

La investigación reportada en esta tesis es parte de los programas de investigación del CICESE (Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California).

La investigación fue financiada por el CONAHCYT (Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías).

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México). El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo o titular de los Derechos de Autor.

**Centro de Investigación Científica y de Educación
Superior de Ensenada, Baja California**



**Maestría en Ciencias
en Ecología Marina**

**Asociaciones y movimientos del tursi3n (*Tursiops truncatus*;
Cetacea: Delphinidae), en la Regi3n Oriental de las Grandes
Islas del Golfo de California**

Tesis
para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de
Maestro en Ciencias

Presenta:

Gabriela Noem3 Salazar S3nchez

Ensenada, Baja California, M3xico
2023

Tesis defendida por
Gabriela Noemí Salazar Sánchez

y aprobada por el siguiente Comité

Dra. Gisela Heckel Dziendzielewski
Co-directora de tesis

M. C. Héctor Pérez Puig
Co-director de tesis

Dr. Juan Carlos Herguera García

Dr. Rodrigo Méndez Alonzo

Dr. Eduardo Morteo Ortiz



Dr. Rafael Andrés Cabral Tena
Coordinador del Posgrado en Ecología Marina

Dra. Ana Denise Re Araujo
Directora de Estudios de Posgrado

Copyright © 2023, Todos los Derechos Reservados, CICESE
Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización por escrito del CICESE

Resumen de la tesis que presenta **Gabriela Noemí Salazar Sánchez** como requisito parcial para la obtención del grado de Maestro en Ciencias en Ecología Marina.

Asociaciones y movimientos del tursión (*Tursiops truncatus*; Cetacea: Delphinidae), en la Región Oriental de las Grandes Islas del Golfo de California

Resumen aprobado por:

Dra. Gisela Heckel Dziendzielewski
Co-directora de tesis

M. C. Héctor Pérez Puig
Co-director de tesis

Las especies sociales, como las de la familia Delphinidae, comúnmente requieren estudios tanto demográficos como sociales para conocer la dinámica de la estructura de sus poblaciones y sus relaciones interindividuales a lo largo del tiempo. Estudié las asociaciones entre grupos de tursiones (*Tursiops truncatus*) en la Región Oriental de las Grandes Islas del Golfo de California durante cuatro años (2009-2013) con el objetivo de caracterizar su demografía en términos de sus asociaciones y movimientos. El área de estudio (5,800 km²), se dividió en dos zonas (costera y oceánica), y a partir de datos de foto-identificación se calcularon los índices de asociación y estabilidad, así como el patrón de movimientos de los tursiones con el programa SOCPROG 2.9. De los 95 avistamientos registrados en 147 navegaciones, logré diferenciar 1,252 individuos. La curva de descubrimiento de nuevos individuos indicó una población abierta que no fue completamente identificada. Solo 40 individuos fueron recapturados en más de cuatro ocasiones, los cuales sirvieron para el análisis de asociaciones y movimientos. Aunque el 21% de los coeficientes de asociación (CoA) fueron muy altos (0.60-1), sus asociaciones no fueron distintas de un patrón aleatorio, ya que están sobreestimadas, por lo que los resultados obtenidos no deben interpretarse como representativos de las tendencias de esta población durante el periodo de estudio. Se observó un patrón de movimientos con mayor probabilidad de intercambio desde la zona costera hacia la zona oceánica. En contraste con estudios previos, este trabajo encontró una numerosa población de tursiones (miles de individuos) altamente móviles con una amplia distribución, así como una pequeña “comunidad núcleo”. Estos hallazgos constituyen una base para futuras investigaciones sobre estructura poblacional y social de tursiones en esta parte del Golfo de California.

Palabras clave: *Tursiops truncatus*, asociaciones, desplazamientos, foto-identificación, Golfo de California.

Abstract of the thesis presented by **Gabriela Noemí Salazar Sánchez** as a partial requirement to obtain the Master of Science degree in Marine Ecology

Associations and movements of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*; Cetacea: Delphinidae), in the Eastern Midriff Islands Region of the Gulf of California

Abstract approved by:

Gisela Heckel Dziendzielewski, Ph.D
Thesis co-director

Héctor Pérez Puig, M.Sc.
Thesis co-director

Social species, such as those in the Delphinidae family, commonly require both demographic and social studies to understand the dynamics of their population structure and their interindividual relationships over time. In this thesis, I evaluated the bottlenose dolphin population (*Tursiops truncatus*) in the Eastern Midriff Islands Region of the Gulf of California over four years (2009-2013) to characterize their demography in terms of associations and movements. The study area (5,800 km²) was divided into two zones (coastal and oceanic) and, based on photo-identification data, the association and stability indices were calculated, as well as the pattern of movements with the program SOCPROG 2.9. There were 95 sightings recorded during 147 surveys, and a total of 1,252 individuals were differentiated. The discovery curve of new individuals indicated an open population that was not fully identified. Only 40 individuals were recaptured on more than four occasions, which were used for the associations and movements analysis. Although 21% of the association coefficients were very high (0.60-1), their associations were not different from a random pattern as they are overestimated, thus implying that the results obtained should not be interpreted as representative of the trends of this population during the study period. A pattern of movements with a high probability of exchange was observed from the coast to the oceanic zone. In contrast to previous studies, this work found a large population (thousands of individuals) of highly mobile bottlenose dolphins with a wide distribution, as well as a small “core community”. These findings constitute a basis for future research on the population and social structure of bottlenose dolphins in this part of the Gulf of California.

Keywords: *Tursiops truncatus*, associations, movements, photo-identification, Gulf of California.

Dedicatoria

A Eiby que siempre me motivó a perseguir mis sueños y me enseñó a luchar por ellos.

A Teté, Chata y Betty por todo el amor y apoyo que me han dado, por su ejemplo de lucha y perseverancia.

A Paty y José que le dieron luz a mi vida, por su amor y apoyo incondicional. Espero hacerlos sentir orgullosos.

“Me parece haber sido sólo un niño jugando en la orilla del mar, divirtiéndose y buscando una piedra más lisa o una concha más bonita de lo normal, mientras el gran océano de la verdad yacía ante mis ojos con todo por descubrir”

-Isaac Newton-

Agradecimientos

Al Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California (CICESE) y al Posgrado en Ecología Marina, por permitirme la valiosa oportunidad de realizar mis estudios de posgrado en su institución.

Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) por el apoyo económico que me otorgaron para realizar mi posgrado (CVU 1068778).

A la Dra. Gisela Heckel, no alcanzan las palabras ni el espacio para expresarle todo mi agradecimiento. Su apoyo incondicional durante los momentos difíciles, su tiempo para escucharme, sus consejos, usted es un ejemplo e inspiración para mí, no imagina lo valioso que ha sido. Gracias por darme la oportunidad de realizar mi sueño más anhelado.

Al M. en C. Héctor Pérez Puig, parecía tan lejano y tú lo acercaste a mí. Héctor gracias por todas las enseñanzas y múltiples regaños a lo largo de este proceso que me ayudaron a culminar este sueño, tu impaciencia me volvió más persistente. Gracias por compartir la panga conmigo, por tus bromas y burlas, por compartir tu pasión por los *“tursitos y gorditas”*, por los intensos debates, pero sobre todo por estar presente en los momentos más difíciles y levantarme de todas mis caídas. Gracias por tu amistad y por creer en mí.

Al Dr. Juan Carlos Herguera, que desde su primera clase me hizo dudar de los cetáceos. Gracias doc por compartir sus vastos conocimientos conmigo, por escuchar y responder cada una de mis dudas, por la sabiduría con la que me guió a expandir mi conocimiento.

Al Dr. Rodrigo Méndez, por su amplia perspectiva y conocimiento que me ayudaron en cada clase y en cada reunión a pensar de manera distinta a lo convencional.

Dr. Eduardo Morteo, doc gracias por compartir conmigo sus conocimientos en el tema que tanto me apasiona, por su tiempo y paciencia para explicarme y resolver cada una de mis preguntas. Gracias por impulsarme a expandir mis conocimientos, su guía y recomendaciones han sido fundamentales para culminar esta meta.

A la Dir. Lorayne Meltzer por todas las facilidades que me otorgó para mi estancia y participación en las actividades del programa del Centro de Estudios Culturales y Ecológicos Prescott College A.C., así como a la Universidad Prescott College, como entidad que apoya las actividades del Centro, incluidas las del Programa de Mamíferos Marinos.

A Aldo Echeverría Caro, por su paciencia y disposición para enseñarme y resolver mis dudas en la elaboración de las gráficas y manejo del Programa R. Gracias a ti ahora quiero saber todo de R.

A Cosme Becerra, que siempre nos llevó en la panga a la felicidad con las ballenas y los tursitos, y que siempre me compartió sus valiosos conocimientos del mar y las tortugas.

A Julio, Lupita y Don Emilio, que me alimentaron, cuidaron de mí e hicieron más divertida mi estancia en Kino. Gracias por incluirme en su mesa, por su amistad, por sus consejos y las risas, porque como dice Julio *“total, la gente de todo habla”*.

A Tara Boag, por su sincera amistad y compañía durante estos años. Gracias por todas tus ocurrencias que me hicieron feliz, por escucharme y apoyarme en los días difíciles, extrañaré nuestra reconfortante hora del té.

A las hijas del patrón Majo e Iskra, a Oscar, Ibrah, Laura, Abi y Selene. Gracias chicos por su compañía aun en la distancia, por las risas, los paseos y las charlas divertidas, por darme ánimos en los momentos oscuros y por estar al pendiente de mí.

A Yessica Contreras Pacheco, por tu amistad y apoyo durante mi estancia en Ensenada, por los paseos, las charlas, los consejos y tu complicidad al escuchar mis locas ideas. Valoro mucho tu amistad Yess, gracias por todo.

A Naoki, cómo olvidar todas nuestras aventuras en Ensenada, gracias por toda la diversión y risas que hacían doler mi estómago, los higos hurtados y la complicidad. Sin duda han sido los momentos más divertidos del posgrado.

A la Psic. Yahaira Castañeda, no lo habría logrado sin tu ayuda, gracias por escucharme, por tus consejos y apoyo incondicional. Nunca terminaré de agradecerte todo lo que has hecho por mí.

A Teté, Chata y Betty, gracias por apoyarme a seguir mi sueño, por su amor infinito, por su confianza y por motivarme a conseguir todo lo que me proponga. ¿Recuerdan cuánto lo deseaba? Lo logré.

A mis papás, gracias por creer en mí y acompañarme en esta aventura, por escucharme y aconsejarme. A Cristian y María José, por su apoyo emocional, gracias por estar conmigo en los momentos difíciles. A Maggie, quiero que sepas que tú fuiste el motivo más grande para no rendirme, gracias por animarme a ir más lejos, por tus cartas y por creer en mí. Los amo.

A Elisa Sandoval, gracias por tu ejemplo de perseverancia, por estar para mí siempre que lo necesité, por ser luz en mi camino.

A Adrián Pool, siempre serás la musa que me inspira. Gracias por tu apoyo a la distancia, por darme valor para luchar por lo que deseo, por limpiar mis lágrimas y recordarme lo fuerte que soy.

Finalmente quiero agradecer a los tursitos, en especial a mi querido Grafiteado, las mochas, el Duende, el Sharky, el Boomerang, a Igor, Pípin y Frodo... fue un reto complicado conocerlos, hicieron que valga la pena cada desvelada, cada lágrima y cada caída. Y luego de tantas fotos encontrar sus aletitas en el mar, mirarlos libres ser tan curiosos, cruzar nuestras miradas... fue sublime. Hacen que no pueda dejar de hacerme preguntas y buscar respuestas.

Tabla de contenido

	Página
Resumen en español.....	ii
Resumen en inglés.....	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimientos	v
Lista de figuras	ix
Lista de tablas.....	xi
Capítulo 1. Introducción	1
1.1 Antecedentes	2
1.2 Justificación.....	5
1.3 Hipótesis	6
1.4 Objetivos.....	6
1.4.1 Objetivo general	6
1.4.2 Objetivos específicos	6
Capítulo 2. Metodología.....	7
2.1 Área de estudio	7
2.2 Trabajo de campo.....	10
2.2.1 Navegaciones	10
2.2.2 Registro de avistamientos.....	10
2.2.3 Foto-identificación.....	11
2.3 Trabajo de gabinete.....	12
2.3.1 Análisis fotográfico	12
2.3.2 Comparación intra-anual	13
2.3.3 Comparación inter-anual	14
2.3.4 Catálogo fotográfico	14
2.3.5 Curva de descubrimiento.....	14
2.3.6 Tamaño de grupo.....	15
2.3.7 Análisis de asociaciones	15
2.3.8 Tasas de asociación rezagadas	17
2.3.9 Tasas de identificación rezagadas	18

Capítulo 3. Resultados.....	20
3.1 Esfuerzo de observación.....	20
3.2 Avistamientos.....	21
3.3 Identificación fotográfica.....	21
3.4 Comparación intra-anual.....	22
3.5 Comparación inter-anual.....	23
3.6 Curva de descubrimiento.....	24
3.7 Tamaño de grupo.....	25
3.8 Análisis de asociaciones.....	27
3.9 Tasas de asociación rezagadas.....	29
3.10 Tasas de identificación rezagadas.....	30
Capítulo 4. Discusión.....	33
4.1 Esfuerzo de observación y avistamientos.....	33
4.2 Comparación fotográfica y curva de descubrimiento.....	35
4.3 Tamaño de grupo.....	37
4.4 Asociaciones.....	39
4.5 Tasas de asociación e identificación rezagadas.....	41
Capítulo 5. Conclusiones.....	44
Literatura citada.....	46

Lista de figuras

Figura	Página
1. El área de estudio se localiza en la Región Oriental de las Grandes Islas del Golfo de California y el Canal del Infiernillo.	9
2. Criterios de clasificación según el Programa de Investigación de Delfines de Sarasota (SDRP, 2006) para las fotografías de aletas dorsales de los tursiones.	13
3. Esfuerzo de observación por año realizado en el área de estudio. Los bigotes muestran el valor mínimo y máximo, y las cajas el cuartil inferior y superior. La media está representada por puntos y la mediana por una línea transversal. El número de navegaciones correspondientes a cada año se indica en la parte superior de cada caja bigote.	20
4. Número de avistamientos de tursiones (n= 95) registrados en la Región Oriental de las Grandes Islas a lo largo del periodo de estudio 2009-2013.	21
5. Individuos foto-identificados por año y recapturas obtenidas durante la comparación fotográfica intra-anual. Se muestra el total de recapturas por año.....	22
6. Individuos foto-diferenciados y recapturas obtenidas durante la comparación inter-anual. Se muestra el total de recapturas por año.....	23
7. Curva de descubrimiento del total de tursiones foto-diferenciados contra el número acumulado de foto-identificaciones durante 2009 a 2013. La línea discontinua roja indica una relación 1:1. Las líneas discontinuas verticales en gris indican el número acumulado de identificaciones obtenidas en cada año.	24
8. Tamaño de grupo de tursiones observados en la zona costera durante el periodo 2009-2013 en la Región Oriental de las Grandes Islas del Golfo de California. Se observa una distribución multimodal y un promedio para el tamaño de grupo de 19 (línea punteada).	25
9. Tamaño de grupo de tursiones observados en la zona oceánica durante el periodo 2009-2013 en la Región Oriental de las Grandes Islas del Golfo de California. Se obtuvo un promedio de 99 tursiones para el tamaño de grupo (línea punteada).	26
10. Diferencias en el tamaño de grupo de tursiones por zonas costera y oceánica en la Región Oriental de las Grandes Islas del Golfo de California, México durante los años 2009-2013. Los bigotes muestran el valor mínimo y máximo, y las cajas el cuartil inferior y superior. La media está representada por puntos rojos y la mediana por una línea, los puntos verdes representan los valores extremos.....	27
11. Histogramas de los coeficientes de asociación para los tursiones foto-diferenciados que tuvieron al menos cuatro recapturas durante los años 2009-2013 (n= 40). A) Se muestran los CoA para todas las posibles diadas (n=820). B) Valores de las asociaciones verdaderas (diferentes de 0) de las diadas (n=40).	28

12. Sociograma de los coeficientes de asociación (CoA) obtenidos con el índice de peso medio (HWI) de tursiones en la Región Oriental de las Grandes Islas. Las líneas unen a los individuos asociados y el grado de las asociaciones es representado por el grosor de la línea.....29
13. Tasa de asociación rezagada (LAR) y tasa de asociación nula graficadas contra el tiempo de rezago para los 40 tursiones con cuatro o más recapturas durante el periodo de 2009 a 2013.30
14. Tasa de identificación rezagada (LIR) que señala que, para un periodo de 1,400 días, los tursiones tuvieron una probabilidad mayor de permanecer en la zona de estudio (triángulos) que de moverse a otras áreas de la región (cuadrados). Las barras representan el error estándar obtenido mediante remuestreo (bootstrap) con 1,000 repeticiones.....31
15. Tasas de identificación rezagadas (LIR) para los movimientos de los tursiones dentro de la zona de distribución. El modelo con el mejor sustento para ambas zonas fue el modelo “Cerrado”.31
16. Tasas de identificación rezagadas (LIR) entre las dos zonas de distribución en la región. El modelo con mejor sustento para ambas zonas (Figuras A y B) fue el modelo de “Mezcla completa”.32

Lista de tablas

Tabla	Página
1. Categorías de los coeficientes de asociación en tursiones (CoA), tomado de Quintana-Rizzo y Wells (2001).	16
2. Resumen del total de fotografías de aletas dorsales de tursiones tomadas durante el periodo 2009-2013.	22
3. Resumen del proceso de comparación fotográfica intra-anual de aletas dorsales de tursiones durante el periodo de estudio 2009-2013.	23
4. Resumen del proceso de comparación fotográfica inter-anual de las aletas dorsales de tursiones durante el periodo de estudio 2009-2013.	24
5. Modelos ajustados de las tasas de identificación rezagadas (LIR), aplicados a los tursiones con cuatro o más recapturas en el área de estudio (n=40). Se muestran sólo los resultados con el mejor ajuste a los datos de acuerdo con el QAIC más bajo. En cada modelo "N" se refiere al tamaño de la población (en cualquier momento) en el área de estudio. La explicación de cada modelo es de acuerdo con Whitehead (2009).	32

Capítulo 1. Introducción

La estructura social es un atributo importante en la biología de poblaciones, ya que explica cómo surgen y se mantienen las conexiones entre los individuos, es decir, conforme los animales se mueven e interactúan con sus congéneres crean lazos sociales que cambian a lo largo del tiempo, experimentando un entorno social único, que influye en la dinámica ecológica y evolutiva de sus poblaciones (Silk y Fisher, 2017), a la vez que influyen en el entorno social de otros (Baker et al., 2017; Cantor et al., 2021; Lusseau et al., 2006). La estructura social puede influir en el crecimiento de la población, la sobrevivencia, el componente genético y la dinámica evolutiva de los animales, ya que las conexiones que establezcan con otros individuos influyen en su éxito reproductivo, la transmisión de parásitos y enfermedades, y eventualmente en la selección de fenotipos (Cantor et al., 2021; Ilany y Akçay, 2016).

Asimismo, la estructura social puede estar determinada por las limitaciones que impone el hábitat en donde los individuos se desarrollan, al restringir sus movimientos y las probabilidades de encuentro. Por lo tanto, comprender las variaciones espacio-temporales en la estructura social es la clave para discernir cómo actúa la sociabilidad (es decir la propensión de un individuo de asociarse con otros) en las poblaciones y en las especies (Gartland et al., 2022; Ilany y Akçay, 2016). Finalmente, la estructura social describe los patrones de interacciones y las asociaciones entre pares de individuos pertenecientes a la misma unidad social, sin considerar el sexo o la edad (Gero et al., 2005; Kappeler, 2019).

Los estudios de la estructura social se fundamentan en los registros de las asociaciones e interacciones de los individuos identificados de la misma especie o población, es decir, las acciones que realiza un individuo dirigidas hacia otro que afectan el comportamiento del individuo receptor (Whitehead, 2008; Whitehead y Van Parijs, 2010). Las asociaciones -las cuales se han estudiado en primates y cetáceos-, son una medida del grado de sociabilidad entre individuos de la misma especie, que están definidas en función de su proximidad y comportamiento (Ilany et al., 2013). Estas asociaciones pueden estar influenciadas por diversos aspectos de la biología como la edad, el sexo, el parentesco, la jerarquía y el estado reproductivo (Whitehead, 2008).

El desarrollo de las asociaciones tiene su origen en la formación de grupos, lo cual es una importante estrategia de sobrevivencia y da la pauta para el establecimiento de complejas estructuras sociales (Wiszniewski et al., 2012). Los grupos sociales presentan una dinámica compleja, la cual brinda información importante de cómo los integrantes permanecen o cambian de agrupación en la búsqueda de

ventajas de pertenecer a ellos y a su vez, los grupos sociales brindan información importante sobre el promedio de individuos con los que un animal puede relacionarse en un determinado momento (Lusseau et al., 2003; Whitehead, 2008). Así que evaluar cómo ocurren las variaciones en la constitución de los grupos a lo largo del tiempo, permite conocer el grado de adaptabilidad de una especie ante los cambios en su hábitat (Whitehead, 2008).

Al igual que algunos mamíferos terrestres, los cetáceos tienen diversas estructuras sociales y se organizan en sociedades complejas, en las que interactúan con varios individuos en diferentes contextos y establecen asociaciones a lo largo del tiempo. Algunos ejemplos de estas sociedades incluyen los grupos matrilineales característicos de las orcas (*Orcinus orca*) (Baird, 2000) y cachalotes (*Physeter macrocephalus*) (Whitehead, 2018); las parejas de madres y crías en las marsopas comunes (*Phocoena phocoena*) (Bjørge y Tolley, 2009), y los grupos numerosos con asociaciones fluidas y poco estables que conforman los delfines tornillo (*Stenella longirostris*) (Perrin, 2009). Estas preferencias son más evidentes al considerar el tamaño, la composición y la dinámica temporal de los grupos (Methion y Díaz-López, 2020; Titcomb et al., 2015). No obstante, el conocimiento de la sociabilidad en cetáceos se encuentra rezagado debido a la dificultad para describir de manera precisa los patrones de asociación entre los individuos (Lusseau et al., 2006).

Una herramienta clave en los estudios a largo plazo de las asociaciones en los cetáceos ha sido la técnica de foto-identificación (Mann, 2000; Whitehead et al., 2000), que consiste en el uso de fotografías para el reconocimiento de los individuos por medio de sus marcas naturales. La foto-identificación brinda información acerca de los patrones de movimientos, así como del tamaño y dinámica de una población. En este sentido, la recopilación de fotografías junto con datos para definir asociaciones y/o grupos tienen el potencial de crear un modelo de estructura social (Whitehead et al., 2000).

1.1 Antecedentes

El tursión (*Tursiops truncatus*, Montagü, 1821), es una especie cuyas poblaciones se organizan en sociedades de “fisión-fusión”, las cuales se caracterizan por la frecuencia con la que los grupos cambian su composición, aunque se ha registrado que algunos grupos suelen presentar relativa estabilidad en diferentes escalas espacio-temporales, propiciando la formación de diversos vínculos sociales (Connor et al., 2000; Wells et al., 1987). Este tipo de sociedad también se puede observar en otros mamíferos como los chimpancés (*Pan troglodytes*) (Lehmann y Boesch, 2004), el elefante africano de sabana (*Loxodonta africana*) (Fishlock y Lee, 2013), la jirafa de Rothschild (*Giraffa camelopardalis rothschildi*) (Muller et al.,

2018), y el canguro gris (*Macropus giganteus*) (Jaremovic y Croft, 1991). En los cetáceos, este tipo de sociedades se han descrito también en el delfín oscuro (*Lagenorhynchus obscurus*) (Pearson, 2009) y el calderón boreal (*Hyperoodon ampullatus*) (Gowans et al., 2001).

La escala de tiempo en la que ocurren las dinámicas de fisión-fusión varía entre las especies y es afectada por las necesidades individuales o por factores ambientales. Conocer los mecanismos de respuesta a las variaciones espacio-temporales que influyen en las asociaciones y los movimientos de los individuos, permite comprender cómo ocurre la dinámica social entre miembros de una sociedad (Couzin y Laidre, 2009; Ilany y Akçay, 2016). Los factores intrínsecos de los tursiones, como la demografía, la estructura genética, los patrones de parentesco y el propio comportamiento suelen intervenir en la elección de compañeros, la formación de los grupos y por lo tanto en las asociaciones (Wells y Scott, 2009; Whitehead y Van Parijs, 2010).

Los tursiones son animales gregarios, por lo que comúnmente se les observa en grupos de 2 a 100 individuos. El número de miembros en los grupos puede variar en función de su distribución, ya que los tursiones costeros o en zonas protegidas como estuarios o bahías suelen agruparse en manadas pequeñas de 2-10 individuos, mientras que las manadas de tursiones oceánicos o en zonas abiertas pueden incluir 2-25 individuos, pudiéndose encontrar grupos de hasta 1,000 individuos (Jefferson et al., 2015; Verme e Iannacone, 2012; Wells y Scott, 2009).

Como se mencionó, la composición grupal es dinámica, aunque en algunos casos puede permanecer estable a lo largo de los años, y se ha relacionado con el sexo, la edad, la condición reproductiva de los individuos y las relaciones de parentesco (interacciones entre individuos emparentados) (Connor et al., 2000; Lodi, 2012; Wells y Scott, 1998). Los grupos de los tursiones son de diferentes tipos, y su grado de asociación es variable y consisten generalmente en: a) individuos inmaduros, que pueden estar conformados por machos y hembras o solamente por machos; b) machos adultos, los cuales pueden organizarse en diferentes niveles de alianzas; c) hembras adultas receptivas y sin crías; d) hembras preñadas y hembras con crías (Allen et al., 2011; Lodi, 2012; Wells, 2013). Bräger et al. (1994) en Galveston, Texas, EUA, reportaron asociaciones débiles que pueden estar relacionadas con ciertos comportamientos o áreas; y Hoffmann et al. (2008) en el sureste de Brasil encontraron que los cambios en la organización social de los tursiones podrían estar en función de las características del área en la que se distribuyen.

Los desplazamientos de los tursiones también tienen un gran impacto en sus asociaciones (Connor et al., 2000). En algunos estudios se ha reportado que los tursiones se mueven ampliamente entre diferentes

sitios y están organizados en comunidades abiertas (Defran y Weller, 1999; Morteo et al., 2004). En el Golfo de México se reportó un movimiento de más de 700 km por parte de un tursión entre la Isla Holbox, Quintana Roo y la costa de Tabasco (Delgado-Estrella, 2002). Por otra parte, en otras poblaciones de tursiones se ha reportado una baja tasa de movimientos locales así como la conformación de comunidades cerradas (Bearzi et al., 2008).

Los primeros estudios para conocer aspectos etológicos de los tursiones en su medio natural fueron realizados por Würsig y Würsig (1977), Wells et al. (1980), Bel'kovich (1991), Ballance (1987) y Shane (1980, 1982, 1990); sus resultados aportaron información elemental acerca de los patrones de conducta y su variación espacio-temporal. Posteriormente, estos estudios se fueron diversificando hasta llegar a describir los patrones de asociación en algunas poblaciones de tursiones, como los realizados en la Bahía de Sarasota, Florida, EUA, donde encontraron que los tursiones machos y hembras jóvenes se asocian entre ellos después de separarse de sus madres. Durante este tiempo, los individuos inmaduros pasan largos periodos en grupos numerosos en los que socializan y juegan entre ellos, lo cual desarrolla las habilidades sociales necesarias para su futuro como adultos (Wells, 2013).

Las hembras, por otra parte, pueden permanecer con su madre o regresar a ella por breves periodos, y ya que alcanzan la madurez sexual antes que los machos, es probable que queden preñadas y prefieran asociarse con otras hembras en la misma condición, en especial con hembras de su grupo natal. No obstante, poco se ha estudiado acerca de este periodo de vida (post-destete, pre-reproductores) a pesar de que, tanto en machos como en hembras, puede durar hasta diez años (Connor et al., 2000; Wells, 2013).

Observaciones realizadas en las poblaciones de tursiones de Shark Bay, Australia, y Sarasota, Florida, han permitido describir los patrones de asociaciones más comunes en delfines adultos. Los machos no emparentados suelen asociarse con otros individuos del mismo sexo y edad formando alianzas (pares o tríos) cuyos vínculos sociales son fuertes (Connor et al., 2000; Wells, 2013). Llegan a permanecer juntos hasta más de 20 años y se agrupan con la finalidad de tener acceso a hembras receptivas, facilitar la obtención de recursos y defenderse de los depredadores (Verme e Iannaccone, 2012).

Estas alianzas se mueven entre los grupos de hembras receptivas con las que a su vez se asocian por periodos cortos, que van desde minutos a semanas (Connor et al., 2000; Wells y Scott, 1998). Los machos con tendencia a formar alianzas por lo regular proceden de la misma "banda" (grupo de posibles asociados) de hembras. Este vínculo parece surgir incluso antes de que las crías machos dejen a sus

madres. Lo anterior pone en evidencia que las relaciones sociales pueden ser a largo plazo (Connor et al., 2000; Wells, 2013).

A pesar del conocimiento que se ha alcanzado en comprender el comportamiento social de los tursiones, aun se necesitan estudios para conocer los factores que impulsan la variabilidad de las asociaciones en un sitio en particular. Es por tanto que los tursiones del Golfo de California pueden ser un buen modelo de estudio, ya que han sido estudiados en diversos aspectos, pero existen pocos trabajos que describan su estructura social a través de su patrón de sus asociaciones (Cuevas-Flores, 2023; Salinas-Zacarías, 2005). En la Región Oriental de las Grandes Islas del Golfo de California, Ballance, (1990, 1992) describió el uso del hábitat, los patrones de residencia y analizó por primera vez el patrón de asociaciones de los tursiones para el área de Bahía de Kino, Sonora. Dada la escasa información acerca de los tursiones en esta región, el presente trabajo aportará una descripción de las asociaciones considerando los movimientos de los tursiones en la Región Oriental de las Grandes Islas, lo cual permitirá crear una base para futuras investigaciones sobre estructura poblacional y social de tursiones en esta parte del Golfo de California.

1.2 Justificación

Los tursiones, como todos los cetáceos, están protegidos en México de acuerdo con la NOM-059-ECOL-2010 (SEMARNAT, 2019), y se encuentran clasificados en la categoría “bajo protección especial”. Esta especie posee una gran capacidad de adaptación ante la diversidad de condiciones en el medio marino y en vista de su alta capacidad cognitiva y de autopercepción (Marino, 2002), pueden desarrollar distintas estrategias de organización social (Connor, 2007; Whitehead et al., 2000).

Por otra parte, el área de estudio es altamente productiva y actualmente enfrenta una fuerte problemática con las pesquerías industriales y la pesca ribereña, además de las problemáticas potenciales ocasionadas por el incremento del ecoturismo desmedido y sin buenas prácticas (Figueroa, 2018). Se debe considerar que esta especie es común en la región y un bioindicador de la salud de los ecosistemas, y desde la década de los años ochenta no se han hecho estudios en ella (Ballance, 1987).

La información que se generó en el presente trabajo robustecerá el conocimiento existente de esta especie y sus poblaciones en el Golfo de California, particularmente en esta importante región destacada por su biodiversidad marina. De esta manera, el conocimiento de las asociaciones se considera un elemento clave

para entender la estructura social y la potencial definición de las unidades sociales que en su conjunto pueden contribuir en el desarrollo de planes de gestión y conservación de los tursiones.

1.3 Hipótesis

Las asociaciones entre los miembros de grupos de tursiones están influenciadas por el ambiente en el que viven. Por lo tanto, se espera que los tursiones presentes en la Región Oriental de las Grandes Islas del Golfo de California formen grupos numerosos en los que la fuerza de las asociaciones sea baja en la zona oceánica y profunda, mientras que en la zona costera habrá una tendencia a la formación de grupos pequeños cuya asociación será más persistente.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Analizar las asociaciones y movimientos individuales de los tursiones foto-identificados en la Región Oriental de las Grandes Islas del Golfo de California durante los años del 2009 al 2013.

1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar la fuerza de las asociaciones de los tursiones durante cuatro años de estudio.
- Determinar el grado de los movimientos de los tursiones entre zonas oceánicas y costeras.

Capítulo 2. Metodología

2.1 Área de estudio

El Golfo de California es un mar interior al este del Océano Pacífico Oriental, se localiza en la región noroeste de México y colinda con la península de Baja California, así como con los estados de Sonora, Sinaloa, Nayarit y Jalisco (Lavín y Marione, 2003). En las aguas del Golfo de California habitan el 25% de las especies de mamíferos marinos del mundo y el 80% de los que se distribuyen en México (Heckel et al., 2020; Niño-Torres et al., 2011). Su riqueza se debe a la elevada productividad primaria, que sustenta especies pelágicas, costeras y migratorias; asimismo es considerada una región de importancia para las pesquerías de especies pelágicas menores, como la sardina y el calamar gigante (Álvarez-Borrego, 2010; Lluch-Cota et al., 2010).

Debido a su morfología es considerado un mar semicerrado, que se une al Océano Pacífico en su porción sur, cuyo límite conecta a Cabo San Lucas, Baja California Sur con Cabo Corrientes, en la costa de Jalisco (Álvarez-Borrego, 2010). Se extiende a través de 1,400 kilómetros de longitud, con un ancho que oscila entre 150-200 km y abarca una superficie total de 258,593 km², donde alberga cerca de 900 islas e islotes (Álvarez-Borrego y Lara-Lara, 1991).

De acuerdo con sus características batimétricas y la presencia de islas de gran tamaño, el Golfo de California se divide en dos regiones (Álvarez-Borrego, 2010; Navarro et al., 2016). La región norte del golfo tiene una profundidad media de 200 m y se caracteriza por ciclos de mareas extremas (de hasta 6.95 m), lo cual genera fuertes corrientes y la presencia de grandes cantidades de sedimentos en suspensión. Al límite sur de esta región se encuentra un archipiélago conocido como la Región de las Grandes Islas, cuya batimetría incluye lechos submarinos, canales, cuencas y trincheras, y dos de las islas más grandes de México, Ángel de la Guarda y Tiburón, así como otras islas de menor tamaño entre las que se encuentran San Esteban y San Lorenzo (Álvarez-Borrego, 2010; Lluch-Cota et al., 2007).

La región sur del golfo abarca dos tercios de su extensión, desde el sur de la Isla Tiburón hacia la desembocadura y se caracteriza por un marcado aumento de la profundidad hacia el sur, en donde se presentan cuencas que alcanzan profundidades que van desde los 1,500 hasta los 3,000 m (Álvarez-Borrego, 2007; Lluch-Cota et al., 2007; Navarro et al., 2016).

En el Golfo de California se presentan dos estaciones climáticas, de acuerdo con la variabilidad temporal en los procesos meteorológicos y oceanográficos: de julio a octubre prevalece la estación cálida, caracterizada por la influencia de los vientos débiles provenientes del sureste, y la estación fría, que se extiende de diciembre a mayo y se caracteriza por la intensidad de los vientos predominantes del noroeste. Los meses de junio y noviembre se consideran como periodos de transición (Lluch-Cota et al., 2007).

De acuerdo con su estructura vertical termohalina, el Golfo de California se divide en cuatro regiones marinas: 1) Alto Golfo de California, 2) Norte del Golfo de California, 3) Sur del Golfo de California, que abarca desde Cabo San Lucas hasta el sur de las Grandes Islas, y 4) La zona de entrada, que es la porción en la que se une con el Océano Pacífico Tropical, desde Cabo San Lucas, B.C.S. hasta Cabo Corrientes, Jalisco (Lavín y Marione, 2003; Santamaria del Angel et al., 1994).

Al sur de las Grandes Islas se encuentran los lechos marinos principales, dos de ellos son los de San Lorenzo y San Esteban, que alcanzan profundidades de 400 m y 600 m respectivamente (López et al., 2006). La disipación de energía inducida por las mareas es alta, entre las islas de San Lorenzo y San Esteban se produce una mezcla vigorosa de la columna de agua que puede alcanzar más de 500 m de profundidad, esto propicia el transporte de agua más fría y rica en nutrientes a la superficie. Como consecuencia de este fenómeno, se producen las surgencias que provocan aumentos en la productividad biológica y tienen efectos en las comunidades de fitoplancton en la costa este. También en las proximidades de estas islas se observan corrientes superficiales durante la mayoría del año (Santamaria del Angel et al., 1994; Álvarez-Borrego, 2010; Navarro et al., 2016).

La Región de las Grandes Islas tiene una batimetría característica, constituida por canales estrechos, cuencas y trincheras, como el Canal de Ballenas que desciende hasta 1,500 m siendo la cuenca de mayor profundidad de la región, seguida por la cuenca Delfín de 900 m y la de la Isla Tiburón que alcanza hasta 500 m (López et al., 2006; Navarro et al., 2016). En la Región de las Grandes Islas se presentan las temperaturas superficiales más bajas y el pH superficial más bajo, así como las concentraciones más altas de nutrientes superficiales y de carbono inorgánico total disuelto, lo cual es propiciado por las surgencias y el estrés causado por el viento, y en menor medida a la mezcla por mareas (Álvarez-Borrego, 2007; López et al., 2006).

El Canal del Infiernillo es un estrecho angosto que separa a la Isla Tiburón del territorio continental. Tiene un ancho promedio de 7.6 km y una longitud de 37 km, y se caracteriza por su baja profundidad que en promedio ronda los 5.5 m. No presenta un aporte continuo de agua dulce proveniente de ríos y tiene una

salinidad media de 35‰, no obstante, se ha registrado que durante el invierno la salinidad puede incrementar hasta alcanzar los 40‰. El Canal del Infiernillo se encuentra rodeado por nueve esteros con vegetación de manglar, y alberga praderas de pastos marinos (*Zostera marina* y *Ruppia maritima*), así como más de doscientas especies de algas. Debido a las continuas surgencias que se presentan en los alrededores de la Isla Tiburón, las aguas del canal poseen una alta productividad biológica que ha permitido el establecimiento de pesquerías; además, es una zona de refugio para peces, crustáceos, mamíferos marinos y aves migratorias (Lancin, 1985; Vera, 2009).

El área de estudio en la que se desarrolla esta investigación abarca 5,800 km² y se localiza en la Región Oriental de las Grandes Islas, que comprende las aguas adyacentes a las islas Tiburón, Dátil, San Esteban y San Pedro Mártir, así como el Canal del Infiernillo y Bahía de Kino (Figura 1), donde se ha observado la presencia de 14 especies de cetáceos entre los que se encuentran siete odontocetos y siete mysticetos (Pérez-Puig, 2022).

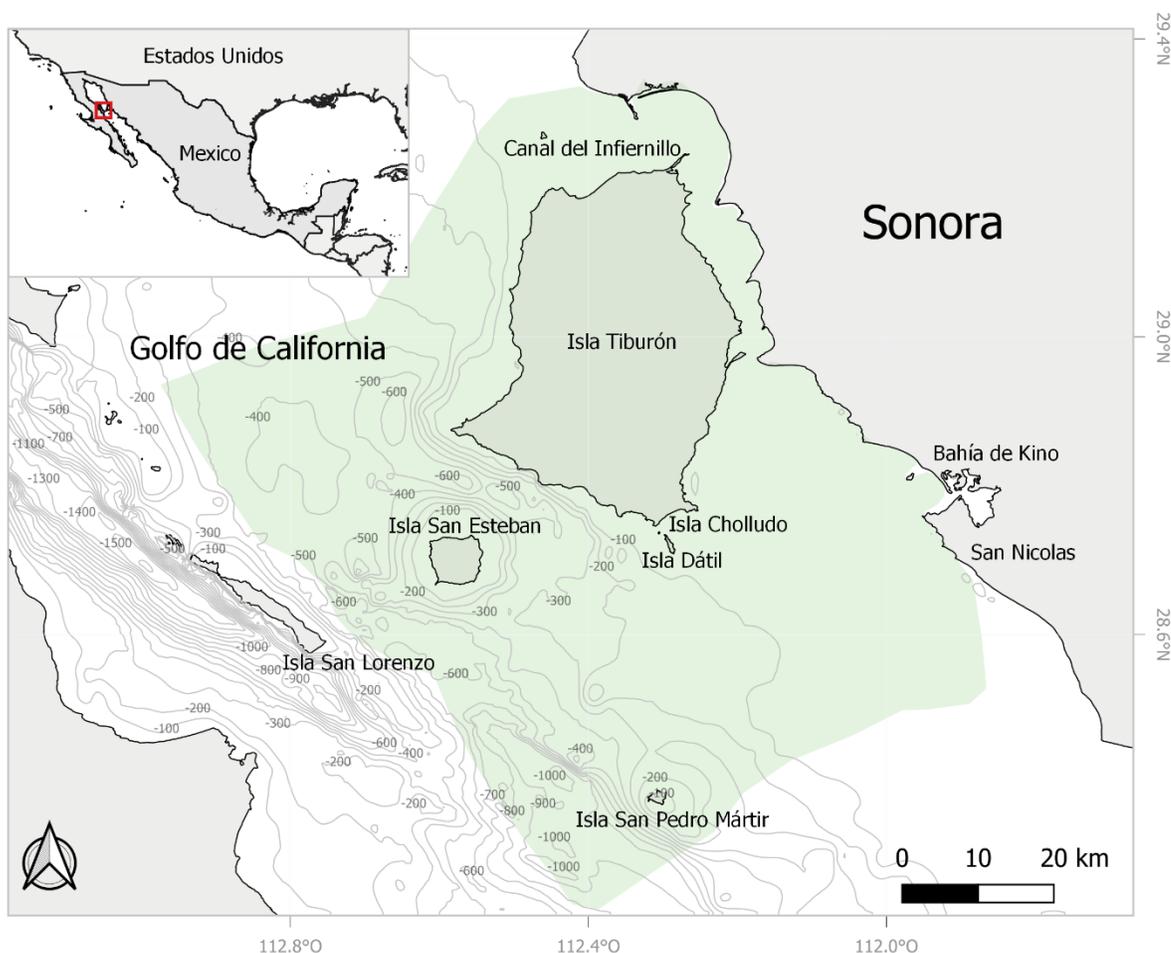


Figura 1. El área de estudio se localiza en la Región Oriental de las Grandes Islas del Golfo de California y el Canal del Infiernillo.

2.2 Trabajo de campo

2.2.1 Navegaciones

Se realizaron navegaciones en el área de estudio con el propósito de registrar y fotografiar cetáceos, a bordo de una embarcación tipo panga de 7 m de eslora, con motor fuera de borda de 115 caballos de fuerza. Las salidas de monitoreo se realizaron durante las temporadas del 2009-2013. Una temporada consiste en 11 meses, que van desde diciembre de un año, hasta noviembre del siguiente año, exceptuando el mes de agosto. Lo anterior tiene correspondencia con el inicio y el final de las estaciones fría y cálida, incluyendo dos periodos de transición entre estaciones (transición I: julio y transición II: noviembre) que se presentan en el Golfo de California (Álvarez-Borrego y Lara-Lara, 1991). Las salidas de monitoreo se llevaron a cabo como parte de las actividades del Programa de Mamíferos Marinos del Centro de Estudios Culturales y Ecológicos Prescott College A. C.

Los recorridos se realizaron siempre y cuando las condiciones del estado del mar fueran menores a 3 de acuerdo con la escala de Beaufort. Cuando las condiciones del mar lo permitían, los viajes se realizaron semanalmente tratando de cubrir de manera homogénea toda el área de estudio, navegando a una velocidad aproximada de 15 km h^{-1} , tomando como punto de partida Bahía de Kino, Sonora. Cada navegación duró aproximadamente siete horas y se contó con el apoyo de por lo menos dos observadores, los cuales efectuaron una búsqueda continua abarcando un ángulo de 180° al frente de la embarcación, a simple vista, así como con binoculares 8x42 mm marca Vortex y 7x50 marca Bushnell.

2.2.2 Registro de avistamientos

Cuando un grupo de tursiones era avistado, se reducía la velocidad de la panga evitando acercamientos abruptos para no perturbarlos y se navegaba paralelamente a ellos, primero con la intención de describir el comportamiento general del grupo y finalmente para obtener fotografías de buena calidad de sus aletas dorsales para su diferenciación. Es importante mencionar que, para esta investigación, el término “grupo” se definió como un conjunto de individuos que se encuentran próximos entre sí a una distancia menor a 100 m, realizando una actividad determinada y moviéndose en la misma dirección (Bräger et al., 1994; Connor et al., 2000; Shane, 1990). El tiempo de observación varió con cada grupo, ya que en ocasiones los delfines se acercaban a la embarcación y en otras ocasiones la evadían.

Durante cada navegación se registró en la bitácora de campo la fecha, los nombres de la tripulación, la hora de inicio y fin del esfuerzo del día, así como los datos relacionados a cada avistamiento como la hora de inicio y fin del avistamiento, el número de individuos, el comportamiento general, la dirección del grupo, la posición geográfica inicial y final usando un GPS (Sistema de Posicionamiento Global) Garmin e-Trex 30, y algunas notas relacionadas con el avistamiento. También se registraron datos sobre la batimetría y temperatura superficial del mar obtenidos mediante una ecosonda Garmin Echomap UHD2 5X/7X y se anotaron de manera rutinaria las condiciones ambientales prevalecientes al momento del avistamiento, como la escala Beaufort, mar de fondo (presencia o ausencia), visibilidad (km) y nubosidad (porcentaje de cobertura de nubes).

2.2.3 Foto-identificación

Para individualizar la mayor cantidad de tursiones observados en los avistamientos que corresponden al periodo de estudio 2009-2013, se tomaron fotografías, principalmente de las marcas presentes en la parte posterior de la aleta dorsal, como cicatrices, deformidades y muescas; adicionalmente se consideraron aspectos conspicuos y permanentes (o que estuvieran presentes al menos durante el periodo de estudio) como la forma de la aleta dorsal, la pigmentación y los rasguños o cicatrices en el cuerpo de cada tursión (Defran et al., 1990; Whitehead et al., 2000). Para conseguir una imagen clara de las cicatrices y muescas de los tursiones en las fotografías, y evitar distorsiones de la aleta dorsal, se maniobró la embarcación para quedar en un ángulo perpendicular con respecto al individuo objetivo. Siempre que fue posible se fotografiaron ambos lados de la aleta dorsal, dándole prioridad a las fotografías del lado derecho; en algunas ocasiones sólo fue posible capturar el lado izquierdo de la aleta. Cuando el avistamiento concluyó, se tomó una fotografía final para indicar el “corte”, lo cual permitió diferenciar el conjunto de imágenes pertenecientes a cada avistamiento o grupo.

Para obtener las fotografías se usó una cámara digital réflex Canon EOS 7D equipada con lentes Canon Ultrasonic de 28-135 mm y otro de 70-300 mm, este último usado en la mayoría de los avistamientos. La cámara estuvo programada en los modos de PAE (Exposición Automática Programada) o Tv AE (priorizando la velocidad de obturación) con la siguiente configuración: velocidad mínima de obturación 1/1250 s, balance de blancos automático, ISO 400-500; el enfoque fue automático predictivo AF AI Servo y el modo de avance fue de disparos en ráfaga a alta velocidad. Cabe mencionar que en algunas navegaciones participaron hasta 3 fotógrafos en la misma panga, aunque la mayoría de las veces solo hubo un fotógrafo.

2.3 Trabajo de gabinete

2.3.1 Análisis fotográfico

Las fotografías de cada avistamiento fueron revisadas, seleccionadas y organizadas para su posterior comparación. Se crearon carpetas para cada temporada, mismas que se organizaron de acuerdo con la fecha de cada salida y por fotógrafo. Mediante el programa ACDSee Photo Studio Ultimate 2020 se analizaron y editaron las fotografías. A cada una se le asignó un código de identificación, el cual incluyó las iniciales del género y la especie, la fecha (año, mes y día), la primera letra del avistamiento por su traducción en inglés (Sighting), el número continuo del avistamiento, la inicial del modelo de la cámara (Canon o Nikon, cuando hubo fotógrafos adicionales), y el número continuo de la fotografía. Por ejemplo: Tt_20101205-S87-C_2575.

Asimismo, a cada fotografía se le asignaron metadatos entre los que se incluyeron el nombre del fotógrafo y las coordenadas geográficas del avistamiento correspondiente. Las coordenadas fueron asignadas usando el programa RoboGEO Georeference Photos v6.3.2, a partir de los recorridos registrados en el GPS. Cuando no se había grabado automáticamente el recorrido, las georreferencias se obtuvieron a partir de las posiciones geográficas de los avistamientos, registradas manualmente en el GPS.

Previo a la comparación fotográfica se hizo una selección de las mejores fotografías siguiendo los criterios establecidos por el protocolo del Programa de Investigación de Delfines de Sarasota (SDPR) (Sarasota Dolphin Research Program, 2006) (Figura 2), por lo que sólo se consideraron las fotografías de calidad Suficiente y Excelente:

- a) Mala: la aleta se encuentra lejos, fuera de foco, sin luz y borrosa.
- b) Pobre: la aleta se encuentra lejos, el foco es insuficiente, con luz, algunas marcas son distinguibles, el ángulo no es perpendicular, sólo se observan fracciones de la aleta.
- c) Suficiente: foco moderado, la aleta está en un ángulo ligeramente perpendicular, las marcas distinguibles son suficientes para ser comparadas.
- d) Excelente: la aleta se observa cerca, con buena iluminación, se encuentra en un ángulo perpendicular a la cámara y las marcas son claramente distinguibles.

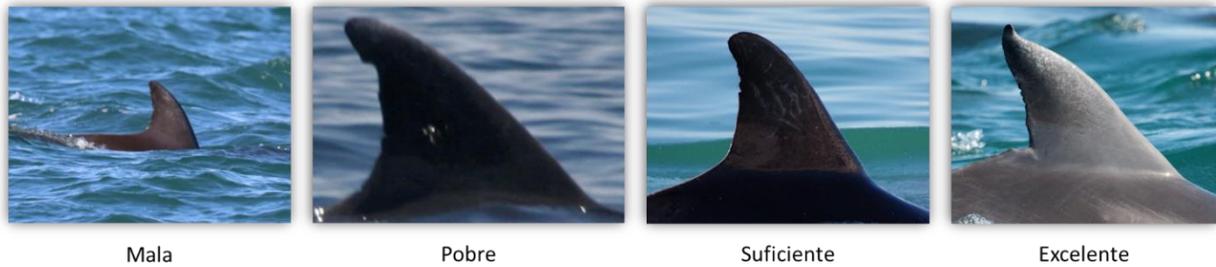


Figura 2. Criterios de clasificación según el Programa de Investigación de Delfines de Sarasota (SDRP, 2006) para las fotografías de aletas dorsales de los tursiones.

Con las fotografías correspondientes al mismo avistamiento se establecieron los pares fotográficos, es decir, se compararon las imágenes derechas e izquierdas de las aletas dorsales y se atribuyeron al mismo individuo cuando las marcas de ambas aletas coincidían. Cuando no se tenían los pares opuestos, las fotografías se consideraron como derechas o izquierdas únicas. Para llevar un registro de los individuos identificados, se creó una matriz de datos en Excel que se organizó por temporadas, donde se registraron la fecha y número correspondiente a cada fotografía de calidad perteneciente a un individuo identificado.

Con el fin de evaluar los sesgos por la pérdida de información al usar la técnica de foto-identificación a lo largo del período de estudio, se calculó el porcentaje de eficiencia fotográfica (EF), el cual se obtuvo al dividir el total de fotos útiles con animales identificados entre el número total de fotografías obtenidas (Heckel, 1992; Morteo et al., 2014; Valdes-Arellanes et al., 2011). Dado que es posible una pérdida de información por el uso de fotografías (i.e., por individuos no capturados o no marcados), se calculó el porcentaje de eficiencia de individualización (EI). Este indicador se obtuvo al dividir el número total de individuos foto-diferenciados entre el total de adultos (dado que tienen mayor probabilidad de presentar marcas permanentes) en los grupos (Morteo et al., 2014).

2.3.2 Comparación intra-anual

A partir del proceso de comparación fotográfica, se consideró una “recaptura” cuando las marcas presentes en la aleta dorsal de un individuo coincidieron en ambas imágenes comparadas, así como las coincidencias detectadas por más de un observador. Para establecer las recapturas intra-anales, se compararon las fotografías de las aletas dorsales pertenecientes a todos los individuos foto-identificados a lo largo de todos los avistamientos dentro de un año (temporada), este procedimiento se hizo para cada lado de la aleta dorsal. Cuando se estableció una recaptura, los datos de ambas fotografías se registraron en la misma celda de la base de datos de Excel previamente creada, y la mejor fotografía fue elegida para

continuar con el proceso de comparación. Este procedimiento se llevó a cabo para cada uno de los años que abarcó este estudio. El proceso de comparación fue realizado de manera independiente por tres revisores con experiencia en foto-identificación, para evitar sesgos por individuos duplicados.

2.3.3 Comparación inter-anual

Una vez que se obtuvieron todas las fotografías de mejor calidad de los tursiones en cada año, se replicó el mismo procedimiento llevado a cabo con las comparaciones intra-anales, en este caso comenzando con los dos primeros años (2009 y 2010); una vez concluidas las comparaciones se prosiguió con otro año y así sucesivamente. Se creó una nueva matriz de datos en Excel con la fecha, año y número de fotografía de cada uno de los tursiones identificados resultantes de este proceso. El archivo de Excel fue actualizado al seleccionar la mejor fotografía de cada individuo, las cuales fueron almacenadas en una nueva carpeta que precedió al catálogo fotográfico de los individuos identificados inter-anualmente. También este proceso de comparación fue realizado de manera independiente por tres revisores, para evitar sesgos por individuos duplicados.

2.3.4 Catálogo fotográfico

A partir de la selección de las fotografías de mayor calidad resultantes del proceso de comparación inter-anual, se construyó un catálogo fotográfico digital de todos los tursiones diferenciados de la Región Oriental de las Grandes Islas del Golfo de California para el periodo 2009-2013. También se creó un archivo en Excel asociado que contiene la información de las recapturas intra-anales e inter-anales de cada uno de los tursiones foto-diferenciados.

2.3.5 Curva de descubrimiento

Para verificar el número total de tursiones foto-diferenciados, se elaboró una curva de descubrimiento a partir de los datos de foto-identificación recabados a lo largo del periodo de estudio. Este análisis representa la tasa de integración de nuevos individuos al catálogo, así como la proporción de individuos que se ha logrado identificar y recapturar fotográficamente (Whitehead, 2009; Valdés-Arellanes et al., 2011). En el gráfico resultante, el eje de las abscisas representa la cantidad acumulativa de tursiones

identificados por día y el eje de las ordenadas indica el número total acumulativo de tursiones diferenciados; por lo tanto, si el número de individuos diferenciados es aproximado o igual al total de individuos identificados, se crea una pendiente de uno, lo cual indica que se siguen agregando individuos nuevos al catálogo. Cuando la curva se acerca a la asíntota, sugiere que ya no están apareciendo individuos nuevos en el área de estudio.

2.3.6 Tamaño de grupo

El tamaño de grupo en cada avistamiento fue determinado por medio de estimaciones visuales por consenso general de la tripulación. Todos los avistamientos ocurridos durante el periodo 2009-2013 fueron considerados para este análisis, independientemente de la obtención de fotografías. Para estimar el tamaño de grupo promedio y su desviación estándar (D.E.) se realizó un análisis de densidad tipo Kernel, ya que este análisis reduce el sesgo propio de los histogramas, así como de los intervalos y su amplitud (Salgado-Ugarte, 2002; Zepeda-Borja, 2017). El análisis de densidad de Kernel se hizo por separado para los avistamientos de la zona costera y la zona oceánica utilizando el lenguaje de programación R versión 4.2.2 (R Core Team, 2022) y para la creación de las gráficas se usó la paquetería *ggplot2* versión 3.4.0 (Wickham, 2016).

2.3.7 Análisis de asociaciones

Se creó un archivo de Excel con la fecha y número de identificación correspondiente a cada tursión para obtener una medida cuantitativa del nivel de las asociaciones entre los diferentes pares de individuos. Para el análisis de asociaciones únicamente se consideraron los tursiones que tuvieron cuatro o más recapturas durante todo el periodo de estudio. Todos los individuos pertenecientes a un mismo grupo se consideraron asociados (Papale et al., 2016; Vermeulen, 2018). Cuando un grupo de tursiones era avistado más de una vez al día, sólo se consideraba uno de los avistamientos registrados para evitar el sesgo por autocorrelación y garantizar la independencia de los datos (Chilvers y Corkeron, 2002; Vermeulen, 2018; Whitehead, 2008).

El análisis de asociaciones se realizó por medio del programa SOCPROG 2.9 (Whitehead, 2009), el cual expresa los resultados en forma de coeficientes de asociación (CoA). Para representar los niveles de asociación entre individuos, se eligió el índice de peso medio o “Half Weight Index (HWI)”, ya que es el

estimador frecuentemente usado en estudios de estructura social en cetáceos (Bouveroux y Mallefet, 2010; Verme e Iannacone, 2012; Vermeulen, 2018), y el estimador con menos sesgo empleado cuando no es posible foto-identificar a todos los individuos presentes en un avistamiento (Whitehead, 1997). Esto es común que ocurra en grupos grandes de delfines, donde además es usual que se subestime el número de individuos asociados. El índice se calcula como se describe a continuación:

$$HWI = \frac{X}{X + (Y_a + Y_b)/2} \quad (1)$$

Donde:

X = número de veces en el que ambos individuos (a y b) fueron foto-identificados juntos en el mismo grupo.
 Y_a y Y_b = número de veces que los individuos “ a ” y “ b ” fueron foto-identificados.

El HWI corrige la falta de información por la pérdida de identificaciones correspondientes a los miembros de una diada (pares de delfines), así como los errores de muestreo en cada grupo (Vermeulen, 2018), e indica la proporción de tiempo que un par de individuos está asociado, donde cero significa que no están asociados y uno indica que siempre están asociados (Cairns y Schwager, 1987). Este índice analiza diadas, de tal manera que, si en un grupo se encuentran tres individuos, cada uno tendrá dos asociaciones, las cuales son calculadas de manera independiente. Los coeficientes de asociación se clasificaron en cinco categorías de acuerdo con la fuerza de la asociación (Quintana-Rizzo y Wells, 2001) (Tabla 1).

Tabla 1. Categorías de los coeficientes de asociación en tursiones (CoA), tomado de Quintana-Rizzo y Wells (2001).

Fuerza de asociación	Valor
Muy bajo	0.01 – 0.20
Bajo	0.21 – 0.40
Moderado	0.41 – 0.60
Alto	0.61 – 0.80
Muy alto	0.81 – 1.0

El programa SOCPROG genera una matriz simétrica de los CoA con los valores del estimador (HWI) de cada par de individuos identificados, y calcula el error estándar de manera analítica o mediante un valor de arranque no paramétrico (bootstrap). A partir de los valores obtenidos en la matriz, se calculó el promedio de asociación para cada diada, y el periodo de muestreo dentro del cual fueron calculadas las asociaciones. Finalmente, la matriz se representó por medio de un sociograma o modelo de red social, el cual es una

gráfica bidimensional en donde los individuos están representados por nodos y están unidos por líneas cuyo grosor es proporcional al valor de su CoA, de tal manera que las líneas gruesas representan las asociaciones más fuertes y las líneas delgadas representan asociaciones más débiles.

Mediante el sociograma se describieron visualmente las relaciones sociales para todo el periodo de estudio y se representó en un arreglo circular, en el que los individuos están identificados por puntos alrededor de un círculo y están dispuestos en él de acuerdo con su vínculo, de tal manera que los más fuertemente asociados se encuentran cercanos entre sí.

A partir de la información proporcionada por la matriz de asociaciones, se construyeron histogramas que representaron la suma de todas las asociaciones y los valores máximos de asociación, en donde los individuos fueron ordenados de acuerdo con el valor de su CoA. Para conocer qué tan variado es el sistema social, se calculó el coeficiente de diferenciación social que indica si algún valor de los CoA predomina o si todos los CoA se presentan de manera similar, en donde un valor menor a 0.3 indica la presencia de una sociedad homogénea (sin diferenciación social), valores superiores a 0.5 sociedades diferenciadas y valores superiores a 2.0 sociedades extremadamente diferenciadas. También se calculó el coeficiente de correlación entre los CoA verdaderos y estimados, este es un indicador del poder del análisis para detectar el verdadero sistema social, donde un valor de 1.0 indica un buen análisis y valores inferiores un análisis poco representativo (Whitehead, 2009).

2.3.8 Tasas de asociación rezagadas

Para determinar la estabilidad de las asociaciones entre individuos a lo largo del tiempo (cuando potencialmente no se tienen registrados a todos los asociados en cada avistamiento), se calcularon las tasas de asociación rezagadas (Lagged Association Rates, LAR), y las tasas de asociación rezagadas nulas (Null Association Rates, NAR), por medio del programa SOCPROG 2.9 (Whitehead, 2009). La LAR estima la probabilidad de que dos individuos que previamente estuvieron asociados permanezcan asociados después de un tiempo. Se obtuvo al dividir el número de asociaciones observadas de una diada repetidas a lo largo del tiempo, entre el número dado de posibles asociaciones cada vez que se identificó a los individuos de la diada. El LAR se expresa como se indica a continuación:

$$g(\tau) = \frac{\sum A \sum j (A, j, d)}{\sum A \sum j N (A, \tau, j, d)} \quad (2)$$

Donde:

$\sum A \sum j (A, j, d)$ = número total de las asociaciones repetidas posteriores al retraso de tiempo τ .

$\sum A \sum j N (A, \tau, j, d)$ = número esperado de asociaciones repetidas después del tiempo τ .

Posteriormente, el resultado de la LAR se comparó con la tasa de asociación nula (o aleatoria), que representa los valores de la LAR esperados dado que no hay asociaciones preferidas. Por consiguiente, si en algún punto la LAR es igual a la tasa de asociación nula, indica que los tursiones se asociaron aleatoriamente (Whitehead, 1995, 2008).

2.3.9 Tasas de identificación rezagadas

Para entender los desplazamientos de los tursiones entre las diferentes partes del área de estudio, se calcularon las tasas de identificación rezagadas (Lagged Identification Rates, LIR), mediante el componente “Análisis de movimientos” del programa SOCPROG 2.9. Para este análisis se dividió el área de estudio de acuerdo con la batimetría de la siguiente manera (Figura 1):

- Zona costera: comprendió Bahía de Kino, San Nicolás y el sur de Isla Tiburón, incluidas las islas Dátil y Cholludo, donde la profundidad está marcada por la isóbata de los 100m.
- Zona oceánica: abarca las islas San Pedro Mártir y San Esteban y la porción marina entre ellas, donde la profundidad se encuentra entre las isóbatas de los 200 y 1,000m.

La LIR indica la probabilidad de que, si un individuo es identificado en el área de estudio en un momento dado, se pueda volver a identificar en la misma área un tiempo después. La LIR también puede calcularse si los datos fueron obtenidos en diferentes áreas, e indica la probabilidad de que, si un individuo es identificado en el área A en cierto tiempo, sea re-identificado en el área B en un tiempo posterior (Whitehead, 2007; Whitehead, 2009). Esta probabilidad se expresa de la siguiente manera:

$$R(\tau) = P(\tau)N \quad (3)$$

Donde:

$R(\tau)$ = LIR para el tiempo τ .

$P(\tau)$ = probabilidad de volver a avistar a un individuo posterior al tiempo τ .

N = tamaño de la población en el área elegida.

Las LIR se calcularon incluyendo sólo a los individuos foto-identificados en cuatro o más ocasiones durante todo el estudio (no se estableció un retraso máximo). También se ajustaron dos modelos para movimientos dentro de la misma zona: 1) Cerrado, y 2) Emigración/Mortalidad; y dos modelos para los movimientos entre dos zonas: 1) Completamente mezclados, y 2) Migración/intercambio completo. Todos los modelos de LIR se ajustaron a los datos usando la máxima verosimilitud y la pérdida binomial para todo el conjunto de datos. Asimismo, se utilizó el criterio de información *cuasi* Akaike (QAIC) para seleccionar el modelo con el mejor sustento a los datos, en donde las diferencias en QAIC de 0-2 señalan un soporte sustancial para ambos modelos, 4-7 se consideran un soporte moderado para el modelo con el QAIC más alto, y una diferencia mayor a 10 indica que no hay soporte para el modelo con el QAIC más alto (Whitehead, 2009; Pleslić et al., 2019; Ascheri et al., 2022).

Considerando que la LIR graficada contra el tiempo brinda una predicción general del lapso que los individuos residen dentro o fuera del área de estudio, un descenso repentino de la LIR a cero después de τ lapsos, indica una emigración permanente después de un tiempo de residencia aproximado de τ . Si la LIR se nivela a un valor constante superior a cero durante mucho tiempo, denotan dos situaciones: 1) ciertos individuos permanecen en el área durante un periodo mayor, y 2) otros individuos regresan al área después de un periodo largo (Cagnazzi et al., 2011; Pleslić et al., 2019). Cabe mencionar que la interpretación de los modelos ajustados no debe considerarse literal y es necesario considerar el contexto de los datos, ya que no hay forma de saber realmente si en la población hubo decesos, los tursiones abandonaron el área o sólo no se volvieron a ver.

Para tener un mayor entendimiento de cómo ocurrieron las asociaciones a lo largo del tiempo en el área de estudio, fue importante considerar el cálculo de la LIR porque brinda una perspectiva de la LAR, de tal modo que, si un individuo ha salido de la población, no podrá establecer una asociación con cualquier otro individuo que aún permanezca en ella, y si dos individuos han abandonado la población, su patrón de asociación será desconocido (Whitehead, 2008).

Capítulo 3. Resultados

3.1 Esfuerzo de observación

Durante el periodo de estudio 2009-2013 se realizaron en total 147 navegaciones y se acumularon 965.03 horas de esfuerzo de observación; la duración promedio de cada navegación fue de 6.5 horas (± 0.24 E.S.) (Figura 3). Para corroborar si había diferencias en la media de horas de esfuerzo entre años, primero se verificó la distribución normal de los datos con la prueba de Shapiro-Wilk, la cual fue significativa, por lo que la distribución de los datos fue distinta a la normal ($W= 0.925$, $p = 6.59 \times 10^{-7}$). Además, tampoco se encontró homogeneidad de varianzas con la prueba de Levene ($F= 9.11$, $p = 1.46 \times 10^{-5}$). Por lo tanto, se realizó una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis ($H= 3.0334$, $n= 147$, $g.l.= 3$, $p= 0.3865$), la cual indicó que las diferencias en las horas de esfuerzo no se consideran estadísticamente significativas entre años.

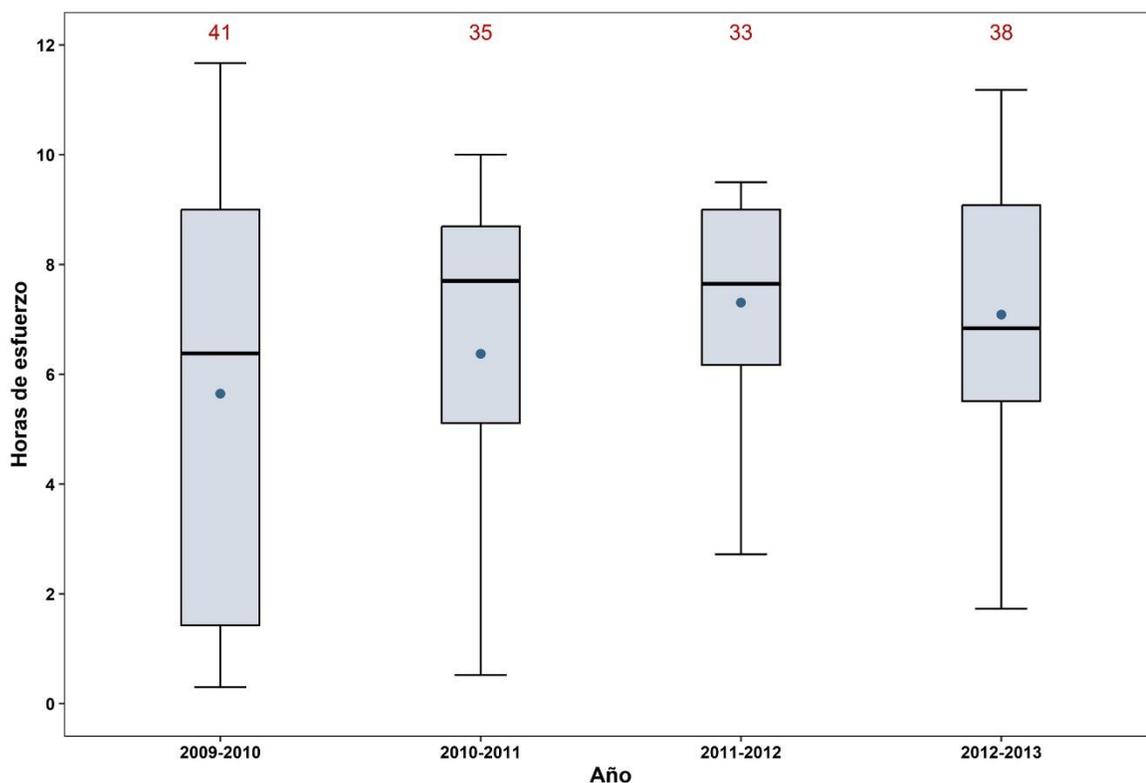


Figura 3. Esfuerzo de observación por año realizado en el área de estudio. Los bigotes muestran el valor mínimo y máximo, y las cajas el cuartil inferior y superior. La media está representada por puntos y la mediana por una línea transversal. El número de navegaciones correspondientes a cada año se indica en la parte superior de cada caja bigote.

3.2 Avistamientos

A lo largo de los cuatro años de estudio se registraron 95 avistamientos, de los cuales 65 corresponden a un esfuerzo de búsqueda realizado con la intención de avistar y fotografiar cetáceos, y 30 provienen de avistamientos incidentales, es decir, el esfuerzo de búsqueda no fue dedicado. También, de todos los avistamientos 52 ocurrieron en la zona costera y 43 en la zona oceánica. Durante los dos primeros años se registraron poco más del 60% de los avistamientos, mientras que para los últimos dos años se observa un descenso, donde para el año 2012-2013 sólo se registraron 15 avistamientos de tursiones (Figura 4).

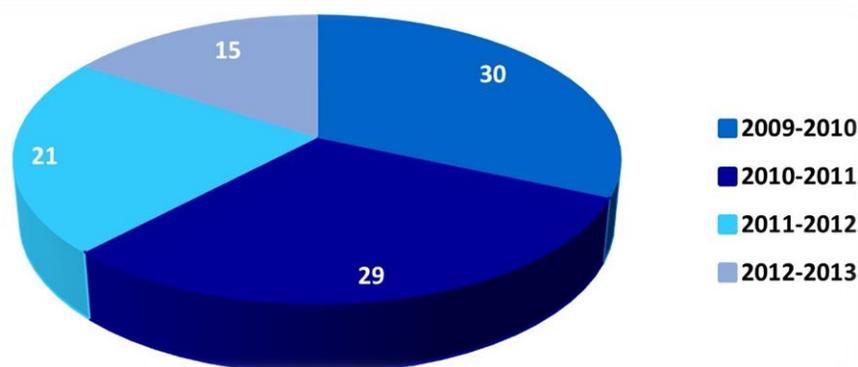


Figura 4. Número de avistamientos de tursiones (n= 95) registrados en la Región Oriental de las Grandes Islas a lo largo del periodo de estudio 2009-2013.

Es importante mencionar que en 24 de los 95 avistamientos no se pudo realizar la técnica de foto-identificación, lo cual equivale al 25% de los avistamientos. De los 71 avistamientos en los que se realizó la foto-identificación de los tursiones, 38 ocurrieron en la zona costera y 33 en la zona oceánica. Las condiciones ambientales (viento, estado del mar), aspectos logísticos e incluso el mismo comportamiento de los tursiones (evasivos) estuvieron entre los factores que impidieron la foto-identificación.

3.3 Identificación fotográfica

Se obtuvieron 12,459 fotografías de ambos lados de la aleta dorsal de los tursiones (Tabla 2), de las cuales 2,880 fueron útiles para el proceso de foto-identificación (calidad suficiente o excelente), por lo que se obtuvo una eficiencia fotográfica (EF) del 23%. A partir de las fotografías útiles, se logró la foto-identificación de 2,000 individuos, de los cuales 1,422 fueron considerados como adultos y se obtuvo una eficiencia de individualización (EI) del 71%.

Tabla 2. Resumen del total de fotografías de aletas dorsales de tursiones tomadas durante el periodo 2009-2013.

	2009-2010	2010-2011	2011-2012	2012-2013	Total
Fotografías obtenidas	2,389	3,914	3,798	2,358	12,459
Fotografías útiles	451	1,072	1,005	352	2,880
Eficiencia fotográfica	18.9%	27.4%	26.5%	14.9%	23.1%

3.4 Comparación intra-anual

Se realizaron 382,527 comparaciones intra-anales que permitieron foto-identificar un total de 1,430 individuos adultos y se hallaron 180 recapturas (Figura 5). Fue durante el segundo y tercer año que se obtuvo el 70% de los individuos foto-identificados y el 80% de las recapturas. La información acerca de las comparaciones intra-anales se presenta de manera detallada en la Tabla 3.

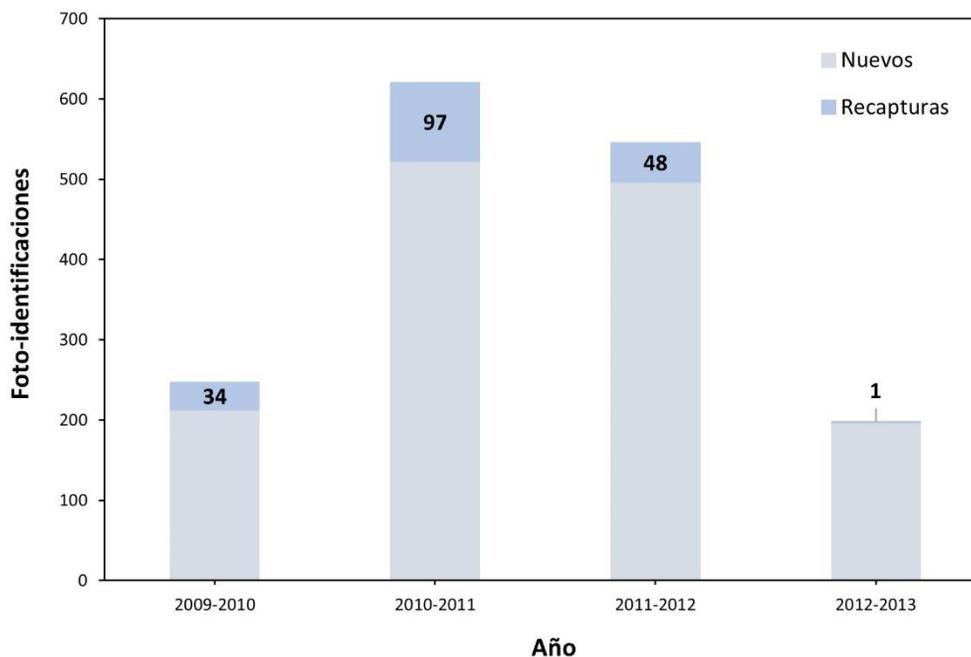


Figura 5. Individuos foto-identificados por año y recapturas obtenidas durante la comparación fotográfica intra-anual. Se muestra el total de recapturas por año.

Tabla 3. Resumen del proceso de comparación fotográfica intra-anual de aletas dorsales de tursiones durante el periodo de estudio 2009-2013.

	Años			
	2009-2010	2010-2011	2011-2012	2012-2013
Foto-identificaciones	321	758	672	249
Derechas únicas	105	276	190	104
Izquierdas únicas	31	111	175	42
Pares	77	136	132	51
Recapturas	34	97	48	1
Individuos foto-diferenciados	213	523	497	197

3.5 Comparación inter-anual

De los 1,430 tursiones identificados en las comparaciones fotográficas intra-anales, se obtuvieron en total 1,252 tursiones foto-diferenciados y 178 recapturas inter-anales (Figura 6), para lo que se realizaron 720,092 comparaciones fotográficas. De los tursiones foto-diferenciados, el 87% (n=1,094) solo se avistaron en una ocasión por lo que se consideraron transitorios, mientras que el 13% (n=158) fueron recapturados de una a dos veces.

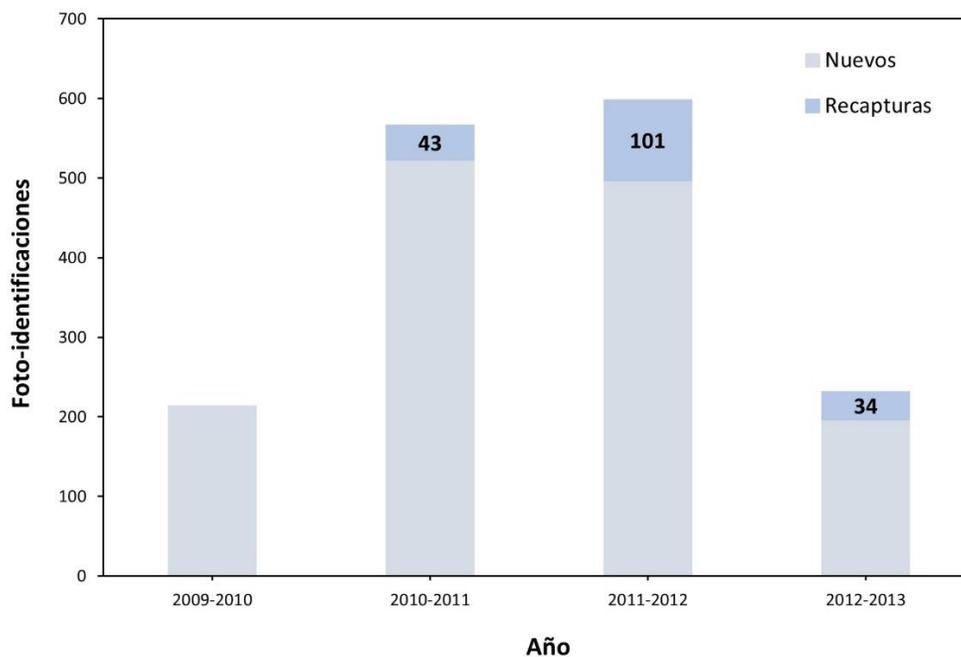


Figura 6. Individuos foto-diferenciados y recapturas obtenidas durante la comparación inter-anual. Se muestra el total de recapturas por año.

La temporada del 2011-2012 presentó el mayor número de recapturas ($n=101$). Es importante mencionar que sólo nueve individuos fueron capturados en tres años seguidos y ningún individuo apareció consecutivamente en los cuatro años. El resumen de las comparaciones inter-anales se presenta detalladamente en la Tabla 4.

Tabla 4. Resumen del proceso de comparación fotográfica inter-anual de las aletas dorsales de tursiones durante el periodo de estudio 2009-2013.

	Años			Total
	09-10 vs 10-11	09-11 vs 11-12	09-12 vs 12-13	
Derechas	74,984	191,268	141,980	408,232
Izquierdas	3,441	24,850	13,314	41,605
Der. vs Izq.	32,974	149,674	87,607	270,255
Total	111,399	365,792	242,901	720,092

3.6 Curva de descubrimiento

La curva de descubrimiento mostró una pendiente menor a 45° que no alcanza la asíntota, señalando que a lo largo de los cuatro años de estudio se identificaron poco más de 1,200 individuos en 147 días efectivos de muestreo (Figura 7).

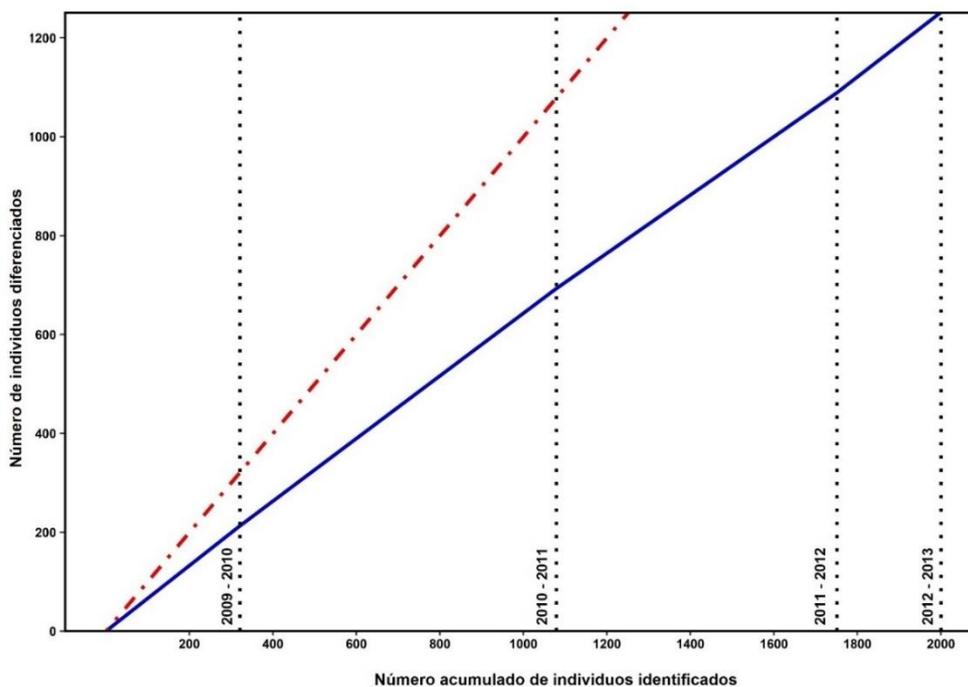


Figura 7. Curva de descubrimiento del total de tursiones foto-diferenciados contra el número acumulado de foto-identificaciones durante 2009 a 2013. La línea discontinua roja indica una relación 1:1. Las líneas discontinuas verticales en gris indican el número acumulado de identificaciones obtenidas en cada año.

Asimismo, se observó un ingreso constante de nuevos individuos a la población, lo cual indicó que, a pesar del esfuerzo de muestreo, muy probablemente no se ha logrado fotografiar a todos los tursiones que estuvieron presentes en el área de estudio. Del total de tursiones foto-diferenciados ($n= 1,252$), la mayor contribución de fotografías ocurrió durante los años 2010-2011 y 2011-2012 con un 60% de los individuos foto-identificados.

3.7 Tamaño de grupo

El tamaño de grupo a partir del análisis de Kernel para la zona costera estuvo en el intervalo de 1 a 80 individuos ($\bar{X}=19 \pm 21.89$ D.E.; $Md= 10$; $Mo= 7$; $n= 52$), se observó una distribución multimodal en el tamaño de grupo (Figura 8).

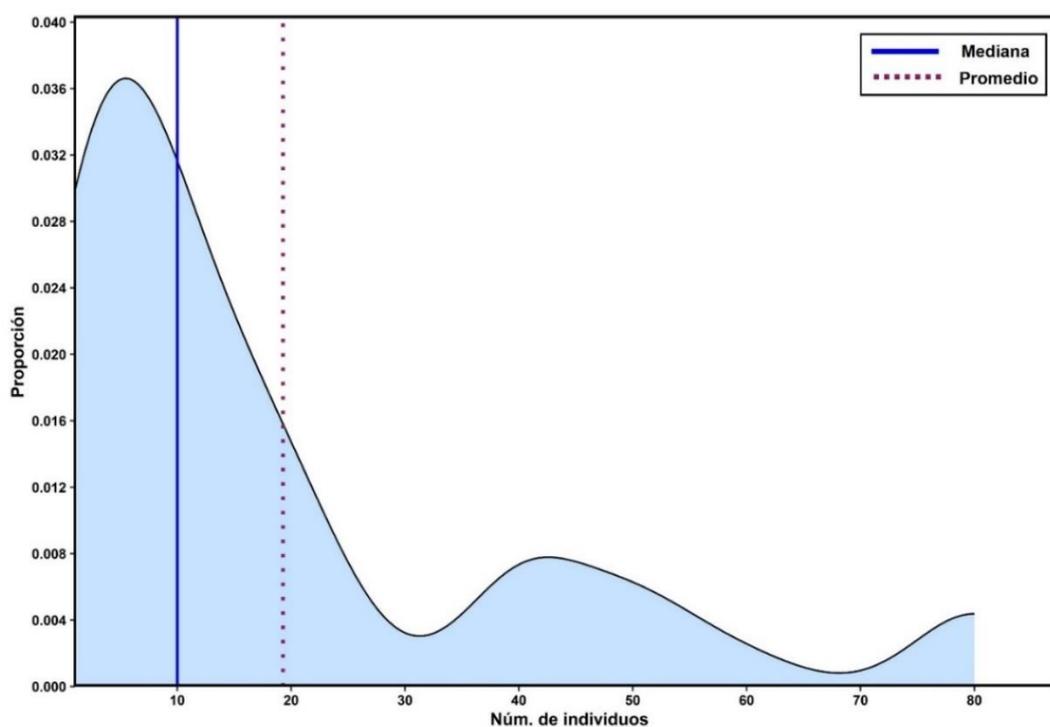


Figura 8. Tamaño de grupo de tursiones observados en la zona costera durante el periodo 2009-2013 en la Región Oriental de las Grandes Islas del Golfo de California. Se observa una distribución multimodal y un promedio para el tamaño de grupo de 19 (línea punteada).

Para la zona oceánica el intervalo del tamaño de grupo fue de 1 a 900 individuos, ($\bar{X}=99 \pm 146$ D.E.; $Md= 50$; $Mo= 40$; $n= 43$), y al igual que en la zona costera, se obtuvo una distribución multimodal (Figura 9).

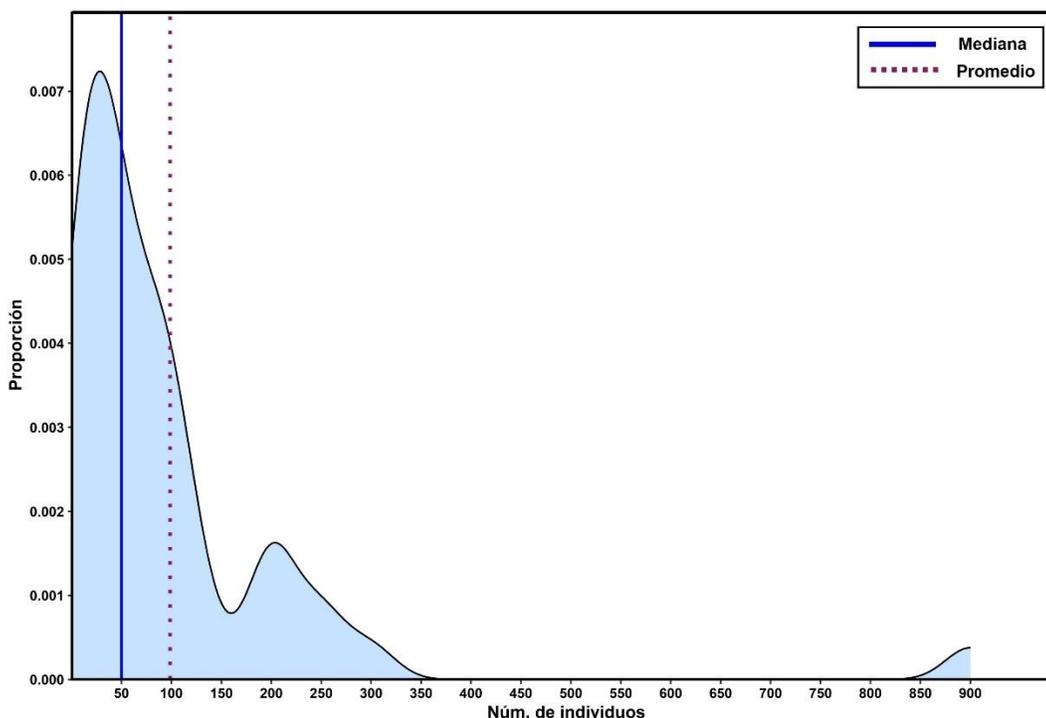


Figura 9. Tamaño de grupo de tursiones observados en la zona oceánica durante el periodo 2009-2013 en la Región Oriental de las Grandes Islas del Golfo de California. Se obtuvo un promedio de 99 tursiones para el tamaño de grupo (línea punteada).

Para corroborar si había diferencias en la media del tamaño de grupo entre zonas, primero se verificó la distribución normal de los datos con la prueba de Shapiro-Wilk, la cual fue significativa, por lo que la distribución de los datos fue distinta a la normal para ambas zonas (Costeros: $W= 0.77419$, $p= 1.555e^{-07}$; Oceánicos: $W= 0.5645$, $p= 4.315e^{-10}$). Finalmente se realizó una prueba no paramétrica de Mann-Whitney ($W = 425.5$, $n= 95$, $p= 2.194e^{-07}$) la cual indicó que el tamaño de grupo entre las zonas costera y oceánica se considera estadísticamente diferente (Figura 10).

Durante el periodo de estudio fue posible observar grupos de tursiones, que son congruentes con los tipos de hábitats, es decir, grupos pequeños en bahías y áreas de aguas someras, y grupos numerosos en aguas abiertas con influencia de las islas, que se encuentran en la Región Oriental de las Grandes Islas.

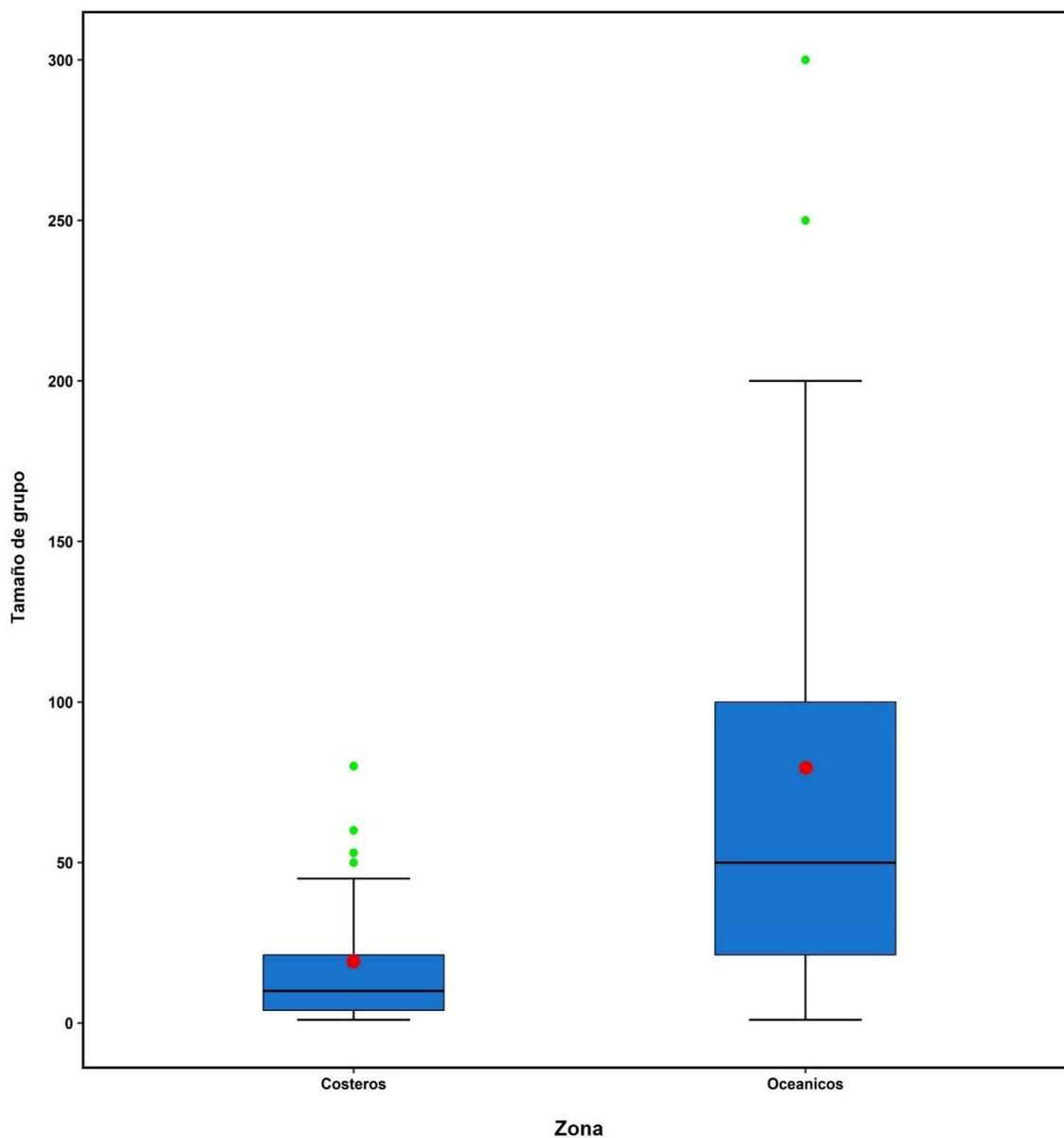


Figura 10. Diferencias en el tamaño de grupo de tursiones por zonas costera y oceánica en la Región Oriental de las Grandes Islas del Golfo de California, México durante los años 2009-2013. Los bigotes muestran el valor mínimo y máximo, y las cajas el cuartil inferior y superior. La media está representada por puntos rojos y la mediana por una línea, los puntos verdes representan los valores extremos.

3.8 Análisis de asociaciones

De los 1,252 tursiones diferenciados, 40 individuos fueron considerados para el análisis de asociaciones; y la combinación de estos individuos dio lugar a la formación de 820 posibles diadas. El histograma con los valores del coeficiente de asociación (CoA), en general, muestra asociaciones dinámicas (Figura 11A) en las que el 41% de los tursiones no se asociaron (CoA= 0), el 39% tuvieron asociaciones de bajas a

moderadas (CoA= 0.21 – 0.60), y el 21% presentó asociaciones de altas a muy altas (CoA= 0.61 – 1). También se analizaron los CoA máximos (Figura 11B), los cuales representaron las asociaciones verdaderas (diferentes de cero) entre las diadas (n=40). Este histograma mostró que el 97% de las diadas presentaron asociaciones de altas a muy altas. Por otra parte, el promedio general de las asociaciones fue de 0.30 (\pm 0.12 D.E.), y considerando sólo los valores máximos de asociación, el promedio fue de 0.92 (\pm 0.12 D.E.).

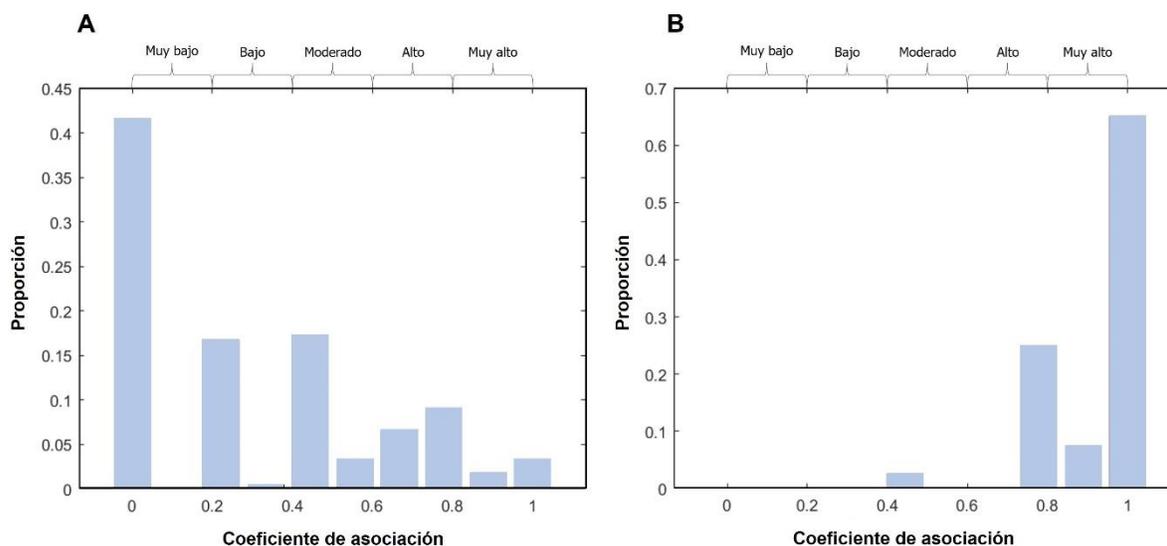


Figura 11. Histogramas de los coeficientes de asociación para los tursiones foto-diferenciados que tuvieron al menos cuatro recapturas durante los años 2009-2013 (n= 40). A) Se muestran los CoA para todas las posibles diadas (n=820). B) Valores de las asociaciones verdaderas (diferentes de 0) de las diadas (n=40).

Con los valores de los CoA mayores a 0.5 se creó un sociograma de arreglo circular, en el que los individuos con una relación cercana se situaron próximos entre sí (Figura 12). Se observó la separación de los individuos en cuatro grupos. El primero se ubicó en la parte superior derecha que contiene tursiones avistados en ambas zonas, costera y oceánica; y el segundo grupo en la parte inferior izquierda en el que también se encontraron tursiones de ambas zonas. La unión entre estos dos grupos ocurre por las asociaciones entre los individuos E1 con Y3, L1, H1 y B4; y el individuo S1 con Z3, W3, U1 y T1, estos últimos encontrados sólo en la zona costera. En la parte superior izquierda destaca la presencia de cuatro tursiones aislados y avistados únicamente en la zona costera (E3, F3, I3, O1), con CoA inferiores a 0.3, respecto de los dos primeros grupos. A un lado se observa el grupo conformado por cuatro tursiones que solo se avistaron en la zona oceánica y que únicamente mantienen asociaciones entre ellos (O3, X2, Y2 y V2 Figura 12).

Se obtuvo el coeficiente de diferenciación social para los 40 individuos, el cual indicó la presencia de una sociedad de tursiones diferenciada, con un coeficiente de 0.548 (\pm 0.213 D.E.). El coeficiente de correlación

entre los CoA verdaderos y estimados fue de 0.530 (± 0.117 D.E.), lo cual indicó que el análisis es poco representativo.

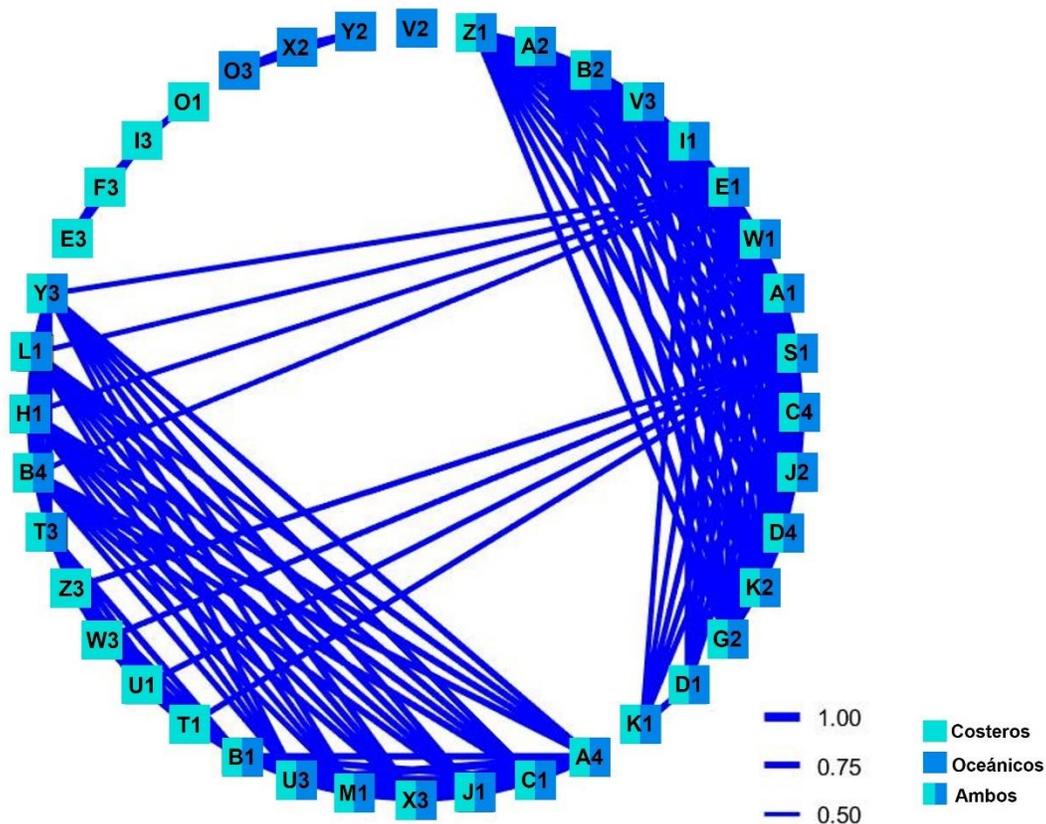


Figura 12. Sociograma de los coeficientes de asociación (CoA) obtenidos con el índice de peso medio (HWI) de tursiones en la Región Oriental de las Grandes Islas. Las líneas unen a los individuos asociados y el grado de las asociaciones es representado por el grosor de la línea.

3.9 Tasas de asociación rezagadas

Se obtuvieron los datos de las tasas de asociación rezagadas (LAR) y se compararon con el resultado de las tasas de asociación nulas (Figura 13). Este análisis indicó que la probabilidad de obtener asociaciones verdaderas es muy alta, más del doble de lo esperado al azar durante un periodo corto de 41 días. Sin embargo, conforme avanza el tiempo la estabilidad de las asociaciones disminuye hasta que ambas curvas se intersecan, lo cual significa que la probabilidad de que los individuos estén asociados no es diferente del modelo nulo y por lo tanto no es posible obtener asociaciones verdaderas. Aproximadamente a los

640 días, la LAR se separa del modelo nulo y nuevamente la probabilidad de detectar a los individuos asociados incrementa con el tiempo.

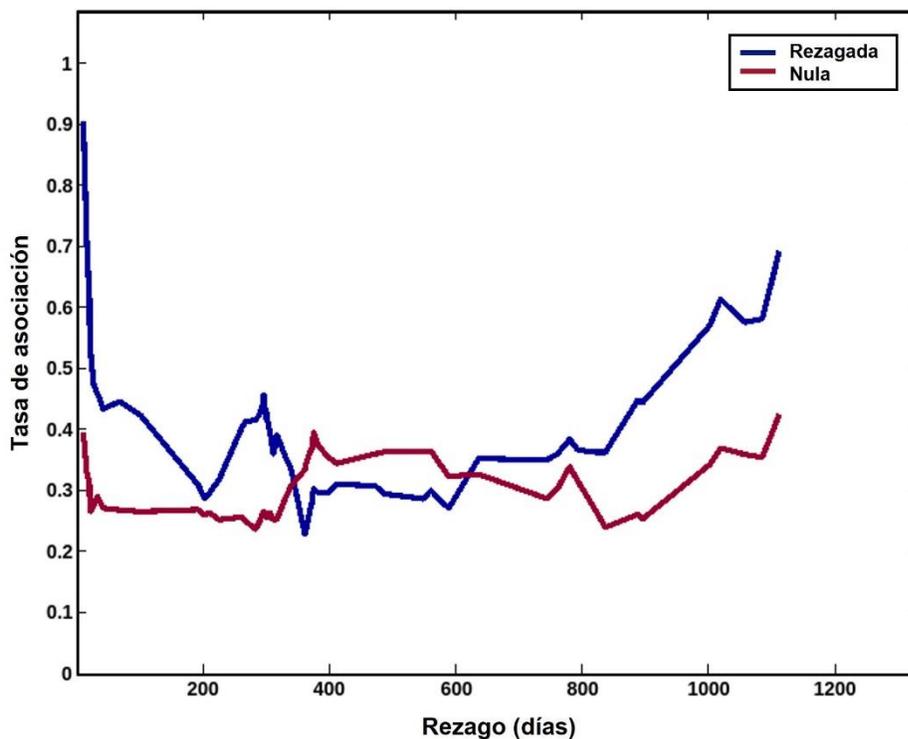


Figura 13. Tasa de asociación rezagada (LAR) y tasa de asociación nula graficadas contra el tiempo de rezago para los 40 tursiones con cuatro o más recapturas durante el periodo de 2009 a 2013.

3.10 Tasas de identificación rezagadas

La tasa de identificación rezagada (LIR) se analizó primero considerando toda la Región Oriental de las Grandes Islas durante el periodo de estudio (Figura 14). La gráfica de la LIR para los movimientos frecuentes de los tursiones, mostró una probabilidad baja pero constante de que los individuos permanezcan en el área de estudio, hasta poco antes del día 800 que comienza a bajar y llega a cero para el día 1,200 (Figura 14, triángulos). En cuanto a la probabilidad de que los tursiones migren hacia otra zona, es muy alta al principio, pero cae abruptamente justo a los 100 días, sube al día 200 y se mantiene constante hasta que cerca del día 800 tiene un incremento y para antes del día 1,200 es más probable que los tursiones hayan migrado (Figura 14 cuadrados). Estos resultados indicaron que una parte de la población migró hacia otras áreas y posteriormente regresaron, o que algunos individuos probablemente fueron residentes de la zona.

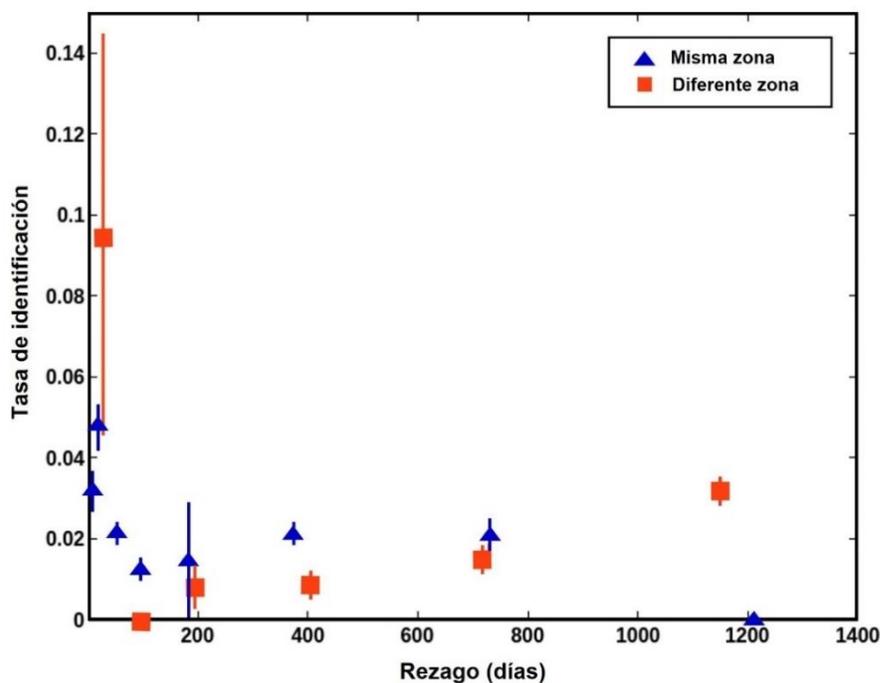


Figura 14. Tasa de identificación rezagada (LIR) que señala que, para un periodo de 1,400 días, los tursiones tuvieron una probabilidad mayor de permanecer en la zona de estudio (triángulos) que de moverse a otras áreas de la región (cuadrados). Las barras representan el error estándar obtenido mediante remuestreo (bootstrap) con 1,000 repeticiones.

Por otro lado, las gráficas de la LIR para los movimientos dentro de las dos zonas presentaron variaciones que van desde 0.03 (zona costera), hasta 0.063 (zona oceánica). En la zona costera (Figura 15A), la probabilidad de re-inmigración es baja a corto plazo (0.03), alcanzando su punto más alto (0.04) a los 31 días, luego de lo cual desciende y vuelve a incrementar al día 750 para finalmente caer a cero al final del periodo de estudio. Por el contrario, en la zona oceánica (Figura 15B), las probabilidades de re-inmigración son altas a corto plazo (0.063) con un descenso abrupto (0.035) pasados los 200 días donde incrementa y finalmente alcanza el cero a los 630 días. El modelo con el mejor sustento para un área basado en el QAIC más bajo fue el “Cerrado” para ambas zonas (Tabla 5).

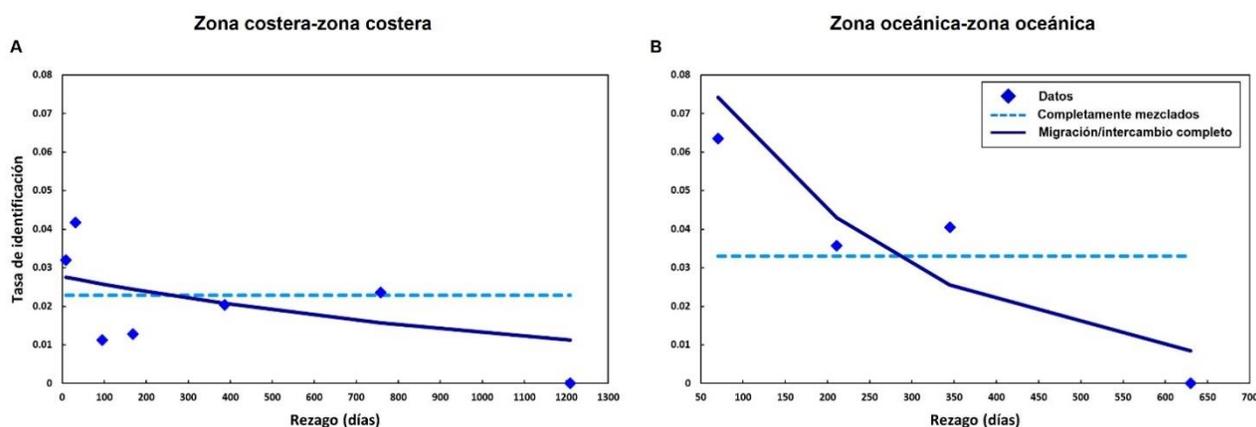


Figura 15. Tasas de identificación rezagadas (LIR) para los movimientos de los tursiones dentro de la zona de distribución. El modelo con el mejor sustento para ambas zonas fue el modelo “Cerrado”.

Tabla 5. Modelos ajustados de las tasas de identificación rezagadas (LIR), aplicados a los tursiones con cuatro o más recapturas en el área de estudio (n=40). Se muestran sólo los resultados con el mejor ajuste a los datos de acuerdo con el QAIC más bajo. En cada modelo “N” se refiere al tamaño de la población (en cualquier momento) en el área de estudio. La explicación de cada modelo es de acuerdo con Whitehead (2009).

Datos	Ecuación del modelo	Explicación	QAIC	Parámetros
Zona costera	1/a1	Cerrado (sin intercambio de individuos)	384.5214	a1=N
Zona oceánica			0.0009	
Zona costera a zona oceánica	1/a1	Mezcla completa (hay intercambio de individuos)	96.0620	a1=N
Zona oceánica a zona costera			11.8761	

Con relación a los movimientos entre ambas zonas, las gráficas muestran una tendencia similar, aunque parece haber un intercambio mayor a corto plazo desde la zona costera hacia la zona oceánica (Figura 16A); mientras que de la zona oceánica hacia la zona costera (Figura 16B) no se tiene certeza de los movimientos después del primer año. Para los movimientos de los tursiones entre las zonas en ambas direcciones, el modelo con el mejor sustento para las dos zonas con base en el QAIC más bajo fue el de “Mezcla completa” (Tabla 5). Cabe mencionar que, de los 40 individuos con cuatro o más recapturas que fueron incluidos en este análisis, 28 (70%) fueron avistados en ambas zonas, ocho (20%) corresponden sólo a la zona costera y cuatro (10%) a la zona oceánica.

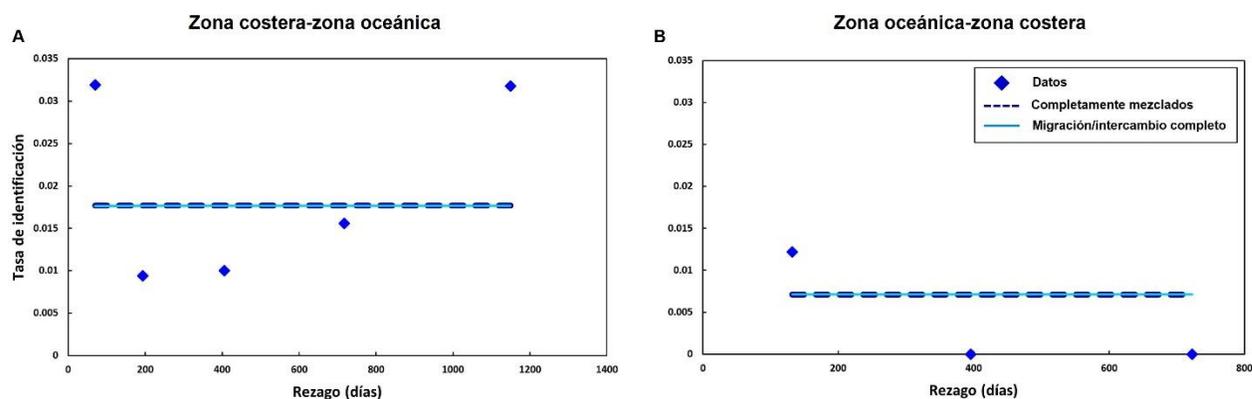


Figura 16. Tasas de identificación rezagadas (LIR) entre las dos zonas de distribución en la región. El modelo con mejor sustento para ambas zonas (Figuras A y B) fue el modelo de “Mezcla completa”.

Capítulo 4. Discusión

4.1 Esfuerzo de observación y avistamientos

A pesar de que no se obtuvieron diferencias significativas en el esfuerzo de observación realizado durante cada año, se observó una tendencia a la baja en el número de avistamientos a lo largo del periodo de estudio. Se sabe que los tursiones poseen una gran capacidad de desplazamiento (Ballance, 1992; Defran et al., 2015) y dado que la Región Oriental de las Grandes Islas presenta una elevada productividad primaria y diversos tipos de hábitats (Guevara-Aguirre y Gallo-Reynoso, 2016), los tursiones parecen aprovechar estas características para moverse ampliamente (Ballance, 1992), lo que podría estar influyendo en los encuentros con ellos al momento de las navegaciones. Aunque hubo variaciones en el número de los avistamientos, se observó la presencia constante de los tursiones en el área de estudio. Sin embargo, se sugiere realizar un análisis entre estaciones para saber si existen variaciones temporales en la abundancia y distribución espacial de los tursiones.

Por otra parte, se obtuvo una mayor cantidad de avistamientos en la zona costera que en la zona oceánica; esto puede deberse principalmente a cuestiones logísticas, ya que en ocasiones resultó complicado llegar hasta la zona oceánica debido a condiciones climáticas (principalmente durante la estación fría, en donde se presentan fuertes vientos del noroeste), además de otros factores como la menor presencia de los tursiones en esa zona.

A pesar de que existen numerosos trabajos de foto-identificación con tursiones en el Golfo de California la mayoría se concentran en la región occidental (Marcin-Medina, 1997; Valadez-Suárez, 2002; Salinas-Zacarías, 2005). Los pocos trabajos en la región oriental han sido realizados en Guaymas, Sonora (Guevara-Aguirre y Gallo-Reynoso, 2015, 2016) y en Mazatlán, Sinaloa (Zepeda-Borja et al., 2022). Para la Región Oriental de las Grandes Islas los estudios con tursiones se limitan a los realizados por Ballance (1990, 1992), en la Bahía de Kino.

Los monitoreos que se llevaron a cabo en el presente estudio fueron similares en cuanto a la ubicación del área de estudio a los realizados por Ballance (1990, 1992), quién abarcó aproximadamente 200 km², durante dos periodos, de mayo a julio y de octubre a diciembre de 1984, e invirtió 186 horas de observación directa. Por otro lado, Guevara-Aguirre y Gallo-Reynoso (2016), dividieron su área de estudio

en dos: la zona costera que comprende la bahía de las Guásimas, en la que realizaron monitoreos entre el otoño del 2012 y el verano de 2013, destinando 18 horas de observación; y la zona oceánica que abarca desde la isla San Pedro Nolasco hasta isla San Esteban, donde realizaron 16 muestreos entre la primavera del 2013 y el invierno del 2014, e invirtieron 14 horas de observación. Por lo tanto, los resultados de esta investigación pueden ser comparados con los trabajos antes mencionados, ya que aquí se invirtieron cuatro años de muestreos, con salidas semanales, y se obtuvieron más de 900 horas de observación.

La técnica de foto-identificación ha sido ampliamente usada en diversos trabajos (Ballance, 1990; Defran et al., 1990; Baird et al., 2009), por ser una técnica sencilla, de bajo costo y fácil acceso. En el presente trabajo, la identificación individual de los tursiones se realizó aplicando dicha técnica, con la que se obtuvo una eficiencia fotográfica (EF) del 23% (Tabla 2), y una eficiencia de identificación (EI) del 71%. A pesar del bajo porcentaje obtenido en la EF, el porcentaje en la EI es un resultado que está por arriba de lo reportado en otros estudios, como el de Guzón-Zatarain, (2002) quien obtuvo una EI de 60%, García-González (2015) reportó una EI de 18% y Zepeda-Borja (2017) una EI mayor al 50%. Un alto porcentaje de la EI puede ser causado por las marcas muy evidentes en la aleta dorsal de los tursiones en los grupos avistados, ya que estas difícilmente desaparecerán en un periodo corto, facilitando su posterior identificación.

Aunque la foto-identificación se trata de una técnica sencilla, alcanzar un alto porcentaje tanto en la EF como en la EI depende de muchos factores, tales como las condiciones climáticas (nubosidad, neblina, lluvia, viento), el estado del mar que influye directamente en el movimiento de la embarcación, así como una mala iluminación, la habilidad de los fotógrafos para manejar el equipo, la duración de las observaciones, el tamaño de los grupos y la conducta de los individuos (Urian et al., 2015).

La baja EF obtenida durante el primer año de estudio pudo deberse a la poca experiencia de los fotógrafos, lo que dificultó obtener fotografías de buena calidad de los tursiones. También durante el primer año, de 30 avistamientos solo en 19 se pudo realizar la foto-identificación y fue uno de los años con menor cantidad de fotografías útiles. Por otra parte, durante el último año de estudio fue cuando se obtuvo la cantidad más baja de fotografías en los avistamientos, así como el menor número de fotografías útiles con respecto a otros años (Tabla 2). En este último año se registraron 15 avistamientos de los cuales sólo en 11 se realizó la foto-identificación, y en la mayoría de estos avistamientos (67%, n=7), los grupos de tursiones observados estaban muy dispersos, fueron evasivos y en ocasiones en tránsito rápido (>20km/h) con pocas salidas a la superficie, lo cual limitó la toma de fotografías.

Los valores bajos en la EF y en la EI suelen ser frecuentes en estudios de foto-identificación con tursiones (Del Castillo, 2010; Valdes-Arellanes et al., 2011; García-González, 2015), debido a la baja cantidad de fotografías que son adecuadas para las comparaciones. Esto se debe al cumplimiento de criterios como (Morteo, 2002):

- El uso exclusivo de fotografías de alta calidad en las que se distingan bien las marcas de los individuos.
- Algunos tursiones carecen de marcas distintivas en las aletas dorsales y no es posible re-identificarlos, por lo que se tienen que excluir de las comparaciones.
- En los grupos numerosos de tursiones la probabilidad de fotografiar a todos los miembros es baja.
- Algunos individuos suelen interactuar más con la embarcación mientras que otros la evaden, esto es evidente por el número de veces que aparece el mismo individuo en los registros fotográficos de un avistamiento.

4.2 Comparación fotográfica y curva de descubrimiento

A lo largo del periodo de estudio se logró foto-identificar a 1,430 tursiones de manera intra-anual, a pesar de ello fueron pocas las recapturas obtenidas en cada año. Se obtuvo un mayor número de recapturas durante los años intermedios del periodo de estudio (Tabla 3), lo cual puede estar relacionado con la cantidad de fotografías obtenidas, mas no con la cantidad de avistamientos registrados (Figura 5). La mayoría de estas recapturas tuvieron lugar durante el mismo mes en días posteriores al primer avistamiento, excepto durante el tercer año en donde las recapturas ocurrieron en los meses subsecuentes al primer avistamiento, dando un indicio de que los tursiones permanecen poco tiempo en ciertas zonas del área de estudio.

Por otra parte, al realizar las comparaciones inter-anales se foto-diferenciaron 1,252 individuos. Durante estas comparaciones se encontraron 336 recapturas, resultando en una mayor ocurrencia durante el tercer año de estudio. Sólo el 13% de los tursiones se avistaron en más de una ocasión y ninguno tuvo recapturas durante los cuatro años seguidos. Este resultado difiere del 61% (n=94) de individuos con más de una recaptura reportados por Ballance (1990). Sin embargo, debe considerarse que sus monitoreos se restringieron únicamente a Bahía de Kino y su periodo de estudio fue corto en comparación con este trabajo.

En el presente estudio, durante cada año, la proporción de individuos nuevos con respecto a las recapturas siempre fue mayor, lo cual quedó demostrado porque la curva de descubrimiento no alcanzó la asíntota (Figura 7); por lo que se espera que nuevos individuos se integren al conjunto de datos. Ballance (1990) encontró que el 39% (n=61) de los tursiones de Bahía de Kino sólo se avistaron en una ocasión; en el presente estudio se encontró que el 87% (n=1,094) de los individuos solo se avistaron una vez durante 2009-2013. Esta información sugiere que podría tratarse de una población abierta integrada en su mayoría por individuos transitorios, y esto es consistente con lo reportado por otros trabajos en el Golfo de California (Mellink y Orozco-Meyer, 2006; Valencia-Patiño et al., 2008). Otros trabajos realizados con tursiones en el Golfo de México (Bräger et al., 1994; Delgado-Estrella, 2015) coinciden con los resultados obtenidos para esta parte del Golfo de California, donde concluyen que la mayoría de los tursiones sólo usaron la zona de estudio como área de tránsito.

Estas fluctuaciones en el número de recapturas y la constante aparición de nuevos individuos pueden estar relacionadas con los movimientos de los tursiones dentro y fuera del área, o pueden deberse a variaciones estacionales que influyen en la disponibilidad de presas (Del Castillo, 2010; Delgado-Estrella, 2015; Heckel, 1992; Morteo et al., 2004). De acuerdo con Defran et al. (1999) los tursiones presentan una amplia distribución de sus poblaciones en las costas del Pacífico de California y Baja California. Por otra parte, la extensión del área de estudio también puede ser un factor determinante en la obtención de numerosos individuos avistados en una ocasión, ya que al tratarse de una zona altamente productiva y con una amplia variedad de hábitats (Álvarez-Borrego, 2010; Lluch-Cota et al., 2010), los individuos (de una población abierta, consistente en un número indeterminado de individuos) pueden estar transitando por toda el área en búsqueda de alimento o zonas de refugio y descanso.

El alto porcentaje de individuos nuevos durante el periodo de 2009-2013 sugiere que el área de estudio es frecuentada por una gran cantidad de tursiones. Estos resultados son similares a los reportados por Delgado-Estrella (2002) en la Laguna de Términos, Campeche, México, donde en una sola temporada estimó entre 560 y 940 individuos de los cuales menos del 8% presentaron recapturas, y obtuvo una curva de descubrimiento exponencial debida a la entrada y salida de nuevos individuos durante cada temporada del año, llegando a identificar a lo largo de 10 años de estudio a 1,987 individuos. Bräger et al. (1994) en la Bahía de Galveston, Texas, EUA, identificaron más de 1,000 individuos durante 1990-1991, la mayoría de los cuales solo se observaron una vez, concluyendo que se trataba de tursiones que usan la zona como área de tránsito y sólo un núcleo de 200 individuos permanecen en el área a largo plazo. De acuerdo con la información antes mencionada, es posible sustentar que los tursiones de la Región Oriental de las

Grandes Islas forman parte de una población abierta, con un intercambio constante de individuos y un ámbito hogareño que se extiende más allá de los límites del área de estudio.

4.3 Tamaño de grupo

El tamaño de los grupos en la Región Oriental de las Grandes Islas fue diferente entre las zonas costera y oceánica. Para la zona costera obtuve un tamaño promedio de 19 tursiones por grupo con un rango de 1 a 80 individuos, estos resultados están en el intervalo de lo reportado por Morteo (2002) para la Bahía de San Quintín donde registró un tamaño de grupo entre 2 y 36 individuos, por otra parte Barbosa-Devéze (2006) reportó para Bahía de los Ángeles y el Canal de Ballenas un tamaño promedio de 26 tursiones por grupo. En el área de estudio, el tamaño de grupo promedio es similar al reportado por Ballance (1990, 1992) para Bahía de Kino, donde obtuvo un tamaño promedio de grupo de 15 tursiones y un rango de 1 a 125 individuos. No obstante, este resultado difiere del valor obtenido por Guevara-Aguirre y Gallo-Reynoso (2015), quienes encontraron un promedio de 6.1 tursiones por grupo para la Bahía de Guásimas, Sonora, una zona cercana al área de estudio.

En contraste, para la zona oceánica obtuve un promedio de 99 tursiones por grupo, con un mínimo de 1 y un máximo de 900 individuos, algo poco común considerando que para el Golfo de California, en general, el tamaño de los grupos oscila entre 30 y 300 individuos (Pérez-Puig et al., 2019; Rojo-Arreola, 2005; Salinas-Zacarías, 2005; Zepeda-Borja, 2017). Resultados similares a los obtenidos en esta investigación han sido reportados en otras partes del mundo para el tamaño de los grupos de tursiones oceánicos, por ejemplo Zaeschmar et al. (2020) encontraron en Nueva Zelanda grupos de tursiones con un intervalo mínimo y máximo de 3 a 500 individuos con un promedio de 120; en las costas de Chile, Sanino y Waerebeek (2008), reportaron grupos con máximo y mínimo de 2 a 2,000 individuos así como un promedio de 107.

Los resultados para los tamaños de grupo de los tursiones en ambas zonas parecen asemejarse a las características para los ecotipos reportados de esta especie dentro del Golfo de California (Segura et al., 2006), aunque esto no es concluyente debido a que en este estudio no se hizo una distinción por ecotipos. Otro punto para considerar es que todos los avistamientos de tursiones oceánicos ocurrieron a una profundidad menor a 50 m y a menos de 300 m de alguna isla de la región.

Poco se sabe acerca de poblaciones de tursiones asociadas a islas, pero la información disponible sugiere que algunas poblaciones de esta especie tienen preferencia por aguas con profundidades <1,000 m (Klatsky et al., 2007; Baird et al., 2009). Estas preferencias pueden estar impulsadas por las características ecológicas propias de las islas (batimetría, temperatura, productividad). Para los tursiones oceánicos del presente estudio, se presume que su preferencia por las aguas someras de las islas San Pedro Mártir y San Esteban, se debe a la elevada productividad característica de estas aguas (CONANP, 2007; Lluch-Cota et al., 2007; Álvarez-Borrego, 2010). La Región Oriental de las Grandes Islas tiene la particularidad de presentar una elevada productividad primaria (Santamaria del Angel et al., 1994). Entre las islas Tiburón y Dátil se encuentran corrientes que aportan aguas ricas en nutrientes, que promueven la agregación de presas, además de que el lecho marino es somero en esta área (Baumgartner et al., 2001; López et al., 2006). Estas condiciones en el hábitat de los tursiones pueden estar favoreciendo la presencia de grupos numerosos (>50 individuos), y al tratarse de un área oceánica, los tursiones tienden a formar grupos grandes para evitar el riesgo de depredación, lograr una alimentación eficiente, maximizar las interacciones sociales y procurar la sobrevivencia de las crías (Wells y Scott, 2009; Morteo et al., 2012).

Por otra parte, los tursiones se caracterizan por ser animales gregarios que viven en sociedades de fisión-fusión, variando la composición y estabilidad de los grupos a lo largo del día (Connor et al., 2000), pero el tamaño de grupo no sólo es afectado por la forma de su organización social, otros factores como las características del hábitat también influyen en la formación de los grupos. En este sentido, los ecosistemas marinos de aguas oceánicas y batimetría compleja parecen promover la formación de grupos numerosos, para incrementar la protección contra depredadores, cooperar en la búsqueda de alimento. Por otra parte, en los hábitats cerrados y someros la tendencia se inclina a la formación de grupos pequeños, ya que los depredadores suelen ser escasos, y la disponibilidad de presas es predecible y de baja densidad sometiendo a los tursiones a una fuerte presión selectiva, por lo que la formación de grupos pequeños reduce la competencia entre conoespecíficos (Scott y Chivers, 1990; Shane et al., 1986; Wells y Scott, 2009).

Para detectar las áreas más concurridas por los tursiones y saber si existen variaciones en la formación de los grupos, se recomienda realizar estudios acerca del uso del hábitat, así como de la distribución espacio-temporal de los tursiones. Comprender los mecanismos que hacen variar las agrupaciones de tursiones en el área de estudio, sería un primer paso para incrementar el conocimiento de su organización social.

4.4 Asociaciones

En los animales sociales la formación de relaciones complejas está determinada por las asociaciones entre individuos. Estas relaciones sociales son decisivas para el éxito de una población, ya que proveen a los individuos la información necesaria para adaptarse a un entorno dinámico como el del océano (Connor et al., 2000; Moreno y Acevedo-Gutiérrez, 2016).

El presente estudio representa un esfuerzo en la Región Oriental de las Grandes Islas para caracterizar las asociaciones de los tursiones, por lo que estos resultados son un punto de partida para futuras investigaciones. El análisis de asociaciones se realizó de acuerdo con la metodología propuesta por Whitehead (2009), que sugiere considerar sólo a los individuos con cinco o más recapturas por año de muestreo (o periodo ecológico). Sin embargo, dado que no se obtuvo dicha cantidad de recapturas por año, el análisis se amplió a los individuos que presentaran cuatro o más recapturas durante todo el periodo de estudio. Aun así, sólo el 3% ($n=40$) de los individuos foto-diferenciados fueron incluidos en el análisis de asociaciones, por lo que los resultados obtenidos no deben ser interpretados como representativos de las tendencias de toda la población, sino sólo de la fracción con información suficiente durante el periodo 2009 a 2013.

En el área de estudio las asociaciones fueron dinámicas, donde el 41% de los individuos no se asociaron, mientras que el 21% presentaron asociaciones de altas a muy altas. El promedio general de los coeficientes de asociación (CoA) se consideró bajo (0.30 ± 0.12 D.E.), es decir, predominaron las asociaciones ocasionales y a corto plazo. Por otra parte, en las asociaciones verdaderas (no aleatorias), se obtuvieron CoA muy altos (0.92 ± 0.12 D.E.). Esto indica que, a pesar de que la mayoría de los CoA fueron bajos, algunos tursiones mantienen relaciones complejas. Los resultados obtenidos concuerdan con la característica de fisión-fusión propia de las sociedades de tursiones, en las que las asociaciones tienden a ser fluidas y de corta duración, es decir, los individuos se agrupan y se separan en diferentes escalas temporales (horas o días).

De acuerdo con Lusseau et al. (2006) el conocimiento previo entre los integrantes de un grupo pequeño, facilita la coordinación en sus actividades y promueve la cooperación. Sin embargo, en ocasiones los grupos están conformados por varios subgrupos que favorecen el incremento en el número de compañeros asociados, reduciendo la fuerza de sus asociaciones (García-Vital, 2012). En Bahía de Kino, Ballance (1990) analizó las asociaciones de los grupos de tursiones costeros, para los que encontró principalmente asociaciones débiles entre pares y tríos; en contraste, las pocas asociaciones verdaderas

la describió para individuos que se agruparon durante un momento particular del día y fueron efímeras, lo que concuerda con los resultados obtenidos en este estudio en la Región Oriental de las Grandes Islas, 20 años después. En otras poblaciones de tursiones se han descrito asociaciones débiles (Cipriano et al., 2022; Dinis et al., 2018; Morteo et al., 2014; Pace et al., 2022; Pleslić et al., 2019; Vermeulen, 2018), por lo que a pesar de la baja representatividad del análisis de asociaciones, los resultados no distan de los patrones sociales en esta especie.

El coeficiente de diferenciación social (0.548 ± 0.213 D.E.) que indica la variabilidad de las asociaciones, mostró que en el área de estudio existe una sociedad diferenciada de tursiones. A pesar de lo anterior, es posible que los patrones de asociación hayan sido analizados parcialmente (Morteo, 2011), debido a la baja eficiencia fotográfica y a que algunos tursiones tuvieron menos recapturas que otros, lo que se ve reflejado en el coeficiente de correlación (0.530 ± 0.117 D.E.), con el que se obtuvo una representatividad baja de las asociaciones. En consecuencia, los resultados aquí presentados pueden ser de utilidad para una descripción general de las asociaciones, mas no para hacer interpretaciones específicas sobre las diadas.

Aunque la hipótesis inicial plantea asociaciones fuertes en la zona costera y asociaciones débiles en la zona oceánica, no se pudo llegar a comprobar esto debido a las pocas recapturas obtenidas durante el periodo de estudio y la baja representatividad de los tursiones oceánicos. Ante dicha situación, se sugiere dirigir el esfuerzo de muestreo (dada la amplitud del área de estudio), hacia una de las dos zonas (oceánica o costera), así como hacer un seguimiento más constante a los grupos en cada zona con el fin de obtener resultados más consistentes para posteriormente poderlos comparar.

Por otra parte, los CoA representados en el sociograma (Figura 12) muestran que no todos los individuos están asociados, y se observa la segregación de los tursiones en cuatro grupos; esto pone en evidencia que aún dentro de las poblaciones de tursiones costeros y oceánicos, existe cierto intercambio de individuos entre los grupos. Dicho intercambio es importante porque, a través de estos individuos que se mueven entre los diferentes grupos, es posible la transmisión de aprendizajes, enfermedades y el flujo de genes (Lusseau et al., 2003; Segura et al., 2006; Whitehead, 2008) y también se puede estimar el promedio de individuos con los que un tursión puede relacionarse (por ejemplo, el individuo E1 con Y3, L1, H1 y B4) (Cantor et al., 2021; Ilany y Akçay, 2016).

En los análisis de redes sociales animales, comúnmente se busca distinguir los factores que influyen en las asociaciones. Entre estos se encuentran los patrones de uso del hábitat temporal y espacial, el gregarismo, así como las tasas de asociación diferencial entre clases de edad/sexo (Whitehead y James, 2015). En el

Estuario de Shannon, Irlanda, se encontró que la población de tursiones mantuvo una estructura social fluida y dinámica, con delfines que se asociaron con muchos de sus congéneres, pero durante periodos cortos (Foley et al., 2010), posteriormente comprobaron que los grupos de tursiones están asociados por clases de edad y sexo (Baker et al., 2017). En la laguna costera de Alvarado, Veracruz, se documentó que los tursiones presentan una dinámica social influenciada por la segregación sexual, dando lugar a la formación de posibles alianzas y bandas (Morteo et al., 2014), como las reportadas en Australia (Connor et al., 2000).

Otros factores que se consideran son los patrones de movimiento, como la residencia y la migración, ya que la conformación de las asociaciones dependerá de los individuos que se encuentren presentes al momento de realizar una actividad (Quintana-Rizzo y Wells, 2001; Whitehead, 2008). Por otra parte, también influyen las condiciones ecológicas, como la densidad y disponibilidad de presas, el riesgo de depredación y la complejidad del hábitat (Lusseau et al., 2006; Methion y Díaz-López, 2020). Por ejemplo, en Doubtful Sound, Nueva Zelanda, la estructura social de los tursiones fue estable, con asociaciones relativamente fuertes y duraderas, las cuales se encontraron influenciadas por las condiciones ecológicas del hábitat (alta variabilidad del sistema y baja productividad), estos factores disminuyen la probabilidad de que un individuo que se dispersa tenga éxito en la búsqueda de alimento, por lo tanto la complejidad geográfica del entorno impulsa a los individuos a mantener asociaciones duraderas para maximizar la adquisición de energía y estabiliza la organización social (Lusseau et al., 2003).

Para describir la estructura social de los tursiones del área de estudio, se requiere medir la cantidad de tiempo que los individuos pasan juntos, es decir, determinar si existe un patrón de sus asociaciones, y examinar cómo éstas impulsan los cambios en la estructura social de la población. Sin embargo, su observación y seguimiento implica muchos retos, debido a que pasan la mayor parte de su tiempo bajo el agua. Por lo anterior, es importante mantener un monitoreo constante de estos tursiones, para poder ampliar el conocimiento de sus asociaciones y posteriormente caracterizar su estructura social.

4.5 Tasas de asociación e identificación rezagadas

El análisis de las tasas de asociación rezagadas (LAR) en los 40 individuos con suficiente información (Figura 13) indicó que en el corto plazo (días/semanas) la probabilidad de obtener asociaciones verdaderas (diferentes de cero) es mayor al doble (0.4) en relación con los últimos días del periodo de estudio. Como se mencionó, dicha probabilidad disminuye abruptamente por debajo del modelo nulo, señalando que no

hay certeza de que los tursiones se asociaran de manera consistente. Por otra parte, el incremento de la LAR hacia el final del periodo de estudio puede ser resultado de las recapturas inter-anales de algunos grupos de delfines que se reencontraron o que suelen viajar juntos y volvieron al área de estudio.

Los resultados de la tasa de identificación rezagada (LIR) (Figura 14), indicaron que las poblaciones de tursiones costeros y oceánicos exhiben cierto grado de intercambio, donde el 70% (n= 28) de los individuos se movieron entre las dos zonas. Considerando que el 87% del total de delfines identificados fueron vistos una sola vez, estos resultados muestran que los tursiones de la Región Oriental de las Grandes Islas utilizan brevemente o transitan dentro del área de estudio, y respalda la idea propuesta por Ballance (1990) de que se trata de una población abierta que hace uso del área de estudio, pero que tiene un bajo grado de residencia.

Las variaciones en la LAR y la LIR están directamente relacionadas con la residencia de los tursiones en el área de estudio. Es decir, si los tursiones no se encontraban en el área de estudio al momento de realizarse los monitoreos, -aunque hayan podido estar asociados-, su patrón de asociaciones no pudo ser observado y por lo tanto no se representó en la LAR. Sin embargo, también debe considerarse que los grupos de tursiones en el área durante el periodo 2009-2013 eran muy grandes, incluso los grupos costeros, lo cual dificultaba fotografiar a todos los individuos presentes; esto se encuentra relacionado con la baja eficiencia fotográfica obtenida, por lo que también puede considerarse un factor determinante en la disminución de la LAR.

Los resultados en este estudio sugieren que existe una variabilidad temporal en las tasas de asociación, que tienen relación con los movimientos (migración/emigración) (Whitehead, 2008) de los tursiones. En este sentido, es difícil evaluar los factores que pudieran motivar a los tursiones a moverse, algunas causas pueden estar relacionadas con una disminución o cambios en la distribución de sus presas potenciales, cambios en los parámetros ambientales, así como la presión por actividades antropogénicas en su hábitat (Lusseau, 2004; Morteo et al., 2004, 2014).

El incremento en la LAR después del día 600 puede indicar una reagregación de los tursiones en el área de estudio, como resultado de una re-inmigración que podría deberse a la disponibilidad de presas. Dado que los tursiones son animales gregarios que viven en sociedades de fisión-fusión, es posible que se enfrenten a condiciones demográficas o socioecológicas que favorezcan o impidan la formación de grupos y por lo tanto el establecimiento de sus asociaciones. Diversos estudios han mostrado que los patrones de asociación y agrupamiento en los cetáceos pueden variar drásticamente (Dinis et al., 2018; Methion y Díaz-

López, 2020; Vermeulen, 2018), desde estar impulsados por el compañerismo constante, hasta mantener una relación de corta duración con conocidos casuales (Whitehead, 2008). En otras sociedades de fisión-fusión han sido estudiados los cambios estacionales en las asociaciones relacionados con la disponibilidad de alimento (Vermeulen et al., 2015) y la presencia de barcos de arrastre (Chilvers y Corkeron, 2001). Incluso la variación de las asociaciones puede estar en función del comportamiento de los individuos, el parentesco y las temporadas climáticas (Baker et al., 2017; Bertulli et al., 2021; Gero et al., 2005).

Los amplios rangos de movimiento de los tursiones entre la zona costera y la zona oceánica mostrados mediante el análisis de LIR, señalan fuertemente que la zona estudiada representa un sitio de tránsito, o que tiene un uso del área de corto plazo, ya que los grupos de tursiones exploran frecuentemente otros lugares (islas, estuarios y bahías cercanas) fuera del área de estudio. Sin embargo, hasta ahora se desconoce si existe un patrón temporal en estos movimientos y qué uso le dan a cada parte del área de estudio. Los datos sugieren que es posible que existan grupos núcleo y que estos mantengan tiempos de residencia más amplios en el área de estudio, lo que sería posible corroborar a través de un monitoreo fotográfico más amplio y constante o mediante datos genéticos.

Capítulo 5. Conclusiones

En el presente trabajo se describieron las asociaciones y movimientos de una fracción de la población de tursiones presentes en la Región Oriental de las Grandes Islas del Golfo de California. Con el uso de la técnica de foto-identificación se diferenciaron 1,252 individuos durante 2009-2013. Se realizaron 1,102,619 comparaciones fotográficas de las aletas dorsales de los tursiones; mediante este procedimiento se encontraron 180 recapturas intra-anales y 336 recapturas inter-anales. La curva de descubrimiento indicó que se trata de una población grande y abierta, es decir, que hay movimientos de inmigración y emigración, así como nacimientos y muertes.

El tamaño de los grupos de tursiones mostró diferencias en el área de estudio, al dividirla de acuerdo con sus características batimétricas. Para la zona costera tuvo un promedio de 19 individuos, mientras que para la zona oceánica el promedio fue de 99 individuos.

Debido a la baja cantidad de recapturas a lo largo del periodo de estudio, sólo se analizaron las asociaciones de 40 individuos, por lo que la representatividad de los coeficientes de asociación (CoA) para la población analizada fue sólo del 3%. Sin embargo, las asociaciones de estos tursiones fueron dinámicas, donde el 41% de ellos no se asociaron y sólo el 21% presentaron asociaciones de altas a muy altas. El coeficiente de correlación mostró una sociedad diferenciada, aunque como se mencionó, la representatividad de estas asociaciones fue baja de acuerdo con el coeficiente de correlación.

Por otra parte, se encontró que los tursiones presentan movimientos de emigración e inmigración en la zona de estudio, siendo más frecuentes los movimientos a corto plazo desde la zona costera hacia la zona oceánica. Esto también se evidenció en el sociograma, que indicó la presencia de cuatro grupos de individuos, dos de los cuales están conformados por tursiones que se mueven entre las zonas costera y oceánica.

Hacen falta más estudios para conocer a fondo cómo ocurren las asociaciones, en donde se incluyan factores como el sexo de los individuos, su edad, comportamiento, el tamaño de los grupos y sus movimientos, esenciales para poder determinar la estructura social de los tursiones.

Para conocer más acerca de las asociaciones entre los tursiones de la región, se recomienda mantener un esfuerzo dirigido tanto en la zona costera como en la oceánica, de tal forma que se obtengan suficientes datos a largo plazo de los individuos que allí se encuentran. A pesar de toda la información obtenida a

partir de los análisis realizados en el presente trabajo, se requiere agregar más material fotográfico, para ampliar el conocimiento de las asociaciones (por ejemplo, su variación temporal).

Para futuros estudios se recomienda realizar un análisis del comportamiento de los tursiones para relacionarlo con sus asociaciones y el tamaño de los grupos durante cada comportamiento, así como analizar otros factores como la amplitud de su ámbito hogareño y su tiempo de residencia. También es importante realizar estudios para conocer la distribución espacio-temporal de los tursiones y su uso del hábitat, con el fin de identificar aquellas áreas más concurridas y determinar su importancia para los tursiones.

Por otro lado, se podrían hacer estudios adicionales que consideren la toma de muestras genéticas que permitan conocer si existe una estructura genética entre los tursiones, así como la aplicación de marcas de telemetría para analizar directamente los movimientos entre las zonas costera y oceánica. Una descripción más amplia de los movimientos de los tursiones, es un paso importante para conocer los patrones de asociación y su estabilidad a lo largo del tiempo en el área de estudio.

Toda esta información será relevante para reconocer los cambios en los tursiones debidos a los cambios ambientales o el impacto antropogénico, y así elaborar planes de gestión y manejo en la Región Oriental de las Grandes Islas del Golfo de California.

Literatura citada

- Allen, S. G., Mortenson, J. & Webb, S. (2011). Field guide to marine mammals of the Pacific Coast: Baja, California, Oregon, Washington, British Columbia. University of California Press. DOI:10.1086/666759
- Álvarez-Borrego, S. (2007). Oceanografía de la Región de las Grandes Islas. In G. D. Danemann & E. Ezcurra (Eds.), Bahía de los Ángeles: recursos naturales y comunidad, línea base 2007 (pp. 45–65). Pronatura Noroeste A.C., Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, San Diego Natural History Museum. https://www.researchgate.net/publication/255625423_Oceanografia_de_la_region_de_las_grandes_islas
- Álvarez-Borrego, S. (2010). Physical, chemical, and biological oceanography of the Gulf of California. In R. C. Brusca (Ed.), The Gulf of California: biodiversity and conservation (pp. 24–48). University of Arizona Press.
- Álvarez-Borrego, S. & Lara-Lara, J. R. (1991). The physical environment and primary productivity of the Gulf of California. In P. Dauphin & B. R. T. Simoneit (Eds.), The Gulf and Peninsular Province of the Californias (pp. 555–567). American Association of Petroleum Geologists.
- Ascheri, D., Fontanesi, E., Ballardini, M., Nani, B. & Alessi, J. (2022). Occurrence, site fidelity and abundance of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the Western Ligurian Sea. J. Cetacean. Res. Manage, 23(1), 191–204. DOI: <https://doi.org/10.47536/jcrm.v23i1.365>
- Baird, R. W. (2000). The killer whale: Foraging specializations and group hunting. In J. Mann, R. C. Connor, P. L. Tyack & H. Whitehead (Eds.), Cetacean societies: field studies of dolphins and whales (pp. 127–153). University of Chicago Press, Chicago.
- Baird, R. W., Gorgone, A. M., McSweeney, D. J., Ligon, A. D., Deakos, M. H., Webster, D. L., Schorr, G. S., Martien, K. K., Salden, D. R. & Mahaffy, S. D. (2009). Population structure of island-associated dolphins: evidence from photo-identification of common bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the main Hawaiian Islands. Marine Mammal Science, 25(2), 251–274. <https://doi.org/10.1111/j.1748-7692.2008.00257.x>
- Baker, I., O'Brien, J., McHugh, K., Ingram, S. N. & 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(2), 458–487. <https://doi.org/10.1111/mms.12462>
- Ballance, L. T. (1987). Ecology and behavior of the bottlenose dolphin, *Tursiops truncatus*, in the Gulf of California, México [Master of Science Thesis]. San Jose State University, California, USA.
- Ballance, L. T. (1990). Residence patterns, group organization, and surfacing associations of bottlenose dolphins in Kino Bay, Gulf of California, Mexico. In S. Leatherwood & R. R. Reeves (Eds.), The bottlenose dolphin (pp. 267–283). Academic Press, San Diego, California.
- Ballance, L. T. (1992). Habitat use patterns and ranges of the bottlenose dolphin in the Gulf of California, Mexico. Marine Mammal Science, 8(3), 262–274. <https://doi.org/10.1111/j.1748-7692.1992.tb00408.x>
- Barbosa-Devéze, L. (2006). Diversidad y distribución espacio-temporal de odontocetos en Bahía de los

- Ángeles y Canal de Ballenas, B.C. [Tesis de Maestría en Ecología Marina]. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. <https://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1007/2020/1/168831.pdf>
- Baumgartner, M. F., Mullin, K. D., May, L. N. & Leming, T. D. (2001). Cetacean habitats in the northern Gulf of Mexico. *Fishery Bulletin*, 99(2), 219–239. https://www.whoi.edu/cms/files/fb99219_59386.pdf
- Bearzi, G., Agazzi, S., Bonizzoni, S., Costa, M. & Azzellino, A. (2008). Dolphins in a bottle: abundance, residency patterns and conservation of bottlenose dolphins *Tursiops truncatus* in the semi-closed eutrophic Amvrakikos Gulf, Greece. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 18(2), 130–146. <https://doi.org/10.1002/aqc.843>
- Bel'kovich, V. M. (1991). Herd structure, hunting and play: bottlenose dolphins in the Black Sea. In K. Pryor & K. S. Norris (Eds.), *Dolphin societies: discoveries and puzzles* (pp. 17–77). University of California Press, Berkeley, California.
- Bertulli, C. G., Rasmussen, M. H. & Rosso, M. (2021). Fission–fusion dynamics of a pelagic delphinid in the arctic: the white-beaked dolphin (*Lagenorhynchus albirostris*). *Integrative Zoology*, 16(4), 512–526. <https://doi.org/10.1111/1749-4877.12524>
- Bjørge, A. & Tolley, K. A. (2009). Harbor Porpoise: *Phocoena phocoena*. In W. Perrin, B. Würsig & J. Thewissen (Eds.), *Encyclopedia of marine mammals* (pp. 530–533). Academic Press, San Diego California. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-373553-9.00125-5>
- Bouveroux, T. & Mallefet, J. (2010). Social structure of bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, in Panama City, Florida. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 90(8), 1685–1692. <https://doi.org/10.1017/S0025315409991251>
- Bräger, S., Würsig, B., Acevedo, A. & Henningsen, T. (1994). Association patterns of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in Galveston Bay, Texas. *Journal of Mammalogy*, 75(2), 431–437. <https://doi.org/10.2307/1382564>
- Cagnazzi, D. D. B., Harrison, P. L., Ross, G. J. B. & Lynch, P. (2011). Abundance and site fidelity of Indo-Pacific Humpback dolphins in the Great Sandy Strait, Queensland, Australia. *Marine Mammal Science*, 27(2), 255–281. <https://doi.org/10.1111/j.1748-7692.2009.00296.x>
- Cairns, S. J. & Schwager, S. J. (1987). A comparison of association indices. *Animal Behaviour*, 35(5), 1454–1469. [https://sci-hub.se/https://doi.org/10.1016/S0003-3472\(87\)80018-0](https://sci-hub.se/https://doi.org/10.1016/S0003-3472(87)80018-0)
- Cantor, M., Maldonado-Chaparro, A. A., Beck, K. B., Brandl, H. B., Carter, G. G., He, P., Hillemann, F., Klarevas-Irby, J. A., Ogino, M., Papageorgiou, D., Prox, L. & Farine, D. R. (2021). The importance of individual-to-society feedbacks in animal ecology and evolution. *Journal of Animal Ecology*, 90(1), 27–44. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.13336>
- Chilvers, B. L. & Corkeron, P. J. (2001). Trawling and bottlenose dolphins' social structure. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 268(1479), 1901–1905. <https://doi.org/10.1098/rspb.2001.1732>
- Chilvers, B. L. & Corkeron, P. J. (2002). Association patterns of bottlenose dolphins (*Tursiops aduncus*) off Point Lookout, Queensland, Australia. *Canadian Journal of Zoology*, 80(6), 973–979. <https://doi.org/10.1139/z02-075>

- Cipriano, G., Santacesaria, F. C., Fanizza, C., Cherubini, C., Crugliano, R., Maglietta, R., Ricci, P. & Carlucci, R. (2022). Social structure and temporal distribution of *Tursiops truncatus* in the Gulf of Taranto (Central Mediterranean Sea). *Journal of Marine Science and Engineering*, 10(12), 1942. <https://doi.org/10.3390/jmse10121942>
- CONANP. (2007). Programa de conservación y manejo Reserva de la Biosfera Isla San Pedro Mártir México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. https://simec.conanp.gob.mx/pdf_libro_pm/25_libro_pm.pdf
- Connor, R. C. (2007). Dolphin social intelligence: complex alliance relationships in bottlenose dolphins and a consideration of selective environments for extreme brain size evolution in mammals. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 362(1480), 587–602. <https://doi.org/10.1098/rstb.2006.1997>
- Connor, R. C., Wells, R. S., Mann, J. & Read, A. J. (2000). The bottlenose dolphin: social relationships in a fission-fusion society. In H. Mann, J., Connor, R. C., Tyack, P. L. & Whitehead (Ed.), *Cetacean societies: field studies of dolphins and whales* (pp. 91–126). University of Chicago Press.
- Couzin, I. D. & Laidre, M. E. (2009). Fission–fusion populations. *Current Biology*, 19(15), 633–635. [https://www.cell.com/current-biology/pdf/S0960-9822\(09\)01169-5.pdf](https://www.cell.com/current-biology/pdf/S0960-9822(09)01169-5.pdf)
- Cuevas-Flores, C. (2023). Dinámica de grupos de los tursiones (*Tursiops truncatus*) en la Ensenada de La Paz 2016-2021 [Tesis de Maestría en Ecología Marina]. Universidad Autónoma de Baja California Sur.
- Defran, R. H., Caldwell, M., Morteo, E., Lang, A. R., Rice, M. G. & Weller, D. W. (2015). Possible stock structure of coastal bottlenose dolphins off Baja California and California revealed by photo-identification research. *Bulletin of the Southern California Academy of Sciences*, 114(1) 1–11. <https://doi.org/10.3160/0038-3872-114.1.1>
- Defran, R. H., Shultz, G. & Weller, D. (1990). A technique for the photographic identification and cataloging of dorsal fins of the bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*). [Vol. 12. Issue 12]. Report of the International Whaling Commission.
- Defran, R. H. & Weller, D. W. (1999). Occurrence, distribution, site fidelity, and school size of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) off San Diego, California. *Marine Mammal Science*, 15(2), 366–380. <https://doi.org/10.1111/j.1748-7692.1999.tb00807.x>
- Defran, R. H., Weller, D. W., Kelly, D. L. & Espinosa, M. A. (1999). Range characteristics of Pacific (*Tursiops truncatus*) in the Southern California Bight. *Marine Mammal Science*, 15(2), 381–393. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1748-7692.1999.tb00808.x>
- Del Castillo, V. (2010). Ecología poblacional del tursión (*Tursiops truncatus*) en la costa de Alvarado, Veracruz [Tesis de Licenciatura]. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- 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. *Therya*, 6(2), 297–314. <https://doi.org/10.12933/therya-15-265>
- 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 en Ciencias]. Universidad Nacional Autónoma de México.

<https://repositorio.unam.mx/contenidos/70291>

- Dinis, A., Alves, F., Nicolau, C., Ribeiro, C., Kaufmann, M., Cañadas, A. & Freitas, L. (2018). Social structure of a population of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the oceanic archipelago of Madeira, Portugal. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 98(5), 1141–1149. <https://doi.org/10.1017/S0025315417000650>
- Figueroa, H. V. (2018). Ecoturismo en zonas costeras del centro y sur de Sonora. Análisis de factibilidad [Tesis de Maestría en Desarrollo General]. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. <http://ciad.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1006/1139>
- Fishlock, V. & Lee, P. C. (2013). Forest elephants: fission–fusion and social arenas. *Animal Behaviour*, 85(2), 357–363. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2012.11.004>
- Foley, A., McGrath, D., Berrow, S. & Gerritsen, H. (2010). Social structure within the bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) population in the Shannon Estuary, Ireland. *Aquatic Mammals*, 36(4), 372–381. <https://research.thea.ie/handle/20.500.12065/230>
- García-González, M. A. (2015). Estructura social de toninas *Tursiops truncatus* en la Laguna de Términos, Campeche [Tesis de Maestría en Ciencias]. Universidad Nacional Autónoma de México, México. <https://repositorio.unam.mx/contenidos/298011>
- García-Vital, M. (2012). Relación de los patrones de asociación y las actividades de delfines *Tursiops truncatus* en las aguas costeras de Alvarado, Veracruz [Tesis de Maestría en Ecología y Pesquerías]. Universidad Veracruzana. <http://cdigital.uv.mx/handle/123456789/41406>
- Gartland, L. A., Firth, J. A., Laskowski, K. L., Jeanson, R. & Ioannou, C. C. (2022). Sociability as a personality trait in animals: methods, causes and consequences. *Biological Reviews*, 97(2), 802–816. <https://doi.org/10.1111/brv.12823>
- Gero, S., Bejder, L., Whitehead, H., Mann, J. & Connor, R. C. (2005). Behaviourally specific preferred associations in bottlenose dolphins, *Tursiops* spp. *Canadian Journal of Zoology*, 83(12), 1566–1573. <https://doi.org/10.1139/z05-155>
- Gowans, S., Whitehead, H. & Hooker, S. K. (2001). Social organization in northern bottlenose whales, *Hyperoodon ampullatus*: Not driven by deep-water foraging?. *Animal Behaviour*, 62(2), 369–377. <https://doi.org/10.1006/anbe.2001.1756>
- Guevara-Aguirre, D. & Gallo-Reynoso, J. P. (2015). Abundancia relativa y estacionalidad de dos poblaciones de toninas (*Tursiops truncatus*) en la región de Guaymas, Sonora, Golfo de California. *Therya*, 6(2), 315–328. doi:10.12933/therya-15-274 <https://www.scielo.org.mx/pdf/therya/v6n2/2007-3364-therya-6-02-00315.pdf>
- Guevara-Aguirre, D. & Gallo-Reynoso, J. P. (2016). Uso de hábitat de dos ecotipos de toninas (*Tursiops truncatus*) en el Golfo de California, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 87(3), 1045–1054. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.07.015>
- Guzón-Zatarain, O. R. (2002). Distribución y movimientos del tursión, *Tursiops truncatus* (Montagu, 1821), en la Bahía de Todos Santos, Baja California, México (Cetacea: Delphinidae) [Tesis de Licenciatura]. Universidad Autónoma de Baja California. <https://repositorioinstitucional.uabc.mx/bitstream/20.500.12930/10067/1/ENS031307.pdf>

- Heckel, G., Ruiz Mar, M. G., Schramm, Y. & Gorter, U. (2020). Atlas of marine mammal distribution and abundance in Mexican waters. Universidad Autónoma de Campeche. <https://cemioceano.mx/downloads/libros/Book-Atlas-Marine-Mammals-Mexico.pdf>
- Heckel, G. (1992). Fotoidentificación de tursiones *Tursiops truncatus* (Montagu, 1821) en la Boca de Corazones de la Laguna de Tamiahua, Veracruz, México (Cetácea: Delphinidae) [Tesis de Licenciatura]. Universidad Nacional Autónoma de México, México. <https://repositorio.unam.mx/contenidos/450447>
- Hoffmann, L.S., Toledo, F.L. & Freitas, T. R. O. 2008. Contribution to a behavioral data bank: association patterns and habitat use of a small group of coastal bottlenose dolphins *Tursiops truncatus* (Montagu, 1821) (Cetacea, Delphinidae) in southern Brazil. *Oceanografia e Mudanças Globais*.
- Ilany, A. & Akçay, E. (2016). Social inheritance can explain the structure of animal social networks. *Nature Communications*, 7(12084). doi:<https://doi.org/10.1038/ncomms12084>
- Ilany, A., Barocas, A., Koren, L., Kam, M. & Geffen, E. (2013). Structural balance in the social networks of a wild mammal. *Animal Behaviour*, 85(6), 1397–1405. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2013.03.032>
- Jaremovic, R. V. & Croft, D. B. (1991). Social organization of the eastern grey kangaroo (Macropodidae, Marsupialia) in Southeastern New South Wales. I. Groups and group home ranges. *De Gruyter*, 55(2), 169–186. <https://doi.org/10.1515/mamm.1991.55.2.169>
- Jefferson, T. A., Webber, M. A. & Pitman, R. L. (2015). *Marine mammals of the world: a comprehensive guide to their identification*. Academic Press/Elsevier. 608pp.
- Kappeler, P. M. (2019). A framework for studying social complexity. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 73(13), 1-14. <https://doi.org/10.1007/s00265-018-2601-8>
- Klatsky, L. J., Wells, R. S. & Sweeney, J. C. (2007). Offshore bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*): movement and dive behavior near the Bermuda Pedestal. *Journal of Mammalogy*, 88(1), 59–66. <https://doi.org/10.1644/05-MAMM-A-365R1.1>
- Lancin, M. (1985). Geomorfología y génesis de las flechas litorales del Canal del Infiernillo, Estado de Sonora. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 6(1), 52–72. <https://repositorio.unam.mx/contenidos/4120134>
- Lavín, M. F. & Marione, S. G. (2003). An overview of the physical oceanography of the Gulf of California. In O. U. Velasco-Fuentes, J. Sheinbaum & J. Ochoa (Eds.), *Nonlinear Processes in Geophysical Fluid Dynamics* (pp. 173–204). Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-010-0074-1_11
- Lehmann, J. & Boesch, C. (2004). To fission or to fusion: effects of community size on wild chimpanzee (*Pan troglodytes verus*) social organisation. *Behavioral Ecology and Sociobiology*. 56:207–216. <https://doi.org/10.1007/s00265-004-0781-x>
- Lluch-Cota, S. E., Arago, E. A., Auriol-Gamboa, D., Arregui, F., Brusca, R. C., Cervantes-Duarte, R., Corte, R., Del-Monte-Luna, P., Esquivel-Herrera, A., Ferna, G., Herrera-Cervantes, H., Hendrickx, M. E., Herna, S., Lluch-Belda, D., Lluch-Cota, D. B., Kahru, M., Lavi, M., Lo, J., Palacios-Castro, E., ... Sierra-Beltrán, A. P. (2007). The Gulf of California: Review of ecosystem status and sustainability challenges. *Progress in Oceanography*, 73(1), 1–26. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2007.01.013>

- Lluch-Cota, S. E., Parés-Sierra, A., Magaña-Rueda, V. O., Arreguín-Sánchez, F., Bazzino, G., Herrera-Cervantes, H. & Lluch-Belda, D. (2010). Changing climate in the Gulf of California. *Progress in Oceanography*, 57(1–4), 114–126. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2010.09.007>
- Lodi, L. F. & Monteiro-Neto, C. (2012). Group size and composition of *Tursiops truncatus* (Cetacea: Delphinidae), in a coastal insular habitat off southeastern Brazil. *Biotemas*, 25(2), 157–164. doi: <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2012v25n2p157>
- López, M., Candela, J. & Argote, M. L. (2006). Why does the Ballenas Channel have the coldest SST in the Gulf of California? *Geophysical Research Letters*, 33(11), 1–5. <https://doi.org/10.1029/2006GL025908>
- Lusseau, D. (2004). The hidden cost of tourism: Detecting long-term effects of tourism using behavioral information. *Ecology and Society*, 9(1). <https://www.jstor.org/stable/26267644>
- Lusseau, D., Schneider, K., Boisseau, O. J., Haase, P., Sloaten, E. & Dawson, S. M. (2003). The bottlenose dolphin community of Doubtful Sound features a large proportion of long-lasting associations: Can geographic isolation explain this unique trait? *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 54, 396–405. <https://doi.org/10.1007/s00265-003-0651-y>
- Lusseau, D., Wilson, B., Hammond, P. S., Grellier, K., Durban, J. W., Parsons, K. M., Barton, T. R. & Thompson, P. M. (2006). Quantifying the influence of sociality on population structure in bottlenose dolphins. *Journal of Animal Ecology*, 75(1), 14–24. <http://www.jstor.org/stable/3505463>
- Mann, J. (2000). Unraveling the dynamics of social life long-term studies and observational methods. In J. Mann, R. Connor, P.L. Tyack & H. Whitehead (Eds.), *Cetacean societies: field studies of dolphins and whales*. (pp. 45–64). University of Chicago Press.
- Marcin-Medina, R. (1997). Comportamiento del tursión (*Tursiops truncatus*, Montagü, 1821) en la Ensenada de La Paz, Baja California Sur, México [Tesis de Maestría en Manejo de Recursos Marinos]. Instituto Politécnico Nacional, pp. 79. <http://repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/14874>
- Marino, L. (2002). Convergence of complex cognitive abilities in cetaceans and primates. *Brain, Behavior and Evolution*, 59(1–2), 21–32. doi: <https://doi.org/10.1159/000063731>
- Mellink, E. & Orozco-Meyer, A. (2006). Abundance, distribution, and residence of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the Bahía San Jorge Area, Northern Gulf of California, México. *Aquatic Mammals*, 32(2), 133–139. doi:10.1578/am.32.2.2006.133 https://www.researchgate.net/profile/Eric-Mellink-2/publication/250020399_Abundance_Distribution_and_Residence_of_Bottlenose_Dolphins_Tursiops_truncatus_in_the_Bahia_San_Jorge_Area_Northern_Gulf_of_California_Mexico/links/584dbcd_a08aed95c2503251c/Abundance-Distribution-and-Residence-of-Bottlenose-Dolphins-Tursiops-truncatus-in-the-Bahia-San-Jorge-Area-Northern-Gulf-of-California-Mexico.pdf
- Methion, S. & Díaz-López, B. (2020). Individual foraging variation drives social organization in bottlenose dolphins. *Behavioral Ecology*, 31(1), 97–106. <https://doi.org/10.1093/beheco/arz160>
- Montagü, G. (1821). Description of a species of delphinus witch appears to be new. *Memoirs Wernerian Natural History Society*, 3, 75–82. <https://biostor.org/reference/160500>
- Moreno, K. & Acevedo-Gutiérrez, A. (2016). The social structure of Golfo Dulce bottlenose dolphins

- (*Tursiops truncatus*) and the influence of behavioural state. Royal Society Open Science, 3: 160010. <https://doi.org/10.1098/rsos.160010>
- Morteo, E. (2002). Distribución y movimientos del tursión (*Tursiops truncatus*; Montagu, 1821) en las aguas adyacentes a San Quintín, Baja California, México (Cetacea: Delphinidae) [Tesis de Licenciatura]. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, México. doi:10.13140/2.1.2602.9125
- Morteo, E. (2011). Ecología social de los delfines (*Tursiops truncatus*) en aguas costeras de Alvarado, Veracruz, México [Tesis de Doctorado en Ecología y Pesquerías]. Universidad Veracruzana. <http://cdigital.uv.mx/handle/123456789/37978>
- Morteo, E., Heckel, G., Defran, R. H. & Schramm, Y. (2004). Distribution, movements and group size of the bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) to the south of San Quintín Bay, Baja California, Mexico. Ciencias Marinas, 30(1A), 35–46. <https://doi.org/10.7773/cm.v30i11.122>
- Morteo, E., Rocha-Olivares, A. & Abarca-Arenas, L. G. (2014). Sexual segregation of coastal bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the southwestern Gulf of Mexico. Aquatic Mammals, 40(4), 375–385. DOI 10.1578/AM.40.4.2014.375 https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/35474011/2014_AquatMam_404_28-libre.pdf?1415462278=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DSexual+Segregation+of+Coastal+Bottlenose.pdf&Expires=1691890482&Signature=OwqS7JdN4EQFUU9PMSu03ytIHcbWneF1nxX6s3Zywt3uEzO~GBN-nB7dhMyXo1PsQferlMGNPUclbYsGrLSn2bp3gJx4Xqvj1r2kMeYy7LJcNhA5JqqAliqKX7UstgDa5MtSixiaQFylCkLCVqL59vrQLvUheYr8zIMyIYFeX8t61Ht432dal4q7y1Nz1ah8wHUX1Lwc-aYilmRyh5BNrqpqVinHu7bwfz62mlBgVoQOXN56nDPpIWl3I9c36oJhpGWAX2LGn3dwUmbXdj5pE8aeR6yUxp0iJnGGSNemttg4JRwtvGV~7MEB90HBehjliqKxCRLjRPrAxfYx62A &Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA
- Morteo, E., Rocha-Olivares, A., Arceo-Briseño, P. & Abarca-Arenas, L. G. (2012). Spatial analyses of bottlenose dolphin-fisheries interactions reveal human avoidance off a productive lagoon in the western Gulf of Mexico. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 92(8), 1893–1900. doi:10.1017/S0025315411000488 <https://sci-hub.se/10.1017/S0025315411000488>
- Muller, Z., Cantor, M., Cuthill, I. C. & Harris, S. (2018). Giraffe social preferences are context dependent. Animal Behaviour, 146, 37–49. <https://sci-hub.se/10.1016/j.anbehav.2018.10.006>
- Navarro, R., López, M. & Candela, J. (2016). Seasonal cycle of near-bottom transport and currents in the northern Gulf of California. Journal of Geophysical Research: Oceans, 121(12), 8621–8634. <https://doi.org/10.1002/2016JC012063>
- Niño-Torres, C. A., Urbán-Ramírez, J. & Vidal, O. (2011). Mamíferos marinos del Golfo de California: guía ilustrada (Publicación Especial No. 2). Alianza WWF México-Telcel. [www.wwf.org.mx](http://awsassets.panda.org/downloads/guia_de_mamiferos_marinos_del_golfo_de_california.pdf) http://awsassets.panda.org/downloads/guia_de_mamiferos_marinos_del_golfo_de_california.pdf
- Pace, D. S., Ferri, S., Giacomini, G., Marco, C. Di, Papale, E., Silvestri, M., Pedrazzi, G., Ventura, D., Casoli, E. & Ardizzone, G. (2022). Resources and population traits modulate the association patterns in the common bottlenose dolphin living nearby the Tiber River estuary (Mediterranean Sea). Frontiers in Marine Science, 9:935235. doi:10.3389/fmars.2022.935235
- Papale, E., Ceraulo, M., Giardino, G., Buffa, G., Filiciotto, F., Grammauta, R., Maccarrone, V., Mazzola, S. & Buscaino, G. (2016). Association patterns and population dynamics of bottlenose dolphins in the

- Strait of Sicily (Central Mediterranean Sea): implication for management. *Population Ecology*, 59, 55–64. <https://doi.org/10.1007/s10144-016-0566-x>
- Pearson, H. C. (2009). Influences on dusky dolphin (*Lagenorhynchus obscurus*) fission-fusion dynamics in Admiralty Bay, New Zealand. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 63, 1437–1446. <https://doi.org/10.1007/s00265-009-0821-7>
- Pérez-Puig, H. (2022). Marine Mammal Program Final Report 2021-2022. Prescott College A.C. Centro de Estudios Culturales y Ecológicos. pp. 48.
- Pérez-Puig, H., Heckel, G. & Meltzer, L. (2019). First leucistic bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) sighting registered in the Gulf of California, Mexico. *Aquatic Mammals*, 45(5), 507–512. <https://doi.org/10.1578/AM.45.5.2019.507>
- Perrin, W. F. (2009). Spinner dolphin *Stenella longirostris*. In W. F. Perrin, B. Würsig, & J. G. M. Thewissen (Eds.), *Encyclopedia of marine mammals* (pp. 1100–1102). Academic Press, San Diego California.
- Pleslić, G., Rako-Gospic, N., Miočić-Stošić, J., Blazinić Vućur, T., Radulović, M., Mackelworth, P., Frleta-Valić, M. & Holcer, D. (2019). Social structure and spatial distribution of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) along the Croatian Adriatic coast. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 29, 2116–2132. <https://doi.org/10.1002/aqc.3213>
- Quintana-Rizzo, E. & Wells, R. S. (2001). Resighting and association patterns of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the Cedar Keys, Florida: Insights into social organization. *Canadian Journal of Zoology*, 79(3), 447–456. <https://doi.org/10.1139/z00-223>
- R Core Team. (2022). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.r-project.org/>
- Rojo-Arreola, L. (2005). Estructura genética y poblacional de *Tursiops truncatus* (Cetacea: Delphinidae) en el Golfo de California: ¿Son las formas costera y oceánica genéticamente divergentes? [Maestría en Ciencias en Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales]. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, pp. 94. <http://dspace.cibnor.mx:8080/handle/123456789/118>
- Salgado-Ugarte, I. H. (2002). Suavización no paramétrica para análisis de datos. FES Zaragoza-DGAPA UNAM (PAPIIT IN217596, PAPIME 192031), 139 pp.
- Salinas-Zacarías, M. A. (2005). Ecología de los tursiones, *Tursiops truncatus*, en la Bahía de La Paz, B.C.S. [Tesis de Doctorado en Ciencias Marinas]. Instituto Politécnico Nacional. pp. 102. <http://repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/14337>
- Sanino, G. P. & Waerebeek, K. Van. (2008). A note on the southern distribution range of inshore and offshore common bottlenose dolphins *Tursiops truncatus* in the Southeast Pacific. *International Whaling Commission*. SC/60/SM18. pp.1–6. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/50209693/A_Note_on_the_southern_distribution_rang20161109-6592-19lvib6-libre.pdf?1478706262=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DA_note_on_the_southern_distribution_rang.pdf&Expires=1690230463&Signature=bcJwjy7HnqRp2L8HwhXD4c~r~8XbaSbsi3tu6ePqP7dIEsOi5ekfVMhs~TAovrKh4~cR-vSnHXTntv8meGQc~oaJJIZd5cx8Slq9awvpxx5s9x4dC9InBALWibXXJk0Q53p-Sg6G990J4IVl8xvblmL~il9lO3xjwfwlpYQQN9~QXclOaSwZVe1j75xdPXla26Jg44l8N9glv2YfN0JINbBg8UH37T6dm8vFjr2UA-pXOtP0xfKgyoeMWcu60mb59zpEXknF08GCbmmU8jeAL-

[gjBm1awqdm~je1Vust9kvBAKkH20prAoPKyGEGGgKY2pwiXDEVQMNTRwb3NHhgFw &Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](https://doi.org/10.1029/93JC02154)

- Santamaria del Angel, E., Alvarez-Borrego, S. & Muller-Karger, F. E. (1994). Gulf of California biogeographic regions based on coastal zone color scanner imagery. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 99(C4), 7411–7421. <https://doi.org/10.1029/93JC02154>
- Scott, M. D. & Chivers, S. J. (1990). Distribution and herd structure of bottlenose dolphins in the eastern tropical Pacific Ocean. S. Leatherwood & R. R. Reeves (Eds.), *The bottlenose dolphin*. (pp. 387–402). Academic Press, San Diego, California.
- SDRP (Sarasota Dolphin Research Program). (2006). *Field techniques and photo-identification handbook*. Chicago Zoological Society and Dolphin Biology Research Institute, Sarasota, Florida, USA.
- Segura, I., Rocha-Olivares, A., Flores-Ramírez, S. & Rojas-Bracho, L. (2006). Conservation implications of the genetic and ecological distinction of *Tursiops truncatus* ecotypes in the Gulf of California. *Biological Conservation*, 133(3), 336–346. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.06.017>
- SEMARNAT. (2019), November 14. Modificación del anexo normativo III, Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión. *Diario Oficial de la Federación*. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5578808&fecha=14/11/2019
- Shane, S. H. (1980). Occurrence movements and distribution of bottlenose dolphin, *Tursiops truncatus*, in the Southern Texas. *Fishery Bulletin*, 78(3), 593–601. <https://spo.nmfs.noaa.gov/content/occurrence-movements-and-distribution-bottlenose-dolphin-tursiops-truncatus-southern-texas>
- Shane, S. H., Wells, R. S., Würsig, B. G. & Odell, D. K. (1982). A review of the ecology, behavior, and life history of the bottlenose dolphin. US Fish and Wildlife Service.
- Shane, S. H., Wells, R. S. & Würsig, B. (1986). Ecology, behavior and social organization of the bottlenose dolphin: a review. *Marine Mammal Science*, 2(1), 34–63. doi:10.1111/j.1748-7692.1986.tb00026.x
- Shane, S. H. (1990). Behavior and ecology of the bottlenose dolphin at Sanibel Island, Florida. S. Leatherwood & R. Reeves (Eds.), *The bottlenose dolphin*. (pp. 245–265). Academic Press, San Diego California, USA. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-440280-5.50016-0>
- Silk, M. J. & Fisher, D. N. (2017). Understanding animal social structure: exponential random graph models in animal behaviour research. *Animal Behaviour*, 132, 137–146. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2017.08.005>
- Titcomb, E. M., O’Corry-Crowe, G., Hartel, E. F. & Mazzoil, M. S. (2015). Social communities and spatiotemporal dynamics of association patterns in estuarine bottlenose dolphins. *Marine Mammal Science*, 31(4), 1314–1337. <https://doi.org/10.1111/mms.12222>
- Urian, K., Gorgone, A., Read, A., Balmer, B., Wells, R. S., Berggren, P., Durban, J., Eguchi, T., Rayment, W. & Hammond, P. S. (2015). Recommendations for photo-identification methods used in capture-recapture models with cetaceans. *Marine Mammal Science*, 31(1), 298–321. <https://doi.org/10.1111/mms.12141>

- Valadez-Suárez, M. S. (2002). Abundancia y residencia del tursi3n, *Tursiops truncatus* (Cetacea: Delphinidae) en la Ensenada de La Paz, B.C.S. 1989-1994. [Tesis de Licenciatura]. Universidad Aut3noma de Baja California Sur.
- Valdes-Arellanes, M. P., Serrano, A., Heckel, G., Schramm, Y. & Mart3nez-Serrano, I. (2011). Abundancia de dos poblaciones de toninas (*Tursiops truncatus*) en el norte de Veracruz, M3xico. Revista Mexicana de Biodiversidad, 82(1), 227–235. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2011.1.367>
- Valencia-Pati3o, L. J., Vargas-Molina, A. G. & D3az-Avalos, C. (2008). Estimaci3n poblacional de toninas *Tursiops truncatus*, en la Bah3a de Agiabampo Sonora-Sinaloa, M3xico en verano y otro3o de 1995 al 2001. Revista de Zoolog3a, (19), 15–21. <https://www.redalyc.org/pdf/498/49812529003.pdf>
- Vera, T. E. M. (2009). Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR) – Versi3n 2006-2008. Comisi3n Nacional de 3reas Naturales Protegidas. <https://rsis.ramsar.org/RISapp/files/RISrep/MX1891RIS.pdf>
- Verme, V. & Iannacone, J. (2012). Estructura social del delf3n nar3z de botella *Tursiops truncatus* (Cetacea: Delphinidae) en la costa suroeste de la Isla de Tenerife (Islas Canarias), Espa3a. Ecolog3a Aplicada, 11(1-2), 67–76. <https://doi.org/10.21704/rea.v11i1-2.427>
- Vermeulen, E. (2018). Association patterns of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in Bah3a San Antonio, Argentina. Marine Mammal Science, 34(3), 687–700. <https://doi.org/10.1111/mms.12481>
- Vermeulen, E., Holsbeek, L. & Das, K. (2015). Diurnal and seasonal variation in the behaviour of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in Bah3a San Antonio, Patagonia, Argentina. Aquatic Mammals, 41(3), 272–283. doi:10.1578/AM.41.3.2015.272
- Wells, R. S. (2013). Dolphin social complexity: lessons from long-term study and life history. In F. de Waal & P. Tyack (Eds.), Animal social complexity (pp. 32–56). Harvard University Press. <https://doi.org/10.4159/harvard.9780674419131.c4>
- Wells, R. S., Irvine, A. B. & Scott, M. D. (1980). The social ecology of inshore odontocetes. In L. M. Hermann (Ed.), Cetacean behavior: mechanisms and functions (pp. 263–317). John Wiley & Sons, New York.
- Wells, R. S. & Scott, M. D. (1998). Bottlenose dolphin *Tursiops truncatus* (Montagu, 1821). In S. H. Ridgway & R. Harrison (Eds.), Handbook of marine mammals: the second book of dolphins and the porpoises (pp. 137–182). Elsevier.
- Wells, R. S. & Scott, M. D. (2009). Common bottlenose dolphin: *Tursiops truncatus*. In W. Perrin, B. W3rsig & J. Thewissen (Eds.), Encyclopedia of marine mammals (pp. 249–255). Academic Press, San Diego California. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-373553-9.00062-6>
- Wells, R. S., Scott, M. D. & Irvine, A. B. (1987). The social structure of free-ranging bottlenose dolphins. In H. H. Genoways (Ed.), Current Mammalogy (pp. 247–305). Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-1-4757-9909-5_7
- Whitehead, H. (1995). Investigating structure and temporal scale in social organizations using identified individuals. Behavioral Ecology, 6(2), 199–208. <https://doi.org/10.1093/beheco/6.2.199>
- Whitehead, H. (1997). Analysing animal social structure. Animal Behaviour, 53(5), 1053–1067. <https://doi.org/10.1006/anbe.1996.0358>

- Whitehead, H. (2007). Selection of models of lagged identification rates and lagged association rates using AIC and QAIC. *Communications in statistics-simulation and computation*, 36(6), 1233–1246. <https://doi.org/10.1080/03610910701569531>
- Whitehead, H. (2008). *Analyzing animal societies: quantitative methods for vertebrate social analysis*. University of Chicago Press.
- Whitehead, H. (2009). SOCPROG Programs: analysing animal social structures. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 63(5), 765–778. <http://www.jstor.org/stable/40295343>
- Whitehead, H. (2018). Sperm whale *Physeter macrocephalus*. In W. F. Perrin, B. Würsig & J. G. M. Thewissen (Eds.), *Encyclopedia of marine mammals* (pp. 919–925). Academic Press, San Diego California. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804327-1.00242-9>
- Whitehead, H., Christal, J. & Tyack, P. L. (2000). Studying cetacean social structure in space and time: innovative techniques. In J. Mann, R. Connor, P.L. Tyack & H. Whitehead (Eds.), *Cetacean societies: field studies of dolphins and whales* (pp. 65–87). University of Chicago Press.
- Whitehead, H. & James, R. (2015). Generalized affiliation indices extract affiliations from social network data. *Methods in Ecology and Evolution*, 6(7), 836–844. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12383>
- Whitehead, H. & Van Parijs, S. (2010). Studying marine mammal social systems. In I.L. Boyd, W.D. Bowen & S.J. Iverson (Eds.), *Marine mammal ecology and conservation: a handbook of techniques* (pp. 263–282). Oxford University Press, Oxford. http://whitelab.biology.dal.ca/hw/Whitehead_Van_Parijs_Chapter_12.pdf
- Wickham, H. (2016). *ggplot2: elegant graphics for data analysis*. Springer-Verlag <https://doi.org/10.1007/978-0-387-98141-3>
- Wiszniewski, J., Brown, C. & Möller, L. M. (2012). Complex patterns of male alliance formation in a dolphin social network. *Journal of Mammalogy*, 93(1), 239–250. <https://doi.org/10.1644/10-MAMM-A-366.1>
- Würsig, B. & Würsig, M. (1977). The photographic determination of group size, composition, and stability of coastal porpoises (*Tursiops truncatus*). *Science*, 198(1971), 755–756. DOI: 10.1126/science.198.4318.755
- Zaeschar, J. R., Tezanos-Pinto, G., Dwyer, S. L., Peters, C. H., Berghan, J., Donnelly, D., Meissner, A. M., Visser, I. N., Weir, J. S., Judkins, A. G., Brough, T., Guerra, M., Kozmian-Ledward, L. & Stockin, K. A. (2020). Occurrence, site fidelity, and associations of oceanic common bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) off northeastern New Zealand. *Marine Mammal Science*, 36(4), 1180–1195. <https://doi.org/10.1111/mms.12711>
- Zepeda-Borja, K. M. (2017). *Ecología poblacional del tursión (Tursiops truncatus) en las aguas costeras de Mazatlán, Sinaloa, México [Tesis de Maestría en Ecología y Pesquerías]*. Universidad Veracruzana.
- Zepeda-Borja, K. M., Morteo, E., Guzón-Zatarain, O. R., Pérez-España, H., Delfín-Alfonso, C. A. & Bello-Pineda, J. (2022). Interannual shifts in sea surface temperature and chlorophyll drive the relative abundance and group size of common bottlenose dolphins *Tursiops truncatus* on the Southeast Gulf of California. *Latin American Journal of Aquatic Mammals*, 17(1), 35–42. <https://doi.org/10.5597/lajam00278>