México

Temporada Climática	Avistamientos	Horas	Km
Nortes	0.75	0.16	0.02
Secas	1.6	0.32	0.04
Lluvias	0.60	0.11	0.01

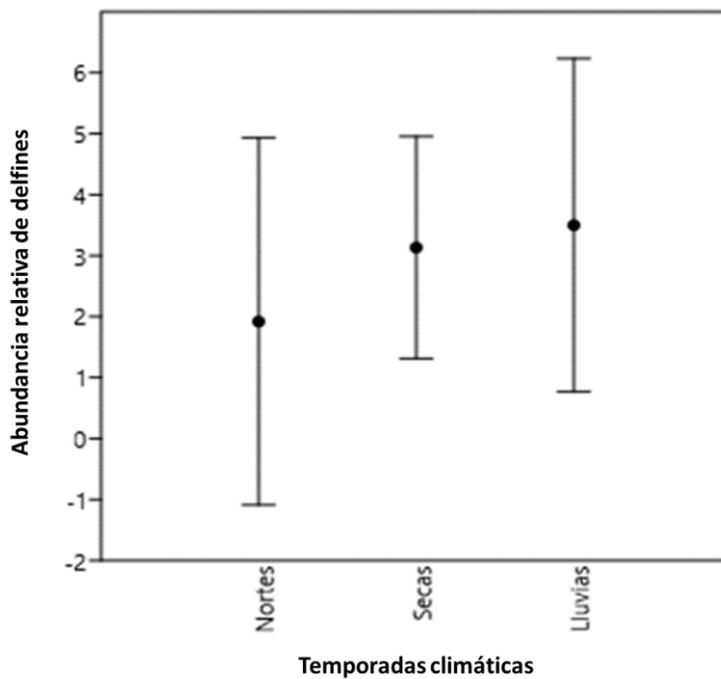


Figura 16. Abundancia Relativa (AR) por temporada climática en la Bahía de Chetumal.

Los resultados de la AR por edad mostraron para adultos en la temporada de nortes $AR = 1.1 \pm 2.7$ D.E, para secas $AR = 2 \pm 2$ D.E, y para lluvias $AR = 2.9 \pm 3.6$ (Fig.17) los cuales fueron comparados entre temporadas mediante la prueba de Kruskal-Wallis y no mostraron diferencias significativas ($H = 2.08$, $p > 0.05$).

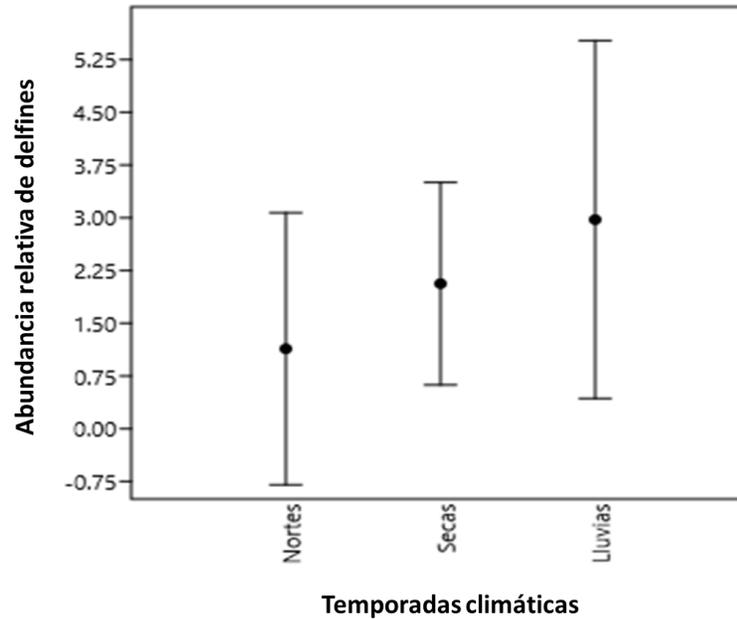


Figura 17. Abundancia Relativa (AR) de adultos por temporada climática en la Bahía de Chetumal.

Para los delfines clasificados como crías la Abundancia Relativa para la temporada de nortes $AR= 0.08 \pm 0.10$ D.E., para secas $AR= 0.31 \pm 0.37$ D.E. y para lluvias $AR= 0.61 \pm 0.82$ D.E (Fig.18), sin diferencias significativas ($H= 0.8$, $p>0,05$). Los neonatos únicamente se observaron en temporada de secas.

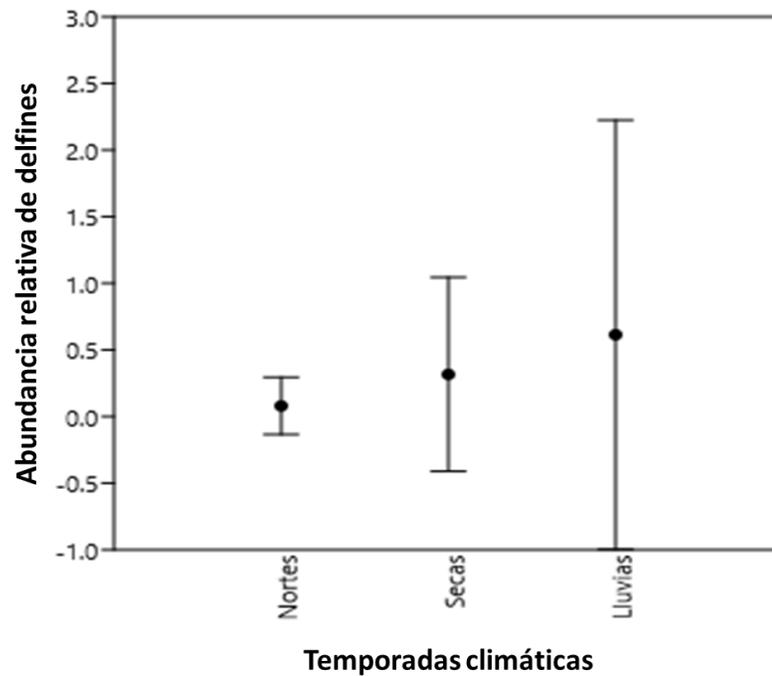


Figura 18. Abundancia Relativa (AR) de crías por temporada climática en la Bahía de Chetumal

6.4 Distribución

Los resultados de la distribución de toninas en la Bahía muestran que el 66.6% (n=16) de los 24 grupos observados, se ha registrado al noroeste de la zona de estudio, muy cercanas a la Isla de Tamalcab y a la altura de Luis Echeverría, el 25% (n=6) se localizaron en la parte centro de la Bahía y en la parte sur el restante 8.3% (n=2) (Fig. 19).

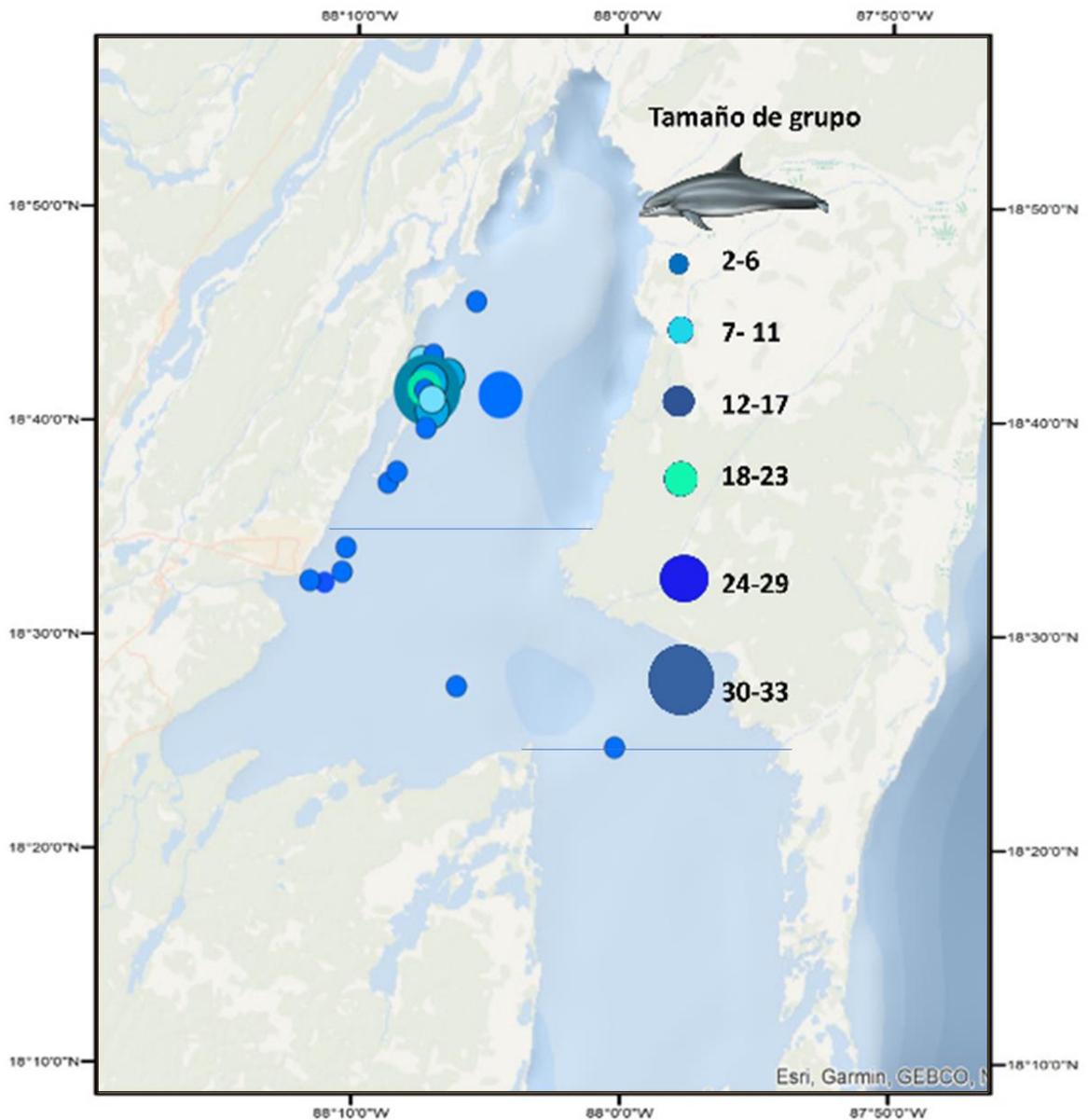


Figura 19. Distribución de los grupos de delfines observados, en la Bahía de Chetumal, México

Los grupos de delfines avistados durante el periodo de muestreo permanecieron en una distancia a la costa promedio de 3.8 ± 2.7 D.E km, registrando el grupo más

cercano a 270 m de la costa frente a la mega escultura y a 10.4 km se observó el grupo más lejano. Las distancias para cada una de las temporadas fueron variables, durante nortes los grupos en promedio se observaron en los 0.9 ± 1.2 D.E km de distancia, durante secas en 5.9 ± 3.05 D.E. km y durante lluvias en distancias de 2.4 ± 1.5 D.E km (Fig.20), se registraron diferencias significativas en la temporada de secas respecto a la temporada de nortes y lluvias ($p < 0.02$).

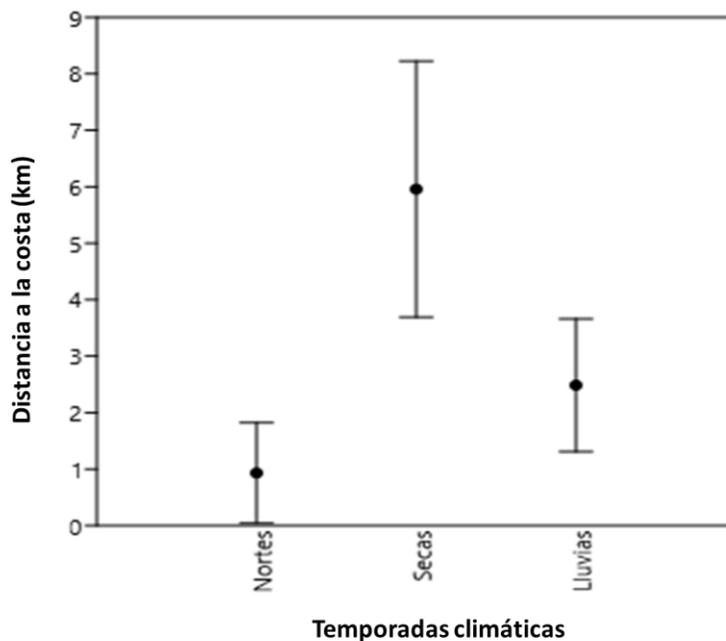


Figura 20. Distancia a la costa (km) de los grupos de delfines observados por temporada en la Bahía de Chetumal, México

Los avistamientos de los grupos observados durante todo el periodo de estudio se registraron cercanos a la costa noreste en profundidades promedio de $4.8 \text{ m} \pm 2.1$ D.E. El análisis por temporada climática registró presencia de delfines durante

nortes en profundidades de $3.1 \text{ m} \pm 2.5 \text{ D.E.}$, en temporada de secas en profundidades de $6.3 \text{ m} \pm 1.5 \text{ D.E.}$, y en lluvias en $5.3 \text{ m} \pm 1.03 \text{ D.E.}$

Sin embargo, los avistamientos registrados en las diferentes temporadas no mostraron tener relación con la distancia a la costa en cuanto al número de avistamientos (nortes: $p=0.07$, secas: $p=0.6$ y lluvias: $p=0.4$), ni el número de individuos (nortes $p=0.6$, secas $p=0.4$ y lluvias $p=0.7$). La variable profundidad tampoco mostró una relación estadísticamente significativa con el número de avistamientos (nortes $p=0.7$, secas $p=0.7$ y lluvias $p=0.8$) ni con el número de delfines observados ($p=0.08$).

6.5 Tamaño, estructura de grupo y asociación entre individuos

En este estudio se consideró un grupo a partir de dos animales, observándose en total 24 grupos con un número mínimo de dos individuos por grupo y máximo de 33 animales, en promedio los grupos fueron conformados por $10.9 \pm 10.4 \text{ D.E.}$ delfines por grupo, pero en su mayoría se registraron grupos de dos y cinco delfines (Fig.21) De los cuales el 86.2% ($n=170$) fueron adultos con un promedio de $9.1 \pm 9.2 \text{ D. E}$ delfines, el 12.18% ($n=24$) fueron crías, en promedio $1.4 \pm 1.5 \text{ D. E.}$ y el 1.5% ($n=3$) neonatos $0.17 \pm 0.5 \text{ D.E.}$

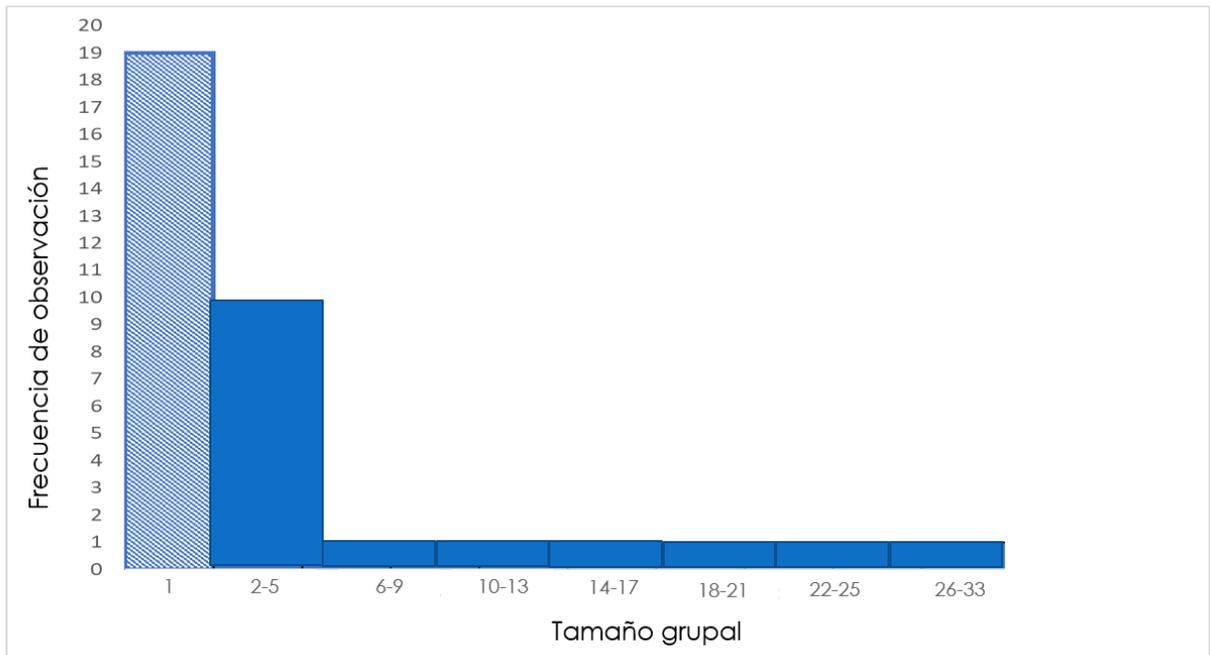


Figura 21. Histograma de frecuencias de los grupos de delfines observados, el eje de las ordenadas muestra la frecuencia de observación y el eje de las abscisas el tamaño de grupo.

En cuanto a la variación de los tamaños de grupo por temporada climática, los grupos más grandes se contaron durante la temporada de secas 13.3 ± 10.7 D.E. delfines, con un registro máximo de 29 organismos, seguido por la temporada de lluvias donde los grupos en promedio se conformaron por 10.4 ± 13.3 D.E delfines, registrando como máximo 33 delfines en un avistamiento y por último en la temporada de nortes se registró un promedio de 6.2 ± 5.3 delfines por avistamiento con un máximo de 14 delfines.

La estructura de los grupos fue conformada principalmente por delfines de la edad adulta (Fig.22). Aunque en algunos grupos estuvieron presentes crías y neonatos, estos no mostraron un aporte significativo al aumento en el tamaño de los grupos ($p=>0,05$).

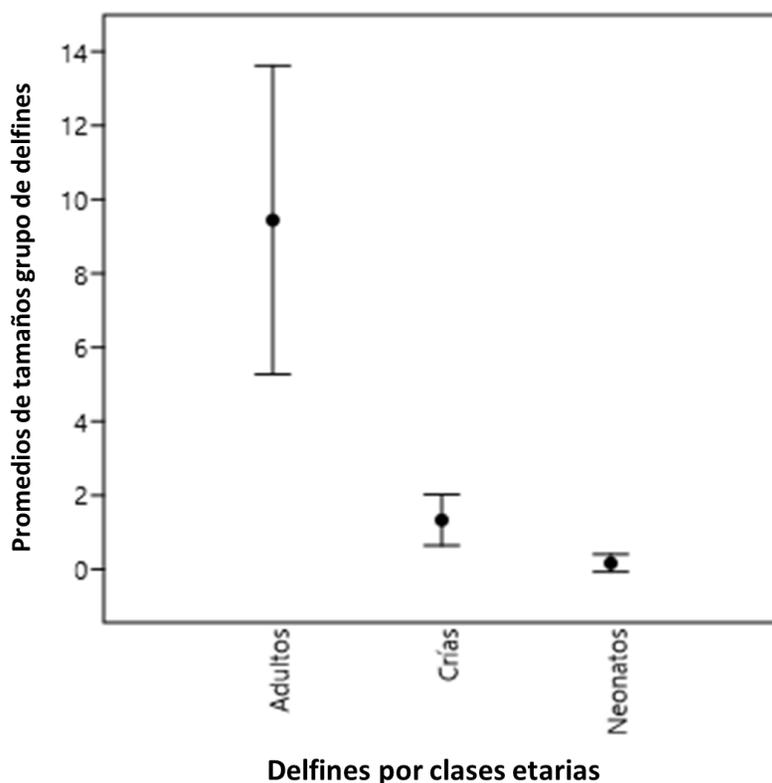


Figura 22. Promedios de la composición de los grupos de delfines registrados por clases etarias.

Las comparaciones de la estructura de grupo por temporadas mostraron que en todas las temporadas los grupos estuvieron conformados principalmente por delfines adultos (nortes: 5.7 ± 5.6 D.E.; secas: 11.4 ± 8.9 D.E. y lluvias 8.8 ± 11.8

D.E.), las crías se observaron durante todas las temporadas (nortes: 0.5 ± 0.5 D.E; secas 1.5 ± 1.7 D.E y lluvias 1.6 ± 1.5) y delfines aún en etapa de neonatos fueron observados solo durante la temporada de secas $n= 3$ delfines.

Se analizaron las asociaciones entre cada par de delfines, en dichos análisis se consideraron a todos los individuos con recapturas mayores a dos ($n=26$ delfines) y se obtuvieron valores en los coeficientes de asociación (COA) variables con valores de: de 0.3 a 1 (Fig. 23), es decir con valores moderados a altos.

El sociograma (Fig. 24) muestra las redes sociales que forman los delfines y el valor de sus asociaciones, que en general reflejaron en su mayoría valores de asociación altos (COA= 0.75) y muy altos (COA= 1.00) en asociaciones por pares de delfines.

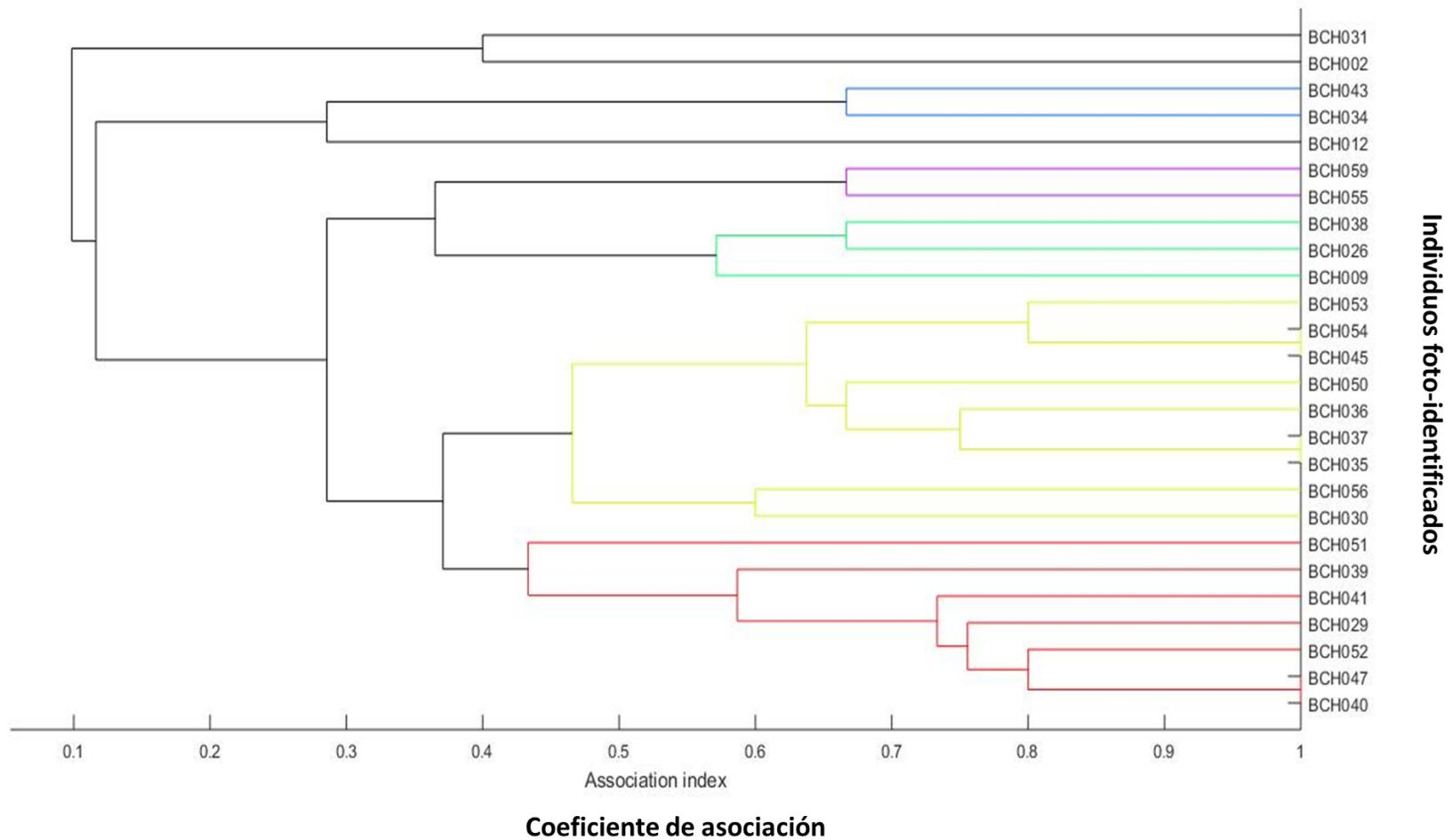


Figura 23. Clúster del grado de asociación de los individuos foto-recapturados durante todo el periodo de estudio. Los colores indican el grado de asociación entre los delfines, entre más cercano al valor de 1 mayor es el índice de asociación entre delfines.

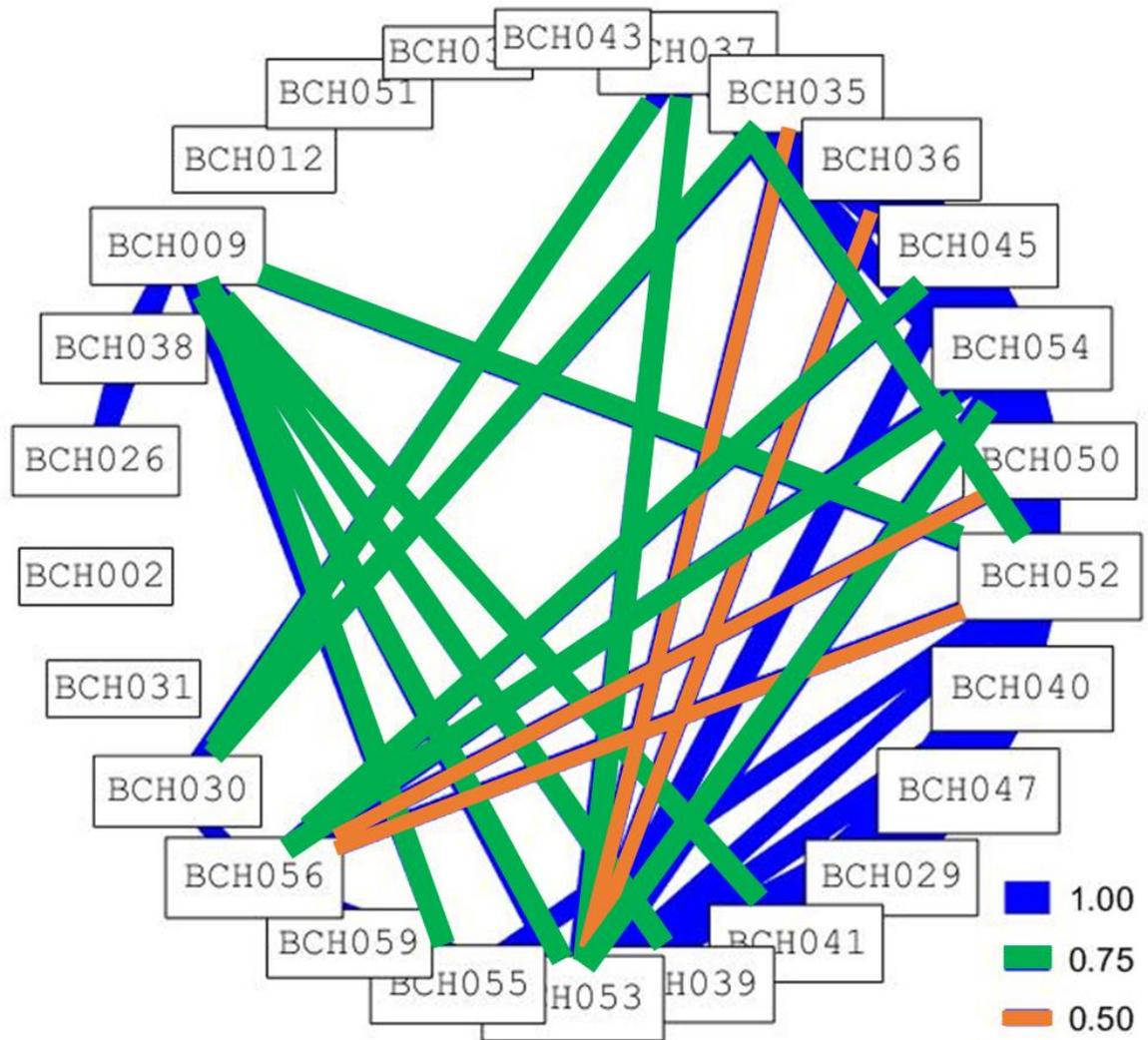


Figura 24. Sociograma de los individuos foto-identificados en la Bahía de Chetumal. Las líneas muestran las conexiones entre individuos asociados por pares o tríos y el grosor de éstas refleja el valor del grado de asociación entre los delfines (COA) que van de 0.50 a 1. Los colores representan el grado de asociación entre los delfines, las líneas de color naranja corresponden al valor 0.50, las líneas verdes al valor 0.75 y las líneas azules al valor de 1.00

Las asociaciones entre cada par de delfines por temporada mostraron para la temporada de nortes valores en los coeficientes de asociación (COA) que iniciaron con valores muy bajos (0.0-0.1) (Fig. 25), mostrando en la mayoría de las asociaciones interacciones muy bajas a moderadas (0.2-0.6) y solo un par de delfines en asociación alta (0.7-1.0).

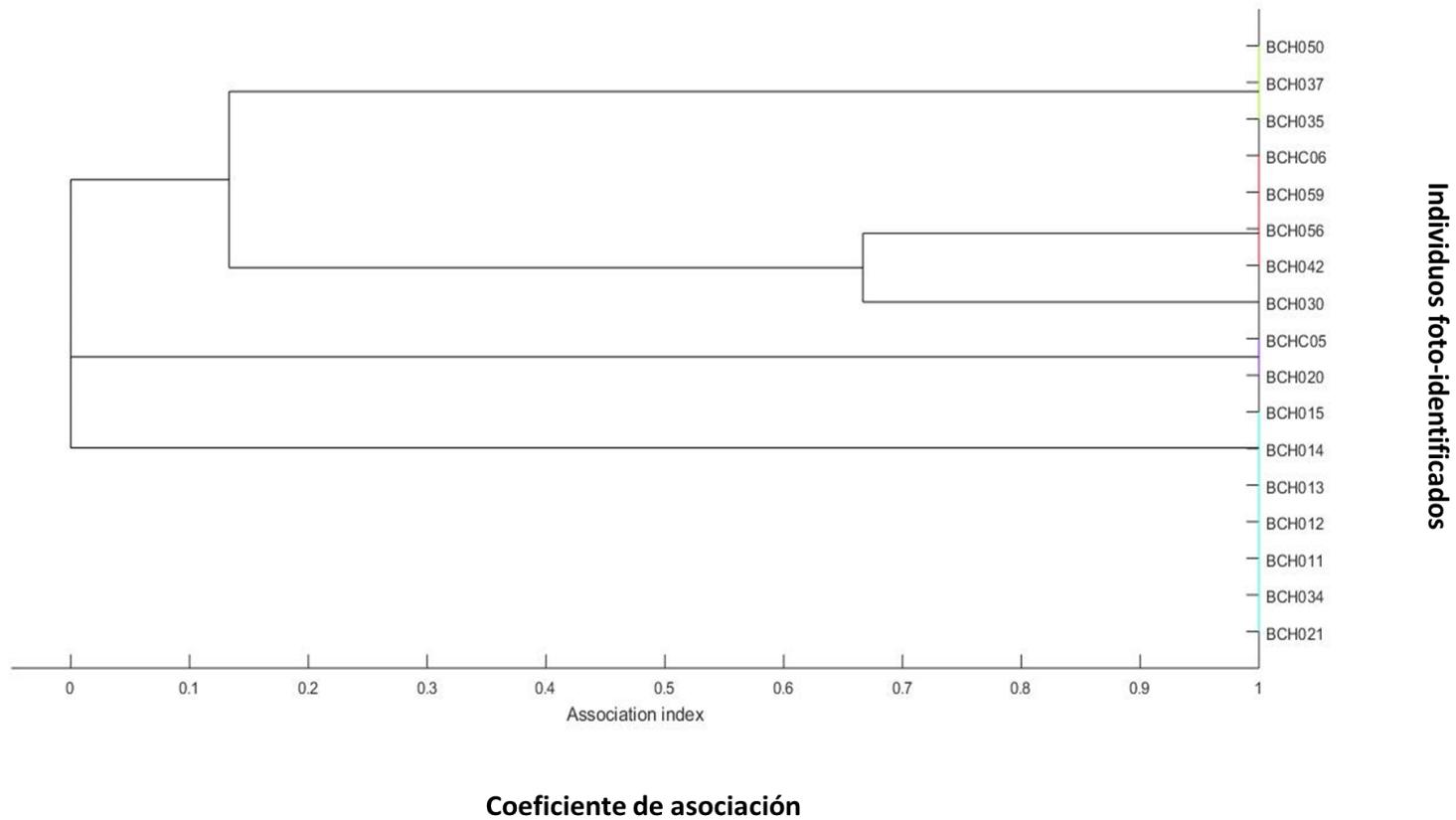


Figura 25. Clúster del grado de asociación de los individuos foto-recapturados durante temporada de nortes. Los colores indican el grado de asociación entre los delfines, entre más cercano al valor de 1 mayor es el índice de asociación entre delfines.

Para la temporada de secas los valores en los coeficientes de asociación (COA) iniciaron con valores bajos (0.3-0.4) (Fig. 26), mostrando en la mayoría de las asociaciones interacciones moderadas (0.5-0.7) y cinco pares de delfines en asociación alta a muy alta (0.8-1.0).

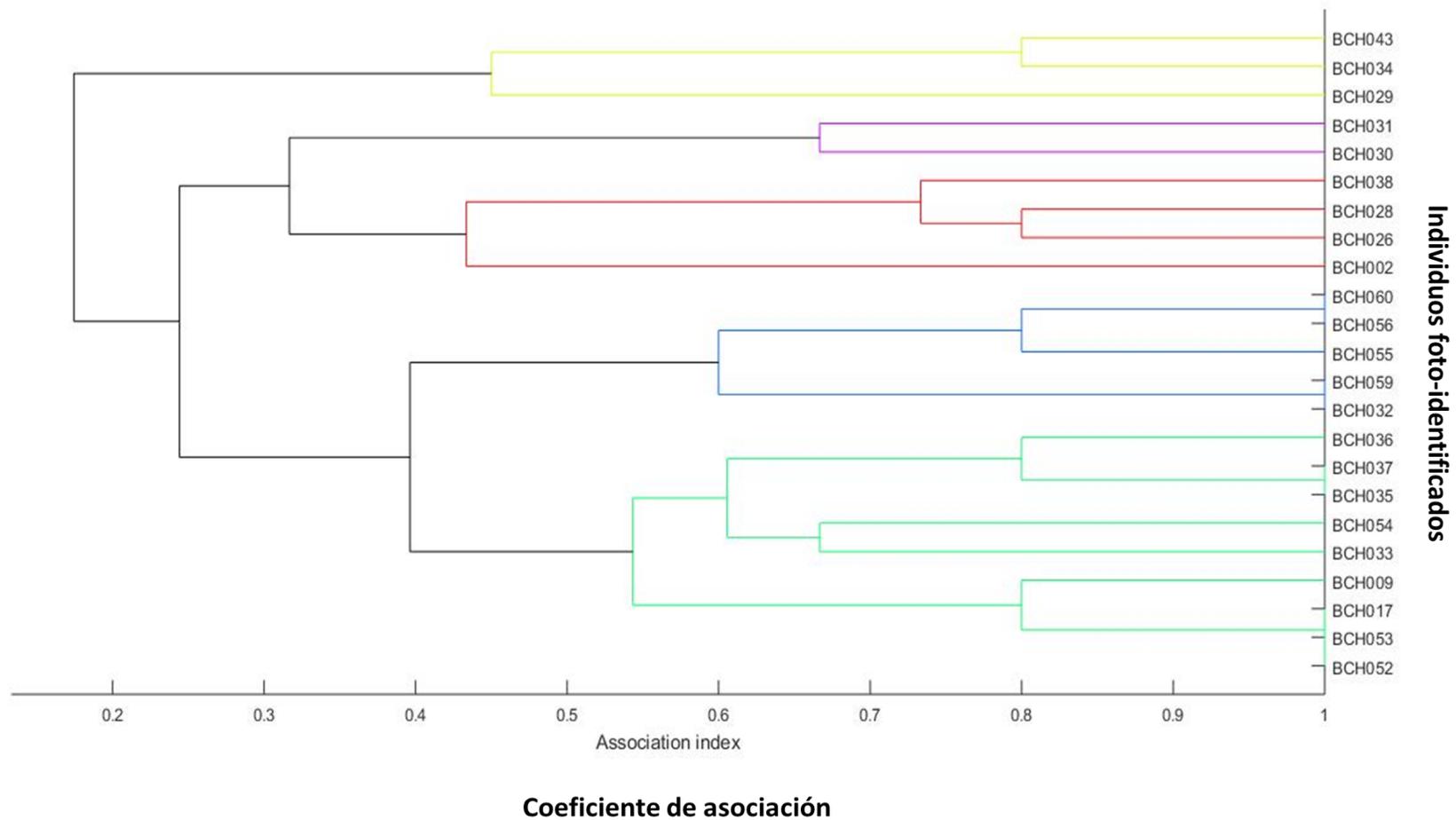


Figura 26. Clúster del grado de asociación de los individuos foto-recapturados durante temporada de secas. Los colores indican el grado de asociación entre los delfines, entre más cercano al valor de 1 mayor es el índice de asociación entre delfines.

Durante la temporada de lluvias los valores en los coeficientes de asociación (COA) iniciaron con valores altos (0.6-0.7) (Fig. 27), mostrando estos valores en la mayoría de las asociaciones.

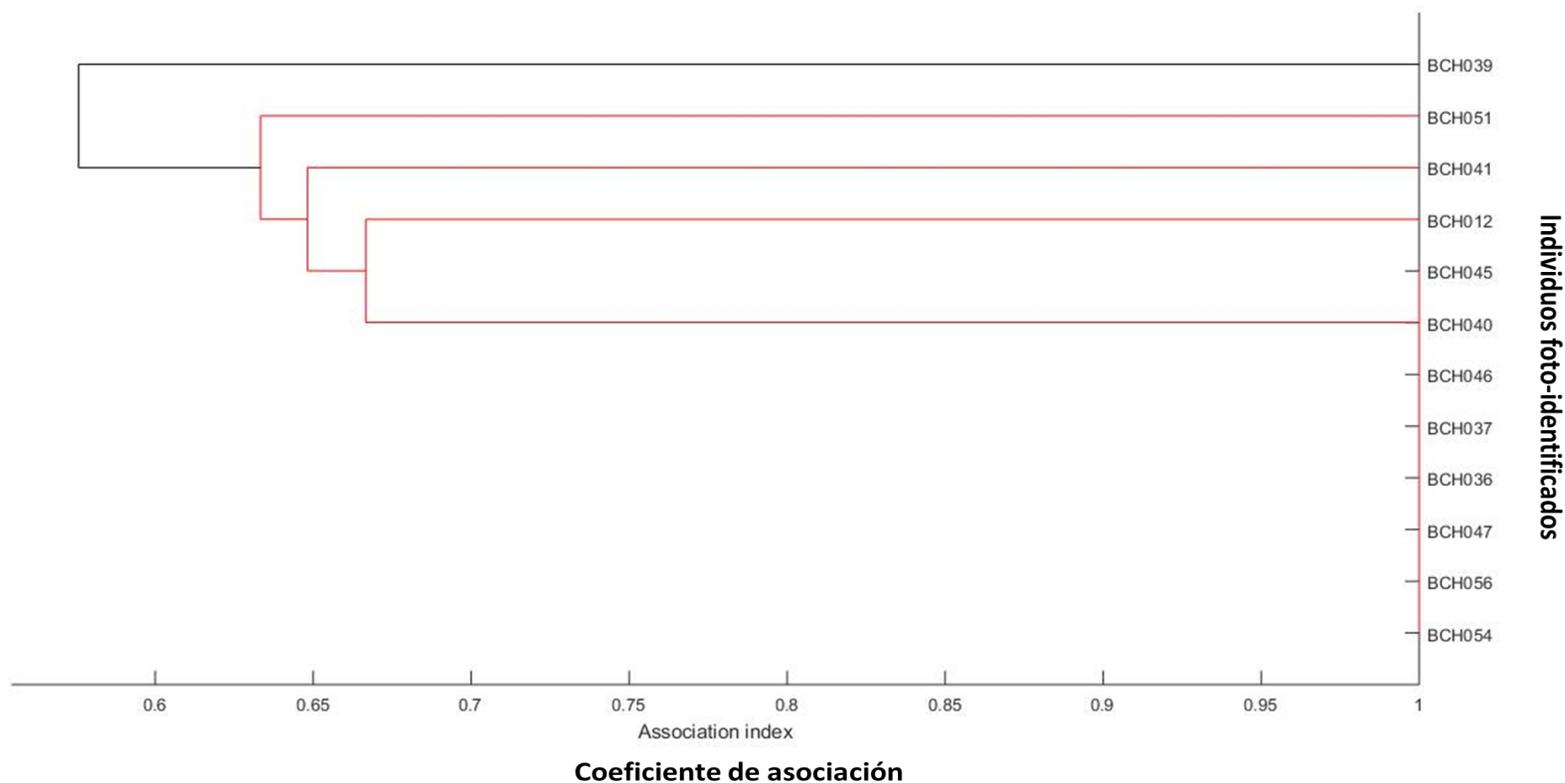


Figura 27. Clúster del grado de asociación de los individuos foto-recapturados durante temporada de lluvias. Los colores indican el grado de asociación entre los delfines, entre más cercano al valor de 1 mayor es el índice de asociación entre delfines.

7. DISCUSIÓN

7.1 Esfuerzo de muestreo

En el esfuerzo de muestreo de este estudio durante las tres temporadas climáticas en 2018, no se logró cubrir todos los meses de cada temporada, sin embargo, se decidió hacer las comparaciones pues el esfuerzo en kilómetros y horas recorridos para cada temporada fue muy similar y no existieron diferencias significativas.

7.2 Identificación individual de los delfines: Foto-identificación

La foto-identificación y construcción del catálogo fotográfico digital de la Bahía de Chetumal, se complementó con datos de años anteriores, de manera oportunista e información de Belice, lo que aumento el tamaño de muestra para la identificación individual de los delfines y complementó la parte que corresponde a Belice, ya que existe una barrera política pero no ecológica para el desplazamiento de los delfines.

Aunado a lo anterior se revisaron catálogos de años anteriores de los arrecifes de Belice en busca de recapturas, sin embargo, no se presentaron resultados pues no existieron empates de los individuos registrados en dichos catálogos con los de este estudio, esto puede indicar la presencia de pequeñas poblaciones diferentes, como sucede en otras zonas, donde la distancia es pequeña pero el intercambio de individuos es bajo o inexistente, por ejemplo en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano y las Aguas Costeras de Alvarado con una distancia entre zonas de

~100m el intercambio de individuos es muy bajo (3 individuos compartidos) lo que sugiere poblaciones separadas por algún tipo de barrera social o ecológica (Ruiz-Hernández, 2014), algo similar podría estar sucediendo con los delfines registrados en este estudio.

De los delfines identificados, un porcentaje (33%) fue visto solo una vez, lo que puede indicar presencia de delfines visitantes o transeúntes provenientes de zonas aledañas o más profundas (Ruiz-Hernández, 2014; Morteo *et al.*, 2016).

La curva de acumulación no mostró tendencia a la asíntota, es decir no logró estabilizarse, esto podría ser por la aparición constante de individuos nuevos (Escalante-Espinoza, 2003). Por lo tanto, si se continuará realizando muestreos seguirían apareciendo individuos nuevos, comportamiento muy común de una población abierta (Morteo *et al.*, 2016).

Con base en los estimadores Chao2 y Jackknife1 se logró identificar a más del 60% de la población, aunque se logró identificar a más de la mitad de la población esa necesario seguir realizando esfuerzos para obtener mejores resultados.

7.3 Distribución y abundancia

Las variaciones en la presencia y concentración de grupos e individuos de toninas, en las diferentes sub zonas de la Bahía de Chetumal mostraron diferencias significativas. Observando que la mayor concentración de grupos se presentó en la

parte norte del ANP, además de la mayor abundancia de delfines se encontró en la misma zona y los grupos de delfines en su mayoría se observaron alimentándose.

Esto puede deberse a las diferencias geomorfológicas y batimétricas que existen hacia esa zona, a pesar de que es un cuerpo de agua somero, existen depresiones angostas y profundas con diámetros de entre 10 y 100 m, estas son conocidas localmente como “pozas” en dichas formaciones se congregan canales subterráneos que son fuentes puntuales de manantiales de agua dulce o salina (Carrillo *et al.*, 2009).

Aunque la mayor parte de la Bahía es oligotrófica, en estos sitios puede existir un aumento de nutrientes, lo que conlleva a sitios de alta productividad y un aumento de diferentes organismos, entre ellos peces (Schmitter-Soto *et al.*, 2009), presas que consumen las toninas (Castelblanco-Martínez, 2018), por lo que pueden estar aprovechando la zona para alimentación. En las observaciones de campo más de una vez se encontraron restos de pescado, de los cuales no se pudo identificar la especie, ya que en su mayoría eran pequeños trozos, que fueron consumidos rápidamente por los delfines o aves, que se encontraban en competencia por el alimento. Otras veces no hubo rastros evidentes de alimentación, pero se determinó por aspectos conductuales que realizaban esta actividad, cuando se observaban realizando nados rápidos, en círculos e inmersiones largas y generalmente con levantamiento de aleta caudal; conductas que son representativas de la actividad de alimentación (Morales-Rincón, 2016; Félix *et al.*, 2019).

En la zona norte y cerca de las de pozas desde hace varios años se han reportado especies de peces que en otros estudios son comunes dentro de la dieta de las toninas, por ejemplo peces de la familia Albulidae (Pez ratón: *Albula vulpes*), Clupeidae (Machuelos: *Dorosoma petenense*, *Harengula clupeola*, *Harengula humeralis* y *Harengula januana*), Mugilidae (Lisa: *Mugil cephalus*), Lutjanidae (Pargos: *Lutjanus griseus*) (Naranjo-Ruiz *et al.*, 2019) muy común en estas zonas o en cenotes sumergidos, Scombridae (Bonito: *Scomberomus maculatus*, *Scomberomus regalis*), Trichiuridae (Sable: *Trichiurus leturus*) y Carangidae (Jurel: *Caranx hippos*) (García *et al.*, 2017) algunas de estas especies se han registrado exclusivamente en zonas de fondo rocoso al norte de la Bahía, cerca de la Isla de Tamalcab (Schmitter-Soto *et al.*, 2009).

Los sitios donde mayor se registró esta actividad (zona norte de la Bahía) coincide con zonas de pesca. De las 25 zonas de pesca ya establecidas en la Bahía de Chetumal, 11 están en el noreste (Medina-Quej *et al.*, 2009) y al menos tres están ubicadas cercanas a las zonas de pozas, dichas zonas coinciden con los registros de los avistamientos y con los mayores tamaños de grupo.

El hecho de que las zonas de pesca y la presencia de delfines coincidan en la gran mayoría muestra indicios de una fuerte interacción entre pescadores y delfines, lo que podría desencadenar conflictos entre ambos por la competencia del recurso (Morales-Rincón, 2016), debido a que casi el 90% de la población ha seguido la tradición de la práctica pesquera, y muchos llevan de 10 hasta 40 años realizando esta actividad (Medina-Quej *et al.*, 2009). Sin embargo, la pesca es una actividad

secundaria de la cual no dependen los pescadores en su totalidad, además que, en el área, la abundancia de especies de peces con valor económico no es suficiente para ser comercializado a gran escala (Ramírez, 2013). El desarrollo turístico cada vez es más significativo, debido al interés del Gobierno Estatal y Municipal por promover la actividad mediante la elaboración de Planes Maestros de Turismo Alternativo por lo que les resulta más viable generar ingresos de esta actividad (Medina-Quej *et al.*, 2009; Ramírez, 2013).

En cuanto a la variación temporal en la abundancia, en la temporada de “secas” (febrero-mayo) se registró un mayor número de delfines, esto posiblemente debido al fenómeno hidrológico que sucede en dicha temporada. El nivel del agua suele bajar hasta un metro, produciendo un intercambio de aguas entre el mar Caribe y el río Hondo (Medina-Quej *et al.*, 2009) lo que trae consigo un movimiento de peces hacia aguas con diferentes salinidades y profundidades en la Bahía de Chetumal (Schmitter-Soto *et al.*, 2009). Además de que la apertura artificial de los canales hacia el mar altera fuertemente las comunidades bentónicas de plantas e invertebrados en las lagunas, promoviendo la entrada de organismos marinos a la Bahía (Schmitter-Soto, *et al.*, 2019).

Es posible que los grupos de toninas que se encontraron en la bahía se desplacen a mar abierto en busca de alimento, y después regresen, de manera que su alimentación está influenciada por dos ambientes acuáticos. Lo anterior se ha visto reflejado en la composición isotópica de estos delfines en Bahía de Chetumal, es muy probable que las toninas se estén alimentando de peces provenientes de un

ambiente marino, los valores obtenidos de $\delta^{13}\text{C}$ para peces considerados como consumidores terciarios (*Caranx hippos*, *Gerres cinereus*, *Osyurus chrysurus*, *Lutjanus apodus*) en esta área, son cercanos a los valores obtenidos para las especies colectadas en el ambiente marino; indicando que hay peces (*Lutjanus spp.*, *Haemulon spp.*, *Gerres cinereus*, *Albula vulpes*, *Mugil cephalus*) que vienen del mar Caribe al interior de la bahía (Ramírez, 2013).

Lo anterior puede explicar el aumento en la presencia de delfines durante esta época, pues, aunque los delfines tienen preferencias por ciertas especies de peces también suelen ser oportunistas, por lo que deben estar aprovechando los recursos que les brinda la zona.

Otro aspecto que puede explicar un mayor número de avistamientos durante la temporada de secas es que las condiciones climatológicas que se dan durante esta época generalmente permiten tener mejores condiciones para navegar y observar delfines. Aunque esto es poco probable pues en este estudio la mayoría de las salidas se planificaron con base a las mejores condiciones de observación, es decir con el estado del mar menor a Beaufort 3 (Ruiz-Hernández, 2014; Salazar, 2018).

Otro aspecto para considerar es que la Bahía de Chetumal es un cuerpo de agua somero y semicerrado (Carrillo *et al.*, 2009), que puede estar funcionando también como sitio de refugio contra depredadores y contra condiciones adversas del tiempo.

7.4 Tamaño, estructura de grupo y asociaciones

El tamaño de grupo determinado con este estudio fue bastante variable, sin embargo, los delfines se concentraron en su mayoría en grupos pequeños (2-5 delfines), común en sitios semi-aislados en donde los tamaños oscilan entre tres hasta diez delfines en promedio (Ruiz-Hernández, 2014; Delgado-Estrella, 2015; García-Vital *et al.*, 2015; Salazar, 2018). Esto concuerda con otros trabajos realizados en otras zonas del Caribe, como Sian Ka'an donde los grupos son conformados hasta por 16 individuos, pero en su mayoría no pasan de seis delfines (Castelblanco-Martínez, 2018). En Belice, en Atolón de Turneffe y los Cayos Drowned desde hace tiempo se tienen registros de los grupos de delfines, los cuales son conformados por dos a cuatro individuos (Kerr *et al.*, 2005) y hasta ocho en Cayos Ahogados (García *et al.*, 2017).

Estos tamaños son comúnmente representativos de las poblaciones costeras y se explica en razón al tipo de hábitat en el que se encuentran, pues al no tener grandes depredadores, como en zonas oceánicas, no necesitan de grandes alianzas para la protección y defensa (Barragán, 2017). La variabilidad en el tamaño de grupo puede también ser influenciado principalmente por las actividades realizadas por los delfines de la Bahía puesto que algunas actividades requieren un mayor número de individuos agregados (García-Vital, 2012), además de que la estructura de grupo también es un factor importante en el tamaño de grupo.

En este estudio los grupos de delfines en su mayoría se observaron alimentándose, incluso la mayor presencia de crías y los tamaños de grupos más grandes se registraron durante esta misma actividad. Esto quizá debido a que los grupos grandes proveen a los delfines una mayor protección y defensa de depredadores, y en presencia de crías las hembras suelen formar grupos o “guarderías” de varios individuos generalmente todas hembras para cuidar y proteger a sus crías o incluso para enseñarles a cazar (Martínez-Serrano, 2011; García-Vital *et al.*, 2015), pues durante esta actividad la competencia con las aves por el recurso alimenticio se dio en la mayoría de los avistamientos. Se ha descrito que cuando los delfines forman pequeños grupos para alimentarse, encuentran mejores oportunidades de captura de presas entre pocos animales. Es decir, los delfines que habitan en sistemas con abundancia de presas potenciales disponibles posiblemente no requieren cooperar con varios individuos (Salazar, 2018).

La población de delfines de Bahía de Chetumal está conformada socialmente por pequeños sub grupos de delfines con asociaciones variables y abiertas. En los resultados de esta investigación muy pocos individuos mostraron asociaciones altas, lo que es muy común en diversas partes del mundo debido a la conformación de sociedades “fisión fusión” por lo que las asociaciones en un grupo suelen ser muy variables durante el día (Louis *et al.*, 2015; Hupman ,2016; Louis *et al.*, 2018).

El modelo social de los delfines estudiados se ajusta a este tipo de sociedad “fusión-fisión”. Sin embargo, se desconoce si la población se encuentra estructurada por sexo o edad, puesto que no se tomaron datos genéticos, por lo que no se sabe si

las asociaciones son entre machos o hembras. El estudio de la estructura de grupo se realizó de manera visual, pero el seguimiento mediante recapturas para determinar las asociaciones entre adultos y crías no fue posible debido a que las crías generalmente no presentan muescas distintivas en su aleta dorsal por lo que impide su seguimiento a largo plazo (Mazzoil *et al.*, 2003).

De manera general en este estudio las asociaciones entre los individuos foto-identificados fueron de bajas a moderadas, valores muy comunes en otras zonas geográficas de México (Campeche COA=0.39, Alvarado COA=0.60, Holbox COA=0.50, Laguna de Términos COA=0.36). Debido a que las redes sociales no están compuestas por los mismos individuos a través de los meses o años, valores característicos de poblaciones abiertas (García *et al.*, 2015; Delgado-Estrella, 2002; Bolaños-Durán, 2017).

El análisis por temporadas mostró datos interesantes durante secas. Las asociaciones tuvieron valores de moderados a altos, lo que sugiere que, aunque hubo mayor presencia de individuos en esta temporada los delfines tuvieron asociaciones persistentes durante estos meses. Hecho que puede estar indicando pequeñas unidades sociales de delfines que interaccionan para realizar ciertas actividades en común buscando un mayor beneficio que principalmente suelen ser en actividades vitales como la de alimentación, descanso y socialización (García-Vital *et al.*, 2015; Baker *et al.*, 2017; Salazar, 2018).

La Información anterior se refuerza por el registro de neonatos en esta temporada. Sugiriendo que las alianzas pudieron estar fuertemente relacionadas en protección a las pequeñas crías. En otros estudios donde se conoce el sexo de los delfines se ha detectado que las agregaciones de hembras interactúan constantemente unas con otras, y aunque los niveles de asociación no son muy altos, sí son consistentes a través del tiempo, sociedades que se dan en busca de beneficios para reproducción y crianza (García-Vital *et al.*, 2015; Louis *et al.*, 2018; Salazar, 2018).

A pesar de los indicios que muestran los datos de esta investigación es necesario continuar recabando información, pues dichos datos muestran solo una parte de dinámica poblacional de las toninas de la Bahía de Chetumal, ya que los delfines son mamíferos altamente móviles y con rangos de ámbitos hogareños amplios. Además de la probabilidad de sea una población abierta es alta, por lo que es posible que muchos individuos ocupen el área, pero no permanezcan por mucho tiempo en la zona. Si es importante saber los sexos por la formación de alianzas entre machos que tienen CA tan altos como las hembras con crías

Tomando en cuenta estas características, los resultados de los análisis de asociación deben tomarse con cautela y hacer ciertas consideraciones, pues pueden representar únicamente una parte de la población, debido a que 1) las asociaciones pueden ocurrir en periodos más cortos a los periodos de muestreo, por lo que no se reflejan en los análisis, 2) no se toma en cuenta a individuos no marcados, por lo que puede existir falta de conexiones entre individuos, 3) no se toma en cuenta niveles de residencia, lo que podría explicar mejor el uso del área y

el valor de los COA y 4) la definición de grupo y subgrupo suele ser ambiguo entre un trabajo y otro, por lo que los valores son muy variables.

8. CONCLUSIONES

- ✓ Este trabajo constituye una primera aproximación a diversos aspectos poblacionales y ecológicos de los delfines *Tursiops truncatus* en Bahía de Chetumal/Corozal, originando una línea base para futuras investigaciones.
- ✓ La constante aparición de individuos nuevos en la Bahía de Chetumal y las bajas recapturas, indican que las toninas foto-identificadas pertenecen a una población abierta, de la cual se muestreó el 60%.
- ✓ La aparición de individuos nuevos se registró principalmente en la temporada de Lluvias.
- ✓ Los delfines de la Bahía de Chetumal durante este estudio mostraron preferencias de distribución espacio-temporal, marcando la parte norte de la Bahía como sitio prioritario de ocupación y mayor abundancia de delfines durante la temporada de secas.
- ✓ Los cambios espacio-temporales en la abundancia y tamaño de grupo de los delfines en este estudio sugieren estar ligados principalmente a los beneficios obtenidos para las actividades de alimentación y cuidado de crías.

- ✓ La presencia de crías en la Bahía de Chetumal se registró durante las tres temporadas climáticas, aunque la presencia de neonatos únicamente se observó durante la temporada de secas, indicando una mayor cantidad de nacimientos durante esta temporada.

- ✓ En general los delfines mostraron coeficientes de asociación de moderados a bajos, con variaciones por temporada mostrando valores de asociación moderados pero persistentes, demostrando que la población es altamente dinámica.

9. APLICACIÓN PRÁCTICA

Con base en la revisión de investigaciones previas realizadas en este sitio de estudio, el plan de manejo y la legislación aplicable vigente al Área Natural Protegida se determinó la siguiente problemática para el Santuario del Manatí, Bahía de Chetumal (Espinoza-Ávalos *et al.*, 2009):

- ✓ Bajos estudios de los grupos taxonómicos presentes
- ✓ Impacto antrópico por:
 - Desarrollo costero, contaminación orgánica e inorgánica (México y Belice)
 - Incremento del vertimiento de aguas residuales y la generación de desechos sólidos con repercusiones en el manto freático y la Bahía en su conjunto.
- ✓ Sobrepesca de algunas especies de peces y la introducción de especies no nativas como la tilapia.
- ✓ Modificaciones del paisaje de la Bahía por actividades humanas con afectaciones a la conectividad del corredor biológico mesoamericano.
- ✓ No hay regulación de la pesca artesanal, ni de autoconsumo.
- ✓ Falta información para una integración binacional (México-Belice) sobre las problemáticas, es necesario establecer programas conjuntos de colaboración.

- ✓ De las seis áreas con algún estatus de protección localizadas en el entorno de la bahía, cinco cuentan con programas de manejo, sin embargo, el grado de aplicación es muy variable debido a las diferencias en infraestructura y personal para llevar a cabo los programas de inspección y vigilancia
- ✓ Falta fomentar el uso sustentable del ANP a través de la creación de proyectos productivos por ejemplo el ecoturismo.

Dado lo anterior, y con los datos obtenidos en el presente trabajo se propone esta investigación como base para resolver algunas problemáticas con las siguientes aplicaciones prácticas:

A. Propuesta de protocolos para la regulación de avistamientos de toninas (*Tursiops truncatus*) en el Santuario del manatí la Bahía de Chetumal

La interacción entre el área metropolitana de Chetumal y el “Santuario del Manatí”, generan aptitudes para el aprovechamiento turístico del Área Metropolitana y de su área inmediata de influencia, misma que se expresa en el Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Othón P. Blanco, incidiendo sobre la aptitud de las áreas urbanas. En este aspecto debe considerarse a toda la franja costera de Chetumal-Calderitas con aptitud para el desarrollo turístico con base sustentable

Por lo tanto, para fomentar los proyectos productivos en la Bahía de Chetumal y atraer recurso económico para mantener el área, se propone el ecoturismo de manera no invasiva a través de la observación de delfines, realizando navegaciones en sitios con mayor probabilidad de avistamientos, siempre tomando en cuenta la

participación de expertos y personal encargado del manejo del Área Natural Protegida.

Ante la falta de una normativa mexicana para la observación de pequeños cetáceos, esta propuesta se basa en los lineamientos propuestos para otras zonas del Caribe Mexicano: Complejo de Sian Ka'an, donde ya existe una oferta de avistamiento de mamíferos marinos principalmente de delfines de esta especie (*Tursiops truncatus*) y de manatí (*Trichechus manatus*) con adaptaciones de otros países y de la CARIMAM 2019 (Red caribeña de especialistas en mamíferos marinos) (Castelblanco-Martínez, 2018).

En los datos obtenidos de este trabajo se encontró que casi el 70% de los grupos observados se localiza al noroeste de la Bahía en una distancia no mayor a los 2.5 km de la costa, cercanos a la Isla de Tamalcab donde existen profundidades bajas (>6 m) y también se pueden apreciar desde tierra los avistamientos.

Por lo tanto, se proponen las siguientes pautas para hacer eficientes y aumentar el éxito de los avistamientos en la búsqueda de toninas.

- 1) Contar con permiso de aprovechamiento no extractivo ante la DGVS-SEMARNAT.
- 2) Promover los recorridos entre los meses que cubren la temporada de secas (feb-may) donde existe mayor probabilidad de ver los grupos.
- 3) Efectuar los viajes hacia la zona norte de la Bahía, en distancias cercanas a la costa.

- 4) Es recomendable realizar las navegaciones en estado del mar menor a Beaufort 3, con la finalidad de aumentar la probabilidad de distinguir a los delfines.
- 5) En cuanto al acercamiento: las embarcaciones no deben acelerar, desacelerar, y reversar de manera brusca.
- 6) Nunca se debe interrumpir el rumbo de navegación de un grupo o individuo, rodear o acorralar al grupo o individuo entre varias embarcaciones
- 7) Se recomienda no cerrar las rutas de escape de los animales o grupos avistados, dejando siempre despejada el área frente al individuo o grupo según su dirección de desplazamiento
- 8) No se debe seguir hembras con cría, ni colocar la embarcación en medio de ellas y evitar acercarse si hay una hembra en proceso de parto
- 9) Si los delfines se encuentran en alguna situación de peligro: animales enredados en mallas de pesca (enmallamiento), animales que han colisionado y están heridos, etc, no acercase. En este tipo de situación se debe reportar inmediatamente a la autoridad competente.
- 10) Una vez que se observe algún organismo y/o grupo fuera de las situaciones anteriores, se precede a la aproximación, que debe hacerse lenta y gradual con un acercamiento de forma paralela (ángulo de 45°), tomando en cuenta la mitad posterior del animal o la mayoría de los individuos en un grupo, tratando de no hacerlo completamente por detrás ni de frente, evitando hacer movimientos bruscos, buscando no interrumpir y alterar sus actividades.

- 11) La velocidad máxima de llegada y retirada debe ser inferior a los 18 km/h.
- 12) Distancia máxima de acercamiento al grupo puede ser de 30-50 m.
- 13) Se sugiere mantener el motor encendido y puesto en neutro durante el avistamiento, ya que esto ayuda a que los animales ubiquen las embarcaciones y eviten colisiones.
- 14) Los tiempos de observación se ajustarán al número de embarcaciones, en caso de encontrarse en el sitio una sola embarcación, esta podrá permanecer por un máximo de 30 min. En caso de encontrarse más de una embarcación el periodo de observación no debe exceder los 15 min. Durante este periodo de tiempo se puede realizar la toma de fotografías y videos.
- 15) Para el número de embarcaciones que realizan observaciones al mismo tiempo se recomienda estimar la capacidad de carga del área y de acuerdo con eso proponer un número máximo. En el complejo de Sian ka'an recomiendan como máximo tres embarcaciones simultaneas.
- 16) Antes de realizar los viajes se debe ofrecer capacitación y/o talleres para preparar a los guías turísticos con los conocimientos básicos sobre biología y conservación de la especie, así como el aprendizaje de los lineamientos a seguir para una correcta practica de observación.

Con esta propuesta se busca generar vías alternativas de uso sustentable de los recursos naturales, promover el conocimiento, cuidado y respeto por los organismos acuáticos del área principalmente delfines, así como la participación de las comunidades locales.

B. Propuesta de fortalecimiento regional y binacional para Integración de iniciativas conjuntas de manejo para la bahía y sus zonas de influencia, usando a las toninas (*Tursiops truncatus*) como herramienta de conservación

Para reforzar el plan de manejo existente de la bahía se requiere la Integración regional de iniciativas conjuntas de manejo para la bahía y sus zonas de influencia, utilizando los acuerdos de cooperación entre México y Belice, con información sobre:

- 1) Las diferentes comisiones de cooperación binacional México-Belice (Comisión binacional México-Belice, Comisión internacional de límites y aguas, Comisión interparlamentaria México-Belice y Comisión mixta de cooperación técnica y científica) en las que se podrían enmarcar acuerdos de colaboración en materia ambiental, particularmente en lo concerniente con la bahía de Chetumal.
- 2) Iniciativa regional “Alianza México-Belice para el manejo de recursos costeros compartidos”, establecida en mayo de 2001 y que reúne a organizaciones no gubernamentales de ambos países.
- 3) “Proyecto Sistema Arrecifal Mesoamericano” establecido oficialmente en junio de 2001, el cual operó hasta el 2006 con recursos del Fondo Mundial para el Ambiente, y administrados por el Banco Mundial.

- 4) A nivel regional de México, el “Consejo de cuenca de la región XII hidrológica-administrativa península de Yucatán, Unidad de gestión de los recursos hídricos”, en la que se ubica la región hidrológica 33 (que comprende el este de la península de Yucatán e incluye a la bahía de Chetumal), es una instancia que debería estar integrada en la planeación y administración de los recursos naturales en el área de la Bahía (CNA 2007).
- 5) Lograr una unidad de conservación de las seis áreas protegidas de la región, con programas de investigación y monitoreo compartido.

10. BIBLIOGRAFÍA

- Auriolos-Gamboa, D. 2009. Mamíferos marinos. pp. 241-262. *En: Enciclopedia de las Ciencias y Tecnología de México*. Ramírez Pulido, J. (ed) Ed. COSMOS Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Universidad Autónoma Metropolitana. México D. F.
- AMMPA (Alliance of Marine Mammal Parks and Aquariums). 2017. Información Estandarizada Delfín Nariz de Botella (*Tursiops truncatus*).19 p.
- Arellano, A. 2017. Ecoturismo para rescatar Santuario del Manatí: Sema. La Jornada Maya.
- Arriaga, L., Aguilar, V., Alcocer, J., Jiménez, R., Muñoz, E y Vázquez, E. 2017. Regiones hidrológicas prioritarias. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- Badii, M., Guillen, A., Landero, J., Cerna, E., Ochoa, Y. y Valenzuela, J. 2012. Muestreo por métodos de captura-recaptura. *Internacional Journal of Good Conscience*. **7(1)**: 97-131.
- Barragán, D. C. 2017. Distribución y uso de hábitat del delfín nariz de botella *Tursiops truncatus* (Montagü, 1821) (Cetacea: Delphinidae) en Bocas del Toro, Costa Caribe de Panamá. Tesis de Doctorado. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Bogotá, Colombia. 188 p.
- Baker, I., O'Brien, J., McHugh, K., Ingram, S. N. y Berrow, S. 2017. Bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) social structure in the Shannon Estuary, Ireland, is distinguished by age - and area - related associations. *Marine Mammal Science* **34(1)**: 1-30.
- Bejder, L. y Hall, B. 2002. Limbs in whales and limblessness in other vertebrates: mechanisms of evolutionary and developmental transformation and loss. *Evolution and Development*, **4(6)**: 445-458.
- Bolaños-Jiménez, J. 2017. Ecología poblacional del delfín nariz de botella o tursión (*Tursiops truncatus*) en aguas de la costa occidental del Estado Aragua, Venezuela. Tesis de Maestría. Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías. Universidad Veracruzana. Boca del Río, Veracruz., México. 85 p.

- Buckland, S., Anderson, D., Burnham, K y Laake J. 1993. Distance sampling. Estimating abundance of biological populations. Chapman y Hall, London, U.K.
- Buckland, S., Anderson, D., Burnham, K., Laake, J., Borchers, D. y Thomas, L. 2001. Introduction to Distance Sampling: Estimating abundance of biological populations. Oxford University. New York, US. 432 pp.
- Buckland, S y York, A. 2002. Abundance estimation. pp. 1-6. *En: Encyclopedia of marine mammals*. Perrin, W., Würsig, By Thewissen J.G. (eds.) Ed. Academic Press. San Diego, CA. USA.
- Cairns, S. J y Schwager, S. J. 1987. A comparison of association indices. *Animal Behaviour*. **35(5)**: 1454-1469.
- Carrillo, L., Palacios-Hernández, E., Ramírez, A y Morales-Vela, B. 2009. Características hidrometeorológicas y batimétricas. Pp. 12-20. *En: El sistema ecológico de la bahía de Chetumal/Corozal: costa occidental del Mar Caribe*. Espinoza-Ávalos J., Islebe G y Hernández-Arana H (eds). 2009. Ed. El Colegio de la Frontera Sur (Ecosur).
- 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. Quintana Roo, México. 40 pp.
- Castelblanco-Martínez, D,N. 2018. Propuesta de Lineamientos para la observación responsable de los mamíferos marinos en el complejo de Sian Ka'an. Universidad de Quintana Roo. Quintana Roo, México. 1-7 p.
- Chao, A., “ Nonparametric estimation of the number of classes in a population”, *Scandinavian Journal of Statistics*, núm. 11, 1984, pp. 256-270.
- Colwell, R. 2013. EstimateS, Version 9.1: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples (Software and User's Guide). Freeware for Windows and Mac OS.
- Defran, R., Caldwell, M., Morteo, E., Lang, A., Rice, M y Weller, D. 2015. Possible stock structure of coastal Bottlenose dolphins of Baja California and California Revealed by Photo-Identification Research. *Academy of Sciences*. 114 (1): 1-11.

- Delgado-Estrella, A. 2002. Comparación de parámetros poblacionales de las toninas, *Tursiops truncatus*, en la región Sureste del Golfo de México (Estados de Tabasco, Campeche Yucatán y Quintana Roo). Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de México. México, D.F. 176 p.
- Delgado-Estrella, A. 2015. Patrones de residencia y movimientos a largo plazo de las toninas *Tursiops truncatus*, en la región sureste del Golfo de México. Revista *Therya* **6 (2)**: 297-314.
- Escalante-Espinosa, T. 2003. ¿Cuántas especies hay? Los estimadores no paramétricos de Chao. *Elementos*. **52**: 53-56.
- Escobar-Lazcano, M.J. 2015. Análisis de tendencias y vacíos en la investigación de mamíferos marinos en México durante el período 1998 al 2014. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología, Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México. 65 p.
- Espinoza-Ávalos, J., Islebe, G y Hernández-Arana, H. 2009. El sistema ecológico de la bahía de Chetumal/Corozal: costa occidental del Mar Caribe. Ed. El Colegio de la Frontera Sur (Ecosur), Quintana Roo. 263 pp.
- Espinoza, D., Ramos, M., Salas, M y Heredia, V. 2017. Impacto del Ruido Submarino de las Actividades de Exploración Sísmica por Hidrocarburos sobre los Mamíferos Marinos en el mar de Tumbes. Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. **20(40)**: 64-69.
- Félix, F., Zavala, M., y Centeno, R. 2019. Distribución espacial, estructura social y amenazas de conservación de una pequeña comunidad de delfines nariz de botella, *Tursiops truncatus* (Odontoceti: Delphinidae) en Ecuador. Revista de Biología Tropical, **67(4)**: 1059-1076.
- Flores, E., García-Salinas, M., Delgado-Estrella, A., Calderón-Garcidueñas, A.L., Waliszewski, S., Infanzón-Ruiz, R y Ruiz-Ramos R. 2018. Presencia de plaguicidas organoclorados en muestras biológicas de toninas (*Tursiops truncatus*) y manatíes (*Trichechus manatus manatus*) colectadas en el sur del Golfo de México. Revista Internacional de Contaminación Ambiental. **34**: 17-28.
- Fruet, P., Secchi, E., Di Tullio., J y Kinas, P. 2011. Abundance of bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus* (Cetacea: Delphinidae), inhabiting the Patos

- Lagoon estuary, southern Brazil: Implications for conservation. *ZOOLOGIA*. **28 (1)**: 23-30.
- García-Vital, M. 2012. Relación de los patrones de asociación y las actividades de delfines (*Tursiops truncatus*) residentes de Alvarado, Veracruz. Tesis de Maestría. Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías, Universidad Veracruzana. Boca del Río, México. 66 p.
- García-Vital, M., Morteo, E., Martínez-Serrano, I., Delgado-Estrella, A y Bazúa-Durán, M. 2015. Inter-individual association levels correlate to behavioral diversity in coastal bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) from the Southwestern Gulf of Mexico. *Therya*. **6(2)**: 337-349.
- García, J., Self-Sullivan, C y Funicelli, N. A. 2017. Changes in Bottlenose Dolphin (*Tursiops truncatus*) Distribution and Behavior in the Drowned Cayes, Belize, and Correlation to Human Impacts. *Aquatic Mammals*. **43(6)**: 661-672.
- Guevara-Aguirre, D y Gallo-Reynoso, J. 2015. Abundancia relativa y estacionalidad de dos poblaciones de toninas (*Tursiops truncatus*) en la región de Guaymas, Sonora, Golfo de California. *Therya*. **6(2)**: 315-328.
- González-Oreja, J., de la Fuente-Díaz-Ordaz, A., Hernández-Santín, L., Buzo-Franco, D y Bonache-Regidor, C. 2010. Evaluación de estimadores no paramétricos de la riqueza de especies. Un ejemplo con aves en áreas verdes de la ciudad de Puebla, México. *Animal biodiversity and conservation*. **33 (1)**: 31-45.
- Hammer, O., Harper, D y Ryan P. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* **4 (1)**: 9 pp.
- Herrera, J. 2011. Climas de Quintana Roo. pp. 233-239. *En: Riqueza Biológica de Quintana Roo. Un análisis para su conservación, Tomo II*. Pozo, C., Armijo, Canto N. y Calmé S. (eds). El Colegio de la Frontera Sur (Ecosur), Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio), Gobierno del Estado de Quintana Roo y Programa de Pequeñas Donaciones. Ed. México, D. F.
- Herrera-Silveira, J., Arreola-Lizárraga, J y Ramírez-Ramírez, J. 2009. Cambios hidrológicos y de estado trófico entre los años 2000 y 2006. pp. 21-27. *En: El sistema ecológico de la bahía de Chetumal/Corozal: costa occidental del*

Mar Caribe. Espinoza-Ávalos, J., Islebe, G y Hernández-Arana, H. (eds). Ed. El Colegio de la Frontera Sur (Ecosur).

Hernández-Arana, H., Espinoza-Aváles, J y Islebe G. 2009. Introducción y perspectivas. pp. 1-4. *En:* El sistema ecológico de la bahía de Chetumal/Corozal: costa occidental del Mar Caribe. Espinoza-Ávalos, J., Islebe, G y Hernández-Arana, H. (eds). Ed. El Colegio de la Frontera Sur (Ecosur).

Hupman, K. 2016. Photo-identification and its application to gregarious delphinids: Common dolphins (*Delphinus* sp.) in the Hauraki Gulf, New Zealand. Tesis de doctorado. Universidad de Massey, Albany, New Zealand. 411 p.

Jiménez, P y Alava, J. 2014. Population ecology and anthropogenic stressors of the coastal Bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) in the el Morro mangrove and wildlife refuge Guayaquil Gulf, Ecuador: Towards conservation and management actions. Dolphins: Ecology, Behavior and Conservation Strategies, Series: Marine Biology. Nova Science Publishers, Hauppauge, NY, USA, 129-163.

Kerr, K.A., Defran, R.H. y Campbell, G.S. 2005. Bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the Drowned Cayes, Belize: Group size, site fidelity and abundance. Caribbean Journal of Science. **41(1)**: 172-177

La Fauci, D. 2017. Segregazione spaziale per classe d'eta del delfino (*Tursiops truncatus*) della costa centrale di Veracruz, Messico. Tesis de Maestría. Departamento de Ciencias de la Vida y del Ambiente. Universidad Politécnica de la Marche. 42 p.

Louis, M., Gally, F., Barbraud, C., Béseau, J., Tixier, P., Simon-Bouhet, B., Le Rest, K y Guinet, C. 2015. Social structure and abundance of coastal bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, in the Normano-Breton Gulf, English Channel. Journal of Mammalogy. **96(3)**: 481–493.

Louis, M., Simon-Bouhet, B., Viricel, A., Lucas, T., Gally, F., Cherel, Y y Guinet, C. 2018. Evaluating the influence of ecology, sex and kinship on the social structure of resident coastal bottlenose dolphins. Marine Biology. **165(80)**: 2-12.

Martella, M., Trumper, E., Bellis, L., Renison, D., Giordano, P., Bazzano, G y Gleiser, R. 2012. Manual de Ecología Poblaciones: Introducción a las técnicas para

- el estudio de las poblaciones silvestres. *Reduca (Biología)*. Serie Ecología. **5(1)**: 1-31.
- Martínez-Serrano., I. 2011. *Ámbito hogareño y composición grupal de toninas (Tursiops truncatus) en la zona Norte-Centro de Veracruz, México*. Tesis de Doctorado. Instituto de Neuroetología. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz. 181 p.
- Martínez-Serrano, I., Serrano, A., Heckel, G y Schramm, Y. 2011. Distribución y ámbito hogareño de toninas (*Tursiops truncatus*) en Veracruz, México. *Revista de ciencias marinas*. **37(4A)**: 379-392.
- Mazzoil, M., McCulloch, S., Defran, R y Murdoch, M. 2003. The use of digital photography and analysis for dorsal fin photo-identification of bottlenose dolphins. *Aquatic Mammals*. **30(2)**: 1-34.
- Medina-Quej, A., Arce-Ibarra, A., Herrera-Pavón, R., Caballero-Pinzón, P., Ortiz-León, H y Rosas-Correa, C. 2009. Pesquerías: sector social, recurso base y manejo. pp.184-195. *En: El sistema ecológico de la bahía de Chetumal/Corozal: costa occidental del Mar Caribe*. Espinoza-Ávalos, J., Islebe, G y Hernández-Arana, H (eds). Ed. El Colegio de la Frontera Sur (Ecosur).
- Möller, L. 2012. Sociogenetic structure, kin associations and bonding in delphinids. *Molecular Ecology*. **21**: 745-764
- Morales-Vela,B. 2014. El santuario del manatí a 18 años de su nacimiento. *Ecofronteras*. **18(52)**: 26-29.
- Morales-Vela, B., Padilla-Saldivar, J y Antonchiw, D. 2011. Mamíferos marinos. pp. 233-239. *En: Riqueza Biológica de Quintana Roo. Un análisis para su conservación*, Tomo II. Pozo, C., Armijo Canto, N. y Calmé, S. (eds). Ed. El Colegio de la Frontera Sur (Ecosur), Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio), Gobierno del Estado de Quintana Roo y Programa de Pequeñas Donaciones. México, D. F.
- Morales-Rincón, N.S. 2016. *Comportamiento de tursiones (Tursiops truncatus) en la interacción con pesca artesanal en la costa central de Veracruz*. Tesis de Maestría. Instituto de Neuroetología, Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México. 86 p.

- Morteo, E., Delfín-Alonso C., Martínez-Serrano., I y González-Christen., A. 2016. Más de 20 años estudiando los tursiones (*Tursiops truncatus*) de las aguas costeras de Alvarado, Veracruz. XXXV Reunión Internacional para el Estudio de los Mamíferos Marinos. SOMEMMA. 2-6 de mayo, La Paz, Baja California Sur, México.
- Morteo, E., Rocha-Olivares, A., Morteo, R., y Weller, D. W. 2017. Phenotypic variation in dorsal fin morphology of coastal bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) off Mexico. PeerJ, 5: e3415.
- Naranjo-Ruiz, K. L., Delgado-Estrella, A., Morquecho-León, M. R. K., y Torres-Rojas, Y. E. 2019. Determinación de peces presas consumidos por toninas (*Tursiops truncatus*) que vararon en la Isla del Carmen, Campeche. Revista Mexicana de Biodiversidad. **90(1)**: 1-9.
- 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. Revista Hidrobiológica. **25(1)**:127-138.
- NOAA-Fisheries, 2016f. Common bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus truncatus*): Northern Gulf of México continentak shelf stock.
- 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. Colegio de Ciencias y Humanidades. Universidad Autónoma de México. México, D.F. 82 p.
- Passadore, C., Möller, L., Diaz-Aguirre, F., y Parra, G. J. 2018. High site fidelity and restricted ranging patterns in southern Australian bottlenose dolphins. Ecology and evolution. **8(1)**: 242-256.
- Peña, V. 2014. Influencia de cuencas hidrográficas exorreicas en la distribución y permanencia de un depredador tope *Tursiops truncatus*, en la zona costera norte veracruzana. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Veracruzana, Tuxpan, Veracruz, México. 113 p.
- Pérez-Cao, H., López N., Blanco, M., Lio V y González-Sansón, G. 2009. Abundancia y distribución del delfín (*Tursiops truncatus*, Montagu, 1821) en la costa norte de la provincia Matanzas, Cuba. Revista Investigación Marina. **30(1)**: 55-61.

- Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo (PODEQR). 2008. Chetumal, Quintana Roo., México. 13 p.
- Ramírez, T. 2013. Contribución al conocimiento de la dinámica trófica de la Bahía de Chetumal basado en el uso de isótopos estables $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$. Tesis de Licenciatura. Universidad de Quintana Roo. Chetumal, Quintana Roo, México. 65 p.
- Ramos, E., Castelblanco-Martínez, D. N., Niño-Torres, C., Jenko, K., y Gomez, N. 2016. A Review of the Aquatic Mammals of Belize. *Aquatic Mammals*, **42(4)**: 476-493.
- Ramos, E., Castelblanco-Martínez, D.N., Garcia, J., Rojas, J., Foley, J., Audley, K., Van Waerebeek, K y Van, Bressemer M. 2018. Lobomycosis-like disease in common bottlenose dolphins *Tursiops truncatus* from Belize and Mexico: bridging the gap between the Americas. *Dis Aquat Org*. **128 (1)**: 1-12.
- 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., y 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.30 p.
- Ruiz-Hernández, I. A 2014. Desplazamientos de toninas (*Tursiops truncatus*) en la costa central de Veracruz, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología, Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México. 58 p.
- Salazar, G. 2018. Asociaciones y tamaño de grupo de los tursiones (*Tursiops truncatus*) en Laguna de San Ignacio B.C.S. México durante los inviernos de 2009-2012, a partir de avistamientos de oportunidad. Tesis de Licenciatura. Facultad de medicina veterinaria y zootecnia. UADY. Mérida, Yucatán, México. 137 p.
- Sarasota Dolphin Research Program (SDRP). 2006. Manual for Field Research and Laboratory Activities. Chicago Zoological Society and Dolphin Biology Research Institute c/o Mote Marine Laboratory. 60 pp.

- Santos-Carvalho, M., Sepúlveda, M., Moraga, R., Landaeta, M., Oliva, D., y Pérez-Álvarez, M. 2018. Presence, Behavior, and Resighting Pattern of Transient Bottlenose Dolphins (*Tursiops truncatus*) in the Humboldt Current System off North-Central Chile. *BioOne*. **72(1)**: 41-56.
- Serrano A., Carrillo-Castilla, P., García-Hernández, L., Naval-Ávila, C., Cuervo-López, L., Basañez-Muñoz, A., Zarza-Meza, E y Capistrán-Barradas, A. 2017. Understanding Bottlenose Dolphins (*Tursiops truncatus*) Alliances in Northern Veracruz, Mexico. *In: Advances in Animal Science and Zoology*. Ed. Nova Publishers, New York. **10**: 153-163.
- Shane, S. 1990. Behavior and Ecology of the Bottlenose Dolphin at Sanibel Island, Florida. Pp. 245-265. *En: The Bottlenose Dolphin*. Leatherwood, S y Reeves, R (eds). Academic Press, Inc. San Diego, California, USA.
- Schmitter-Soto, J., Vásquez-Yeomans, L, Pimentel-Cadena, E, Herrera-Pavón, R, Paz, G y García-Téllez, N. 2009. Peces. pp. 102-114. *En: El sistema ecológico de la bahía de Chetumal/Corozal: costa occidental del Mar Caribe*. Espinoza-Ávalos, J., Islebe, G y Hernández-Arana, H (eds). Ed. El Colegio de la Frontera Sur (Ecosur).
- Schmitter-Soto, J. J., y Herrera-Pavón, R. L. 2019. Changes in the Fish Community of a Western Caribbean Estuary after the Expansion of an Artificial Channel to the Sea. Special Issue Ecology and Conservation of Freshwater Fishes Biodiversity. *Water*. **11(12)**: 1-17.
- SMN Servicio Meteorológico Nacional. 2019. Resúmenes Mensuales de Temperaturas y Lluvia.
- SMM Committe on Taxonomy. 2017. List of marine mammal species and subspecies. Society for Marine Mammalogy
- Verme, V e Iannacone, J. 2012. Estructura social del delfín nariz de botella *Tursiops truncatus* (CETACEA: DELPHINIDAE) en la costa suroeste de la Isla de Tenerife (Islas Canarias), España. *Ecología Aplicada*. **11(2)**: 67-76.
- Wells, R.S y Scott, M.D. 2018. Bottlenose dolphin, *Tursiops truncatus*, Common Bottlenose Dolphin. pp. 118-125. *In: Encyclopedia of marine mammals*. Würsig, B., Thewissen, J.G.M y Kovacs, K.M. (eds). Ed. Third Edition.
- Wells, R.S., Natoli, A. y Braulik, G. 2019. *Tursiops truncatus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2019.

Whitehead, H. 2009. SOCPROG programs: analyzing animal social structure. Department of Biology, Dalhousie University, Canada. 78 pp.

Zacarías 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, México D.F. 131 p.

11. ANEXOS