



Universidad Veracruzana  
Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías  
Región Veracruz

Doctorado en Ecología y Pesquerías

Proporción sexual de tursiones (*Tursiops truncatus*) y  
estrategias de vida de las hembras adultas en aguas costeras  
de Alvarado, Veracruz

Tesis para obtener el grado de Doctora en  
Ecología y Pesquerías

Presenta:  
**Mari Jose Escobar Lazcano**

Director:  
Dr. Eduardo Morteo Ortiz

Julio de 2025

“Lis de Veracruz: Arte, Ciencia, Luz”



**Universidad Veracruzana**

**Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías  
Región Veracruz**

**Doctorado en Ecología y Pesquerías**

*Proporción sexual de tursiones (*Tursiops truncatus*) y estrategias de vida  
de las hembras adultas en aguas costeras de Alvarado, Veracruz*

Presenta:

M. en N. Mari Jose Escobar Lazcano

Director:

Dr. Eduardo Morteo Ortiz

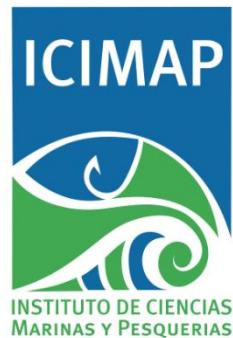
Dra. Valentina Islas Villanueva – Asesora

Dr. Christian A. Delfín Alfonso - Asesor

Dr. Javier Bello Pineda - Asesor

Dr. Horacio Pérez España - Asesor

Este trabajo fue realizado gracias al apoyo de:



Este trabajo formó parte del proyecto CONACYT (No. 221750) “Ecología trófica de las interacciones entre delfines costeros (*Tursiops truncatus*) y la pesca artesanal en aguas veracruzanas”.

Contó con una beca doctoral del Consejo Nacional y Técnología (CONACYT) (784291/CVU785748)

El trabajo de campo se realizó mediante los permisos federales SGPA/DGVS/00351/06, 01407/08, 12827/15 (E. Morteo), SGPA/DGVS/00870/07, 02788/07, 01344/08, 01407/08, 01649/08 (C. Bazúa) y SGPA/DGVS/01821/22 (M.J. Escobar-Lazcano).

## **Agradecimientos**

Agradezco profundamente al Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías, así como a todos los profesores que formaron parte de mi formación como doctora.

A mi director, el Dr. Eduardo Morteo, gracias por su constante apoyo, por los valiosos consejos y por todas las enseñanzas que me ha brindado a lo largo de estos años. Su guía ha sido fundamental en este camino.

A los miembros de mi comité —la Dra. Valentina Islas, el Dr. Christian Delfín, el Dr. Javier Bello y el Dr. Horacio Pérez— gracias por sus comentarios, revisiones y aportaciones tan valiosas a lo largo del proceso. Su retroalimentación fue clave para mejorar este trabajo en cada etapa.

A los integrantes del LabMMar, tanto a los “viejos” como a los nuevos, que participaron en la recolección de datos: gracias por su compromiso y compañerismo. También agradezco especialmente a la Dra. Isabel Hernández Candelario, la Dra. Nataly Morales Rincón y la Biól. Ángela Morantes, por su apoyo en la selección, procesamiento y análisis de datos fotográficos. Agradezco al M.B.I. Israel Huesca Domínguez por su colaboración en los análisis de residencia y fidelidad al sitio.

Al Dr. Jaime Bolaños Jiménez por la ayuda y guía con los análisis en MARK, y por proporcionar sus datos para los análisis de PSA de 2006 – 2010.

Finalmente, a los pescadores locales Jesús Tiburcio, Erick Tiburcio, Fallo y Malagueña: gracias por su experiencia, su disposición y por asegurarse siempre de que la tripulación regresara sana y salva a la costa.

## Dedicatoria

*Esta tesis está dedicada especialmente a mis papás por su amor incondicional, por enseñarme a creer en mí y por estar presentes en cada paso, incluso en los más inciertos.*

*A Chepita, Negrita y Chibi que me acompañaron en todo el proceso, estuvieron conmigo en mis horas de desvelo, y que hicieron más llevaderos los días difíciles.*

*A mis amigos —Omar, Rodrigo, Karla, Carlos y Mike— por estar siempre que los necesito, apoyo sincero que siempre me brindan, su presencia siempre es un bálsamo para mí.*

*A Eliud, gracias por acompañarme siempre en la última etapa de este camino. Gracias por ayudarme con la redacción y otros detalles y, sobre todo, por animarme siempre a seguir adelante.*

*A Sedna, diosa del mar y de los mamíferos marinos, guardiana de lo profundo, por inspirar este viaje.*



# ÍNDICE

<b>RESUMEN .....</b>	<b>12</b>
<b>CAPÍTULO I - INTRODUCCIÓN GENERAL .....</b>	<b>14</b>
<b>CAPÍTULO II - PROPORCIÓN SEXUAL EN LA POBLACIÓN DE TURSIONES (<i>Tusiops truncatus</i>) EN ALVARADO, VERACRUZ .....</b>	<b>23</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>24</b>
<b>2. ANTECEDENTES .....</b>	<b>26</b>
2.1. DIFERENCIAS SEXUALES.....	26
2.2. PROPORCIÓN SEXUAL .....	28
<b>3. HIPÓTESIS.....</b>	<b>31</b>
<b>4. OBJETIVOS .....</b>	<b>31</b>
4.1 GENERAL.....	31
4.2 PARTICULARES .....	31
<b>5. MÉTODO .....</b>	<b>32</b>
5.1 ÁREA DE ESTUDIO.....	32
5.2. TRABAJO DE CAMPO .....	33
5.3 ANÁLISIS DE DATOS .....	35
5.3.1 FOTO-IDENTIFICACIÓN.....	35
5.3.2 SEXADO.....	36
5.3.3 PROPORCIÓN SEXUAL.....	37
5.3.4 EFICIENCIA FOTOGRÁFICA Y EFICIENCIA DE INDIVIDUALIZACIÓN	38
<b>6. RESULTADOS .....</b>	<b>38</b>
6.1. Abundancia .....	43
6.2. Proporción sexual (PSA).....	45
<b>7. DISCUSIÓN .....</b>	<b>47</b>
7.1. Abundancia .....	48
7.2. Proporción Sexual (PSA) .....	50
<b>8. CONCLUSIÓN .....</b>	<b>53</b>
<b>9. REFERENCIAS .....</b>	<b>54</b>

<b>CAPÍTULO III - RESIDENCIA, INTERACCIÓN CON PESCA ARTESANAL Y CONDUCTA DE HEMBRAS DE TURSIÓNES(<i>Tursiops truncatus</i>) EN ALVARADO, VERACRUZ .....</b>	<b>62</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>63</b>
<b>2. ANTECEDENTES .....</b>	<b>65</b>
2.1. RESIDENCIA .....	65
2.2. COMPORTAMIENTO .....	66
2.3. INTERACCIÓN CON ACTIVIDADES HUMANAS .....	68
<b>3. HIPÓTESIS.....</b>	<b>70</b>
<b>4. OBJETIVOS .....</b>	<b>71</b>
4.1 GENENERAL .....	71
4.2 PARTICULARES .....	71
<b>5. MÉTODO .....</b>	<b>71</b>
5.1 ANÁLISIS DE DATOS .....	71
5.1.1. DETERMINACIÓN DE ETAPAS REPRODUCTIVAS .....	71
5.1.2 RESIDENCIA Y FIDELIDAD AL SITIO .....	72
5.1.3. PRESUPUESTO DE ACTIVIDADES .....	74
5.1.4 INTERACCIÓN CON EMBARCACIONES Y ARTES DE PESCA.....	75
<b>6. RESULTADOS .....</b>	<b>75</b>
6.1. RESIDENCIA Y FIDELIDAD AL SITIO.....	75
6.2 PRESUPUESTO DE ACTIVIDADES .....	85
6.3 INTERACCIÓN CON EMBARCACIONES Y ARTES DE PESCA.....	89
<b>7. DISCUSIÓN .....</b>	<b>90</b>
7.1. Residencia y fidelidad al sitio .....	91
7.2. Presupuesto de actividad.....	95
7.3. Interacción con actividades humanas .....	96
<b>8. CONCLUSIÓN .....</b>	<b>97</b>
<b>9. REFERENCIAS .....</b>	<b>99</b>
<b>CAPÍTULO IV - DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES GENERALES .....</b>	<b>100</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Localización del área de estudio frente al sistema lagunar de Alvarado (SLA) y ruta de navegaciones para foto-identificación de aletas dorsales de tursiones. Las líneas discontinuas muestran las isóbatas (m) .....	33
<b>Figura 2.</b> Medianas, cuartiles y dispersión de la eficiencia fotográfica de imágenes de aletas dorsales de delfines nariz de botella en el suroeste del Golfo de México entre 2002 y 2023. ....	39
<b>Figura 3.</b> Medianas, cuartiles y dispersión de las tasas de individualización de imágenes de aletas dorsales de delfines nariz de botella en el suroeste del Golfo de México entre 2002 y 2023. ....	40
<b>Figura 4.</b> Análisis de correlación de las medianas de la abundancia absoluta calculados en MARK y Socprog para la población de tursiones foto-identificados en las aguas costeras de Alvarado entre 2016 y 2023. ....	42
<b>Figura 5.</b> Abundancia promedio de hembras (PF) y machos (PM) de tursiones ( <i>Tursiops truncatus</i> ) en Alvarado, Veracruz para los periodo de 2006- 2010, 2016-2020 y 2022-2023, se muestran los promedios, así como los valores mínimos y máximos. ....	44
<b>Figura 6.</b> Abundancia de hembras (PF) y machos (PM) de tursión en cada temporada climática registrada en Alvarado, Veracruz. ....	45
<b>Figura 7.</b> Proporción sexual promedio (machos por cada 10 hembras) de tursiones ( <i>Tursiops truncatus</i> ) foto-identificados en las aguas costeras de Alvarado durante doce temporadas del periodo de 2006-2023. El área entre las líneas verdes continuas representa los intervalos de confianza al 95%. ....	46
<b>Figura 8.</b> Proporción sexual (machos por cada 10 hembras) de tursiones ( <i>Tursiops truncatus</i> ) foto-identificados por temporada climática en las aguas costeras de Alvarado, Veracruz (2006-2023). ....	47
<b>Figura 9.</b> Duración de las etapas reproductivas de hembras de delfín nariz de botella con datos disponibles (n=14) en el suroeste del Golfo de México (datos de 143 muestreos de foto-identificación entre 2002–2023).....	77
<b>Figura 10.</b> Clústers jerárquicos de hembras de delfín nariz de botella en el suroeste del Golfo de México, organizados según sus métricas de residencia y fidelidad al sitio durante cinco	

periodos: a) 2002–2003, b) 2006–2010, c) 2016–2018, d) 2019–2020, e) 2022–2023. Su etapa reproductiva está indicada por los siguientes símbolos: * (GE), + (CR) y = (IN).....	79
<b>Figura 11.</b> Variaciones en los índices de residencia y fidelidad al sitio por periodo de muestreo y etapas reproductivas (gestación, crianza, inter-crías) para hembras de tursión del suroeste del Golfo de México. Las letras indican diferencias significativas en comparaciones múltiples (por muestreo y etapa) a partir del modelo lineal generalizado mixto ( $\alpha = 0.05$ ). Las líneas punteadas y las áreas sombreadas muestran los valores de referencia para los machos. GE = gestación, CR = crianza, IN = inter-crías .....	81
<b>Figura 12.</b> Variación general en los indicadores de residencia y fidelidad al sitio para hembras de delfín nariz de botella según etapa reproductiva (gestación, cría dependiente, intervalo entre apareamientos) en el suroeste del Golfo de México entre 2002 y 2023. Las letras indican diferencias significativas según el modelo lineal generalizado mixto. ....	83
<b>Figura 13.</b> Proporción de registros de actividad por sexo en tursiones del suroeste del Golfo de México durante 2006-2023. SOC = Social, ALI = Alimentación, EVA = Evasión, DSP = Desplazamiento, ICE = Interacciones con embarcaciones, VAG = Vago, DES = Descanso, ND = Indeterminado.....	86
<b>Figura 14.</b> Proporciones de los registros de actividad por etapa reproductiva para hembras de delfín nariz de botella en el suroeste del Golfo de México durante 2006–2023. SOC = Social, ALI = Alimentación, EVA = Evasión, DSP = Desplazamiento, ICE = Interacciones con embarcaciones, VAG = Vago, DES = Descanso, ND = Indeterminado. Las letras indican diferencias significativas según el modelo lineal generalizado mixto. ....	89
<b>Figura 15.</b> Distancia promedio entre los grupos con hembras y las embarcaciones de pesca artesanal en Alvarado, Ver. Durante el periodo 2006-2010.....	90

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Etograma de la población de delfines que habitan las aguas costeras de Alvarado, Ver. (Basado en Guzmán-Vargas, 2015 y Morales-Rincón et al. 2019).....	34
<b>Tabla 2.</b> Modelos para el análisis de poblacional de los tursiones del Alvarado, Veracruz para el periodo de 2006-2010. El modelo 1 fue considerado el modelo con mejor ajuste...	41
<b>Tabla 3.</b> Modelos para el análisis de poblacional de los tursiones del Alvarado, Veracruz para el periodo de 20016-2020. El modelo 1 fue considerado el modelo con mejor ajuste.	42
<b>Tabla 4.</b> Medias y desviaciones estándar de las métricas de residencia y fidelidad al sitio en hembras de delfín nariz de botella (N=122) del suroeste del Golfo de México, utilizadas para la caracterización de grupos en los clústeres mediante el método del codo.....	78
<b>Tabla 5.</b> Modelos Lineales Mixtos Generalizados (GLMM) mostrando el efecto de la etapa reproductiva sobre la residencia y la fidelidad al sitio para hembras con etapas reproductivas asignadas (n=14) como factor aleatorio durante el segundo período (2006-2010) en el suroeste del Golfo de México. SE=error estándar.....	80
<b>Tabla 6.</b> Prueba de Mann-Whitney para los índices de residencia y fidelidad al sitio entre hembras (por etapa reproductiva; n=14) y machos (n=20) de delfines mulares en el Golfo de México suroccidental durante el período 2006-2010. ....	82
<b>Tabla 7.</b> Comparaciones múltiples bajo el modelo lineal mixto generalizado para los indicadores de residencia y fidelidad al sitio entre etapas reproductivas (factor aleatorio) de hembras de delfín nariz de botella (n=14) en el suroeste del Golfo de México durante 2002-2023. SE = error estándar. ....	84
<b>Tabla 8.</b> Diferencias intersexuales (Mann-Whitney) en los índices de residencia y fidelidad al sitio para delfines nariz de botella según la etapa reproductiva de las hembras (gestación, crianza, inter-crías; n = 14) en el suroeste del Golfo de México durante 2002–2023.....	85
<b>Tabla 9.</b> Comparaciones múltiples bajo el modelo lineal generalizado mixto para las actividades entre etapas reproductivas (factor aleatorio) en hembras de delfín nariz de botella (n = 14) del suroeste del Golfo de México durante 2006–2023. SE = error estándar. SOC = Social, ALI = Alimentación, EVA = Evasión, DSP = Desplazamiento, ICE = Interacciones con embarcaciones, VAG = Vago, DES = Descanso, ND = Indeterminado.....	88

## RESUMEN

La proporción sexual adulta (PSA) y el estado reproductivo son factores clave en la dinámica poblacional de los cetáceos, ya que influyen en la estructura social, el uso del espacio y la conducta, especialmente en hábitats costeros con alta presión antrópica. En este estudio se analizaron datos de foto-identificación colectados entre 2002 y 2023 para evaluar variaciones en la PSA y en la residencia y conducta de tursiones (*Tursiops truncatus*) en Alvarado, Veracruz. Se realizaron 143 navegaciones y se identificaron más de 400 individuos; de los cuales, 142 fueron sexados (122 hembras y 20 machos). La PSA estuvo consistentemente sesgada hacia las hembras, con proporciones de hasta 1:10, sin diferencias significativas entre temporadas climáticas, pero con fluctuaciones interanuales probablemente asociadas a eventos climáticos extremos, sobre pesca y cambios en las condiciones oceanográficas. La abundancia de hembras fue significativamente mayor ( $\bar{x} = 38$ ) que la de machos ( $\bar{x} = 10$ ) y se observó una tendencia decreciente en ambos性es, aunque más marcada en las hembras. Las etapas reproductivas se asignaron de manera confiable al 11.5% de las hembras (*i.e.*, 27% del núcleo poblacional local). Las métricas de residencia y fidelidad al sitio agruparon a las hembras consistentemente en tres categorías: residentes regulares, residentes ocasionales y visitantes ocasionales. Las hembras en gestación fueron poco frecuentes y pasaron cerca de la mitad de este periodo fuera del área de estudio, mientras que las que estaban en crianza o en intervalo inter-cría mostraron mayor residencia y fidelidad. El tiempo de dependencia de las crías ( $\bar{x} = 2.6$  años) fue menor al promedio global para la especie, lo que sugiere posibles ajustes conductuales ante perturbaciones antrópicas como la pesca y el tráfico de embarcaciones. Los presupuestos conductuales confirmaron que esta región sigue siendo una zona clave de alimentación para ambos性es y de crianza para las hembras, pese a los riesgos asociados a la actividad pesquera. Sin embargo, el aumento en la proporción de hembras visitantes al final del periodo de estudio sugiere un cambio potencial en la estructura poblacional debido posiblemente al empobrecimiento de las condiciones del hábitat para esta especie. Estos hallazgos subrayan el papel crítico del estado reproductivo en la residencia y el uso del espacio de los tursiones, y destacan la importancia del monitoreo a largo plazo para la conservación de poblaciones costeras de delfines, especialmente para aquellas expuestas a impactos humanos.

**Palabras clave:** proporción sexual, abundancia, fidelidad al sitio, actividad humana, pesquerías, tráfico marino, conducta.

## ABSTRACT

Adult sex ratio (ASR) and reproductive status are key factors in the population dynamics of cetaceans, as they influence social structure, space use, and behavior, especially in coastal habitats under high anthropogenic pressure. In this study, photo-identification data collected between 2002 and 2023 were analyzed to assess variations in ASR, residency, and behavior of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in Alvarado, Veracruz. A total of 143 surveys were conducted, and over 400 individuals were identified, of which 142 were sexed (122 females and 20 males). The ASR was consistently skewed toward females, with ratios reaching up to 1:10, showing no significant differences across climatic seasons, but presenting interannual fluctuations likely associated with extreme weather events, overfishing, and changes in oceanographic conditions. Female abundance was significantly higher ( $\bar{x} = 38$ ) than that of males ( $\bar{x} = 10$ ), and a decreasing trend was observed in both sexes, more markedly in females. Reproductive stages were reliably assigned to 11.5% of the females (*i.e.*, 27% of the local core population). Residency and site fidelity metrics consistently grouped females into three categories: regular residents, occasional residents, and occasional visitors. Pregnant females were rare and spent nearly half of their gestation period outside the study area, while females with calves or in interbreeding intervals exhibited greater residency and fidelity. Calf dependency time ( $\bar{x} = 2.6$  years) was lower than the global average for the species, suggesting possible behavioral adjustments in response to anthropogenic disturbances such as fishing and boat traffic. Behavioral budgets confirmed that this region remains a key feeding area for both sexes and a nursery area for females, despite risks associated with fishing activity. However, the increase in the proportion of visiting females toward the end of the study period suggests a potential shift in population structure, possibly due to habitat degradation. These findings underscore the critical role of reproductive status in the residency and space use of bottlenose dolphins and highlight the importance of long-term monitoring for the conservation of coastal dolphin populations, particularly those exposed to human impacts.

**Keywords:** sex ratio, abundance, site fidelity, human activity, fisheries, marine traffic, behavior.

# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUCCIÓN GENERAL**

La demografía se encarga del estudio del tamaño de las poblaciones, refiriéndose al número de organismos o unidades en éstas; también se ocupa de su distribución, que es la disposición de las poblaciones en el espacio en un tiempo determinado; así como de su estructura, que comprende la distribución de las poblaciones entre sus grupos (*e.g.*, sexo y edad), y el cambio, refiriéndose a las variaciones temporales de las poblaciones (Shryock et al., 1976; Carey, 1993). Es así como algunos parámetros poblacionales como la probabilidad de supervivencia, migración o la viabilidad de estas se relacionan con características individuales como el sexo, la edad, y aspectos grupales como la estructura social o jerárquica, y la distribución/dispersión de las poblaciones (Lebreton et al., 1992).

La proporción de sexos (PS) es el número relativo de machos y hembras que hay en una población, comúnmente expresada como el número de machos por cada hembra (Skalski et al., 2005). En ecología, además, se incluyen estimaciones de la proporción de sexos dependiendo de la etapa de vida de los sujetos de estudio; es decir, la proporción de sexos en la fertilización (primaria), en el nacimiento (secundaria), en la etapa juvenil (terciaria) y en adultos (cuaternaria) (Carey, 1993; Skalski et al., 2005; Székely et al., 2014). De acuerdo con esto, la proporción de sexos en adultos (PSA) tiene gran influencia en varios aspectos de la historia de vida de los individuos, tales como comportamiento, adquisición de pareja y cuidado parental.

Además, la PSA juega un papel fundamental en la dinámica poblacional y la conservación, ya que una proporción sesgada hacia cualquiera de los dos性es puede tener un efecto negativo e influir en el riesgo de colapso de la población (Le Galliard et al., 2005; Ancona et al., 2017). Por lo anterior, la comprensión de las estrategias de vida y particularmente del papel que juega la proporción de sexos, es importante para comprender el estado de una población, así como su posible futuro en un lugar determinado (Skalski et al., 2005; Székely et al., 2014; Ancona et al., 2017).

En este sentido, se sabe que el sexo es una variable que influye en el comportamiento de muchas especies animales, debido a diversos factores (morfo-fisiológicos) que interactúan para producir patrones de conducta específicos (Bernstein, 1978). El estudio de estos patrones conductuales es una herramienta importante para el manejo y conservación de las poblaciones. Por ejemplo, las diferencias sexuales en el patrón de residencia brindan datos importantes sobre el tiempo que estos organismos pasan en un sitio específico (Hartman et

al., 2015), ya que en algunas especies de vertebrados las hembras presentan un grado de residencia mayor que los machos, dados los diferentes requerimientos alimenticios, estrategias reproductivas y cuidado parental (Morteo et al., 2014; Hartman et al., 2015).

En algunas especies migratorias de mamíferos, la proporción de sexos varía temporalmente con las condiciones ambientales, siendo común que sean los machos quienes se desplazan con mayor frecuencia, mientras que las hembras permanecen en sitios de crianza donde el hábitat suele ser más estable y alimento es más abundante (Brown et al., 1995). Por ello, los años con baja proporción de hembras suelen coincidir con la ocurrencia de eventos ecológicos y fenómenos climáticos adversos; mientras que en los años con proporción sexual similar (*e.g.*, 1:1), en algunos casos se cree que la disposición de recursos es óptima para que las hembras se reproduzcan (Druskat et al., 2019).

En general, se ha observado que la proporción sexual en muchas especies de mamíferos en etapa adulta está sesgada hacia las hembras, ya que su supervivencia es mayor en comparación con los machos, posiblemente debido a la mortalidad natural y aquella causada por la interacción con humanos (Fruet et al., 2015; Morteo et al., 2017; Morales-Rincon et al., 2019). Estos sesgos pueden causar efectos en la tasa reproductiva y de manera potencial, cambios en la estructura social de la población (Stephens et al., 1999).

Las presiones humanas también juegan un papel importante para las poblaciones silvestres, debido al costo energético de evadir sitios conflictivos, reduciendo el tiempo de descanso y alimentación (Lusseau, 2005; Morteo et al., 2012), así como las diferentes estrategias de cada sexo para lidiar con dichas presiones (Fruet et al., 2012; Morales-Rincon et al., 2019). De manera general, las actividades humanas han sido persistentes y se han incrementado en las zonas costeras durante los últimos años, provocando efectos sobre la fauna silvestre y sus hábitats, que se manifiestan principalmente en cambios en el comportamiento de los animales (Steidl y Powell, 2006).

Si bien existen cambios ambientales que modifican la conducta de los animales, los provocados por la actividad antrópica suelen producir condiciones a las que las especies no han estado expuestas con anterioridad, y por lo tanto hay cambios conductuales como primera respuesta a estas nuevas condiciones (Wong y Candolin, 2014). Por ejemplo, se ha reportado que la interferencia electromagnética causada por aparatos electrónicos provoca alteraciones en la navegación magnética de las aves (Engels et al., 2014; Wong y Candolin, 2014). Por

otro lado, se ha observado que el aumento en la densidad de microalgas, provocado por la eutrofización inducida por actividad humana, modifica la estructura del hábitat, incrementa la competencia entre machos por acceder a parejas reproductivas, y reduce el éxito de la selección sexual basada en rasgos visuales en algunas especies de peces (Candolin et al., 2014).

En el caso particular de los cetáceos, las especies o poblaciones que habitan zonas costeras están más expuestas al sobreexposición con actividades humanas, lo cual ha sido asociado con cambios conductuales, como variaciones en las vocalizaciones en respuesta a la alta producción de ruido proveniente de embarcaciones y otras fuentes antrópicas (Richardson y Würsig, 1997). Además, se han documentado respuestas conductuales diferenciales entre sexos: las hembras, especialmente aquellas preñadas o en etapa de crianza, tienden a evitar zonas con alta densidad de embarcaciones, mientras que los machos (particularmente los individuos jóvenes) interactúan con mayor frecuencia con las embarcaciones, posiblemente en busca de recursos (Rivalora et al., 2001; La Fauci, 2017; Morales-Rincón et al., 2019).

Por otro lado, las embarcaciones con las que los cetáceos pequeños, como los delfines, interactúan con mayor frecuencia son las que desarrollan actividad pesquera, ya que suelen competir por recursos, esto causando impacto para ambos delfines y pescadores (Cunha et al., 2017). Estos impactos van desde daños en los equipos de pesca, pérdida y reducción de la calidad del producto en el caso de los pescadores, hasta captura incidental, pérdida de hábitat y modificación de la conducta en cetáceos (Bearzi, 2002).

El estudio de mamíferos marinos en México ha sido más prolífico en las últimas dos décadas, especialmente en el océano Pacífico y el golfo de California; sin embargo, el golfo de México y el Caribe aún cuentan con poca información sobre la ecología poblacional de las especies que se distribuyen en estas zonas (Ramírez-León et al., 2020; Escobar-Lazcano et al., 2023). La población de tursiones (*Tursiops truncatus*) que habita las aguas costeras de Alvarado, Veracruz, es una excepción, ya que se cuenta con datos desde los años noventa y actualmente es una de las más estudiadas en México (García, 1995; Morteo et al., 2012, 2014, 2017, 2019; García-Vital et al., 2015; Rechimont et al., 2018; Morales-Rincon et al., 2019; Bolaños-Jiménez et al., 2021; Cerdán-Gómez, 2022; García-Hernández, 2022; Martínez-Mendoza, 2022;; Valle-Hernández, 2023; Huesca-Domínguez et al. 2024). Esta zona se ha

descrito como un hábitat abierto, cuya abundancia y disponibilidad de recursos ha sido aprovechada por la pesca artesanal como una de las principales actividades económicas en la región (García-Hernández, 2022; García-Ontiveros, 2022); además, se ha registrado la presencia continua de una población de alrededor de 120 individuos (Morteo et al., 2017; Bolaños-Jiménez et al., 2021), la cual ha sido estudiada al menos en los últimos 30 años.

Diversos estudios han permitido conocer la ecología de esta población de delfines (Morteo, 2011; Morteo et al., 2014; Cerdán-Gómez, 2022), tal como su distribución espacial (Medellín, 2012; Morteo et al., 2012; La Fauci, 2017), uso de hábitat (García-Aguilar, 2020), comportamiento (García-Vital et al., 2015; Guzmán-Vargas, 2015; Morales-Rincon et al., 2019; Hurtado-Mejorada, 2021), patrones migratorios (Ruiz-Hernández, 2014; Morteo et al., 2019 Bolaños-Jiménez et al., 2021), residencia y fidelidad al sitio (Bolaños-Jiménez et al., 2021), dieta (Chávez-Martínez, 2017; Mendoza-Martínez, 2019; García-Hernández, 2022; García-Ontiveros, 2022); desarrollo temprano (Aguilar-Badillo, 2019) y estado de conservación (Valle-Hernández, 2023). Sin embargo, aún se desconoce el papel que juega el sexo en las diferencias conductuales de los delfines que habitan dicha área de estudio. Por ello, el objetivo principal de este trabajo es investigar la proporción sexual y efecto del estado de gravidez y crianza en la conducta y los patrones de residencia para las hembras de la población de tursiones (*Tursiops truncatus*) que habita las aguas costeras de Alvarado, Veracruz.

Esta tesis estará dividida en capítulos de acuerdo con las hipótesis planteadas para desarrollar dos temas principales, los cuales serán publicados como artículos científicos:

- CAPÍTULO I – Introducción general
- CAPÍTULO II – Proporción sexual en la población de tursiones (*Tursiops truncatus*) en Alvarado, Veracruz
- CAPÍTULO III – Residencia, interacción con pesca artesanal y conducta de hembras de tursiones (*Tursiops truncatus*) en Alvarado, Veracruz
- CAPÍTULO IV – Discusión y conclusiones generales

## REFERENCIAS

- Ancona, S., Dénes, F.V., Krüger, O., Székely, T. & Beissinger, S.R. (2017). Estimating adult sex ratios in nature. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 372: 1-15.
- Aguilar-Badillo, L.I. (2011). Supervivencia de tursiones (*Tursiops truncatus*) durante su desarrollo temprano en las aguas costeras de Alvarado, Veracruz (Tesis de Licenciatura). Facultad de biología, Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México. 52 pp.
- Ancona, S., Dénes, F.V., Krüger, O., Székely, T. & Beissinger, S.R. (2017). Estimating adult sex ratios in nature. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 372: 1-15.
- Bearzi G. (2002). Interactions between cetacean and fisheries in the Mediterranean Sea. In: G. Notarbartolo di Sciara (Ed.), *Cetaceans of the Mediterranean and Black Seas: state of knowledge and conservation strategies. A report to the ACCOBAMS Secretariat*, Monaco, February 2002. Section 9, 20 p.
- Bernstein, I.S. (1978). Sex differences in the behavior of nonhuman primates. *Social Science & Medicine*, 12B: 151-154.
- Bolaños-Jiménez J., Morteo E., Delfín-Alfonso C.A., Fruet P.F., Secchi E.R. y Bello-Pineda J. (2021). Population dynamics reveal a core community of the common bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) in open waters of the South-Western Gulf of Mexico. *Frontiers in Marine Science* 8:753484. doi: 10.3389/fmars.2021.753484.
- Brown, M.R., Corkeron, P.J., Hale, P.T., Schultz, K.W. & Bryden, M.M. (1995). Evidence for a Sex-Segregated Migration in the Humpback Whale (*Megaptera novaeangliae*). *Proceedings of the Royal Society B*, 259: 229-234.
- Candolin, U., Nieminen, A., & Nyman, J. (2014). Efectos indirectos del cambio ambiental inducido por el hombre en la producción de crías mediada por respuestas conductuales. *Behavioral Ecology*, 174: 97-97.
- Carey, J.R. (1993). *Applied demography for biologist*. Oxford University Press, New York, New York, pp. 3-10.
- Cerdán-Gómez C. N. 2022. Predicción del tamaño poblacional de tursiones (*Tursiops truncatus*) en aguas costeras de Alvarado, Veracruz, México. (Tesis de Maestría). Instituto de Investigaciones Biológicas, Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz. 93 pp.
- Chávez-Martínez K. 2017. Interacción entre el tursión (*Tursiops truncatus*) y la pesca artesanal de Alvarado, Veracruz, en función de la captura, calidad nutricional y composición isotópica de la comunidad de peces. (Tesis de Maestría). Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. Ensenada, Baja California, México. 76 pp.
- Cunha, I., Freitas, L., Alves, F., Dinis, A., Ribeiro, C., Nicolau, C., Ferreira, R., Goncalves, J.A. & Formigo, N. (2017). Marine traffic and potential impacts towards cetaceans within the Madeira EEZ. *The Journal of Cetacean Research and Management*, 16: 17–28.
- Druskat, A., Ghosh, R., Castrillon, J. & Bengtson Nash, S.M. (2019). Sex ratios of migrating southern hemisphere humpback whales: A new sentinel parameter of ecosystem health. *Marine Environmental Research*, 151: 1-7.
- Engels, S., Schneider, N.L., Lefeldt, N., Hein, C.M., Zapka, M., Michalik, A., Elbers, D., Kittel & A., Mouritsen. (2014). Anthropogenic electromagnetic noise disrupts magnetic compass orientation in a migratory bird. *Nature*, 13290.

Escobar-Lazcano, M.J. (2015). Análisis de tendencias y vacíos en la investigación de mamíferos marinos en México durante el período 1998 al 2014 (Tesis de Licenciatura). Facultad de Biología, Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México. 65 pp.

Fruet, P.F., Kinas, P.G., Da Silva, K.G., Di Tullio, J.C., Monteiro, D.S., Dalla Rosa, L., Estima, S.C. & Secchi, E.R. (2012). Temporal trends in mortality and effects of by-catch on common bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, in southern Brazil. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 92(8): 1865–1876.

Fruet, P.F., Daura-Jorge, F.G., Möller, L.M., Genoves, R.C. & Secchi, E.R. (2015). Abundance and demography of bottlenose dolphins inhabiting a subtropical estuary in the Southwestern Atlantic Ocean. Journal of Mammalogy, 96(2): 332–343.

García R.L. (1995). Presencia de la tonina *Tursiops truncatus* (Montagu, 1821), en la zona de pesca de camarón de Alvarado, Ver., México (Cetacea: Delphinidae) (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México. 47 pp.

García-Aguilar, P. (2020). Uso de hábitat del tursión (*Tursiops truncatus*) en las aguas costeras de Alvarado, Veracruz. Facultad de Biología, Universidad Veracruzana (Tesis de Licenciatura). Facultad de Biología, Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México. 36 pp.

García-Hernández E. 2022. Estimación de la riqueza y biomasa íctica consumida por tursiones (*Tursiops truncatus*) en las aguas costeras de Alvarado, Veracruz, México. (Tesis de Licenciatura). Facultad de Biología Xalapa, Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México. 45 pp.

García-Ontiveros T. 2022. Evaluación del impacto económico de la interacción entre el tursión (*Tursiops truncatus*) y la pesca artesanal gallera en Alvarado, Veracruz. (Tesis de Maestría). Instituto de Investigaciones Biológicas, Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz. 68 pp.

García-Vital, M., Morteo, E., Martínez-Serrano, I., Delgado-Estrella, A., & Bazúa- Durán, C. (2015). Inter-individual association levels correlate to behavioral diversity in coastal bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) from the Southwestern Gulf of Mexico, Therya, 6(2): 337–350.

Guzmán-Vargas, E.C. (2015). Comparación de patrones de actividad de tursiones (*Tursiops truncatus*) en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano y las Aguas Costeras de Alvarado, Veracruz (Tesis de Licenciatura). Facultad de Biología, Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México. 53 pp.

Hartman, K.L., Fernandez, M., Wittich, A. & Azevedo, J.M. (2015). Sex differences in residency patterns of Risso's dolphins (*Grampus griseus*) in the Azores: Causes and management implications. Marine Mammal Science, 31(3): 1-15.

Huesca-Domínguez I., Morteo E., Abarca-Arenas L.G., Balmer B.C., Cox T. M., Delfín-Alfonso C.A., Hernández-Candelario I.C. (2024). Method selection affects the estimates of residency and site fidelity in bottlenose dolphins: Testing sensitivity and performance of different methods using mark-resight data. PeerJ 12:e18329. ISSN 2167-8359.

Hurtado-Mejorada O. 2021. Actividad vocal y contexto conductual de tursiones que interactúan con la pesca artesanal en Alvarado, Veracruz, México. (Tesis de Maestría). Instituto de Neuroetología, Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México. 69 pp.

La Fauci, D. (2017). Segregazione spaziale per classe d'età del delfino *Tursiops truncatus* Montagü, 1821 della costa centrale di Veracruz, Messico (Tesis de Maestría). Dipartimento Scienze della Vita e dell'Ambiente, Università Politecnica delle Marche. Ancona, Italia. 43 pp.

- Le Galliard, J.F., Fitze, P.S., Ferrière, R. & Clobert, J. (2005). Sex ratio bias, male aggression, and population collapse in lizards. *PNAS*, 102(50): 18231–18236.
- Lebreton, J.D., Burnham, K.P., Clobert, J. & Anderson, D.R. (1992). Modeling survival and testing biological hypotheses using marked animals: A unified approach with case studies. *Ecological Monographs*, 62: 67-118.
- Lusseau, D. (2005). Residency pattern of bottlenose dolphins *Tursiops* spp. in Milford Sound, New Zealand, is related to boat traffic. *Marine Ecology Progress Series*, 295: 265-272.
- Mendoza-Martínez J. (2019). Ontogenia de la dieta del tursión (*Tursiops truncatus*) en la costa central de Veracruz. (Tesis de licenciatura). Facultad de Biología, Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México. 37 pp.
- Medellín-Ortiz, B.N. (2012). Diferencias sexo-específicas en las áreas núcleo de la distribución de los delfines *Tursiops truncatus* frente al sistema lagunar de Alvarado, Golfo de México. Tesis de Maestría. Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías. Universidad Veracruzana. Boca del Río, Veracruz, México. 58pp.
- Morales-Rincon, N., Morteo, E. & Delfín-Alfonso, C. (2019). Influence of artisanal fisheries on the behavior and social structure of *Tursiops truncatus* in the Southwestern Gulf of Mexico. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 99(8):1841-1849.
- Morteo, E. (2011). Ecología social de delfines *Tursiops truncatus* en aguas costeras de Alvarado, Veracruz, México (Tesis de Doctorado). Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías, Universidad Veracruzana. Boca del Río, Veracruz, México. 129 pp.
- 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.
- Morteo, E., Rocha-Olivares, A. & Abarca-Arenas, L.G. (2014). Sexual segregation in coastal bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the south-western Gulf of Mexico. *Aquatic Mammals*, 40(4): 375-385.
- Morteo, E., Rocha-Olivares, A. & Abarca-Arenas, L.G. (2017). Abundance, residency and potential hazards for coastal bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) off a productive lagoon in the Gulf of Mexico. *Aquatic Mammals*, 43(3): 308-319.
- Morteo, E., Ramírez y Romero, T., Del Castillo-Olvera, V., Delfín-Alfonso, C., Bello-Pineda, J. & González-Christen, A. (2019). Ecología poblacional de delfines (*Tursiops truncatus*) en el corredor arrecifal del suroeste del Golfo de México. En: Granados-Barba, A., Ortiz-Lozano, L.D., González-Gándara, C. y Salas-Monreal, D. (eds.), *Estudios Científicos en el Corredor Arrecifal del Suroeste del Golfo de México*. Universidad Autónoma de Campeche, pp. 191-214.
- Ramírez-León, M.R., García-Aguilar, M.C., Aguayo-Lobo, A., Fuentes-Allen, I. & Sosa-Nashizaki, O. (2020). What do we know about cetaceans in the mexican waters of the Gulf of México? A review. *Aquatic Mammals*, 46(6): 623-632.
- Rechimont, M.E., Lara-Domínguez, A.L., Morteo, E., Martínez-Serrano, I. & Equihua M. (2018). Depredation by coastal bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the southwestern Gulf of Mexico in relation to fishing techniques. *Aquatic Mammals*, 44(5): 458-470.
- Richardson W.J. & Würsig, B. (1997). Influences of man-made noise and other human actions on cetacean behavior. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, 29: 183-209.
- Rivarola, M., Campagna, C. & Tagliorete, A. (2001). Demand-driven commercial whalewatching in Península Valdés (Patagonia): conservation implications for right whales. *Journal of Cetacean Research and Management*, 2: 141 – 151.

- Ruiz-Hernández, I.A. (2014). Desplazamientos de toninas (*Tursiops truncatus*) en la costa central de Veracruz, México (Tesis de Licenciatura). Facultad de Biología, Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México. 58 pp.
- Shryock, H.S. & Siegel, J.S. (1976). The Methods and Materials of Demography. Academic Press, San Diego, California, 577 pp.
- Skalski, J.R., Ryding, K.E. & Millspaugh, J.J. (2005). Wildlife Demography. Academic Press, San Diego, California, pp. 49-87.
- Steidl, R.J. & Powell, B.F. (2006). Assessing the Effects of Human Activities on Wildlife. The George Wright Forum, 23(2): 50-58.
- Stephens, P.A., Sutherland, W.J. & Freckleton, R.P. (1991) What is the Allee effect? *Oikos*, 87(1): 185-190.
- Székely, T., Weissing, F.J. & Komdeur, J. (2014). Adult sex ratio variation: implications for breeding system evolution. *The Journal of Evolutionary Biology*, 27: 1500-1512.
- Valle-Hernández V.A. 2023. Evaluación del estado de conservación de *Tursiops truncatus* en la costa central de Veracruz, México. (Tesis de Maestría). Instituto de Investigaciones Biológicas, Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz. 77 pp.
- Wong, B.M. & Candolin, U. (2014). Behavioral responses to changing environments. *Behavioral Ecology*, 00 (00):1-9.

**CAPÍTULO II**

**PROPORCIÓN SEXUAL EN LA POBLACIÓN DE TURSIONES**  
**(*Tusioøs truncatus*) EN ALVARADO, VERACRUZ**

## I. INTRODUCCIÓN

El dimorfismo sexual, entendido como las diferencias morfológicas entre machos y hembras de una misma especie, es común en organismos con reproducción sexual, particularmente entre mamíferos, aves y reptiles (Montagna y Sadler, 1973). Estas diferencias pueden ser evidentes, como en el caso del plumaje vistoso de los machos en muchas especies de aves, y suelen estar asociadas con presiones evolutivas derivadas de la selección sexual. Darwin propuso que, en especies con sistemas poligínicos, el dimorfismo sexual tiende a ser más pronunciado debido a la intensa competencia entre machos por el acceso a las hembras, lo que favorece el desarrollo de rasgos llamativos o de mayor tamaño corporal. Sin embargo, esta relación no siempre se cumple, y se han documentado excepciones a esta tendencia en diversos grupos taxonómicos (Payne, 1984; McElligott et al., 2001; Wells, 2007).

Se han propuesto dos explicaciones principales para el origen del dimorfismo sexual. Una de ellas es la selección sexual, que sugiere que estas diferencias morfológicas otorgan ventajas reproductivas a los individuos de mayor tamaño, ya sea en machos o en hembras. Por ejemplo, los machos de mayor tamaño tienden a tener más éxito en combates entre congéneres, lo que les proporciona mayores oportunidades para acceder a las hembras y reproducirse (Torricelli et al., 1993; Wey y Blumstein, 2012). En este contexto, algunos autores han señalado que la magnitud del dimorfismo sexual, particularmente en el tamaño corporal, está estrechamente relacionada con la intensidad de la competencia entre machos por el acceso a las hembras. En especies poligínicas, donde pocos machos monopolizan el apareamiento con varias hembras, es común que los machos evolucionen hacia un mayor tamaño corporal, lo cual representa una ventaja competitiva tanto en enfrentamientos físicos como en exhibiciones. En contraste, en especies donde la competencia entre machos es menor o el apareamiento es más equitativo, como en sistemas monogámicos, el dimorfismo sexual en tamaño tiende a ser menos pronunciado (Selander, 1972; Trivers, 1976; Clutton-Brock et al., 1977).

Mientras que, de acuerdo con la explicación ecológica del dimorfismo dice que estas diferencias se deben a la adaptación de los organismos a diferentes nichos ecológicos y a la competencia por recursos. En este sentido, el dimorfismo sexual puede cambiar en respuesta

a la fecundidad, selección sexual y la divergencia ecológica (Shine, 1989). También existen procesos biológicos que respaldan la explicación ecológica del dimorfismo sexual a través de la divergencia de nichos, ya que se ha demostrado que en especies que presentan caracteres dimórficos marcados, también se observan fuertes diferencias ecológicas entre sexos (Selander, 1966; Schoener, 1967; Clutton-Brock et al., 1982). Tal es el caso de las aves, en las que se ha observado que el dimorfismo es más pronunciado en ausencia de competidores interespecíficos. Por otro lado, en cangrejos, el dimorfismo sexual marcado se observa en especies que no utilizan las quelas para manipular alimentos de manera compleja (como captura de presas móviles), es decir, la reducción de capacidad de alimentación se ve compensada por la modificación de su comportamiento y morfología (Caravello y Cameron, 1987).

Entonces, las diferencias entre sexos a nivel ecológico se dan debido al tipo de interacciones que tienen con el ambiente. Además, la selección sexual también produce diferencias, es decir, la competencia por recursos es una fuerza que actúa sobre los sexos y hace que estas diferencias en coloración, tamaño y estructuras sean mayores o menores (Slatkin, 1984). Sin embargo, la conducta de machos y hembras es una característica que también cambia en relación con el ambiente.

Por lo anterior, se puede decir que el sexo es una característica de los seres vivos que influye en el comportamiento de muchas especies animales, debido a factores morfológicos, fisiológicos y ecológicos que interactúan para producir patrones de conducta específicos (Bernstein, 1978). Por ejemplo, ciertas especies de pájaros carpinteros muestran diferencias sexuales en el comportamiento alimentario, además de modificaciones morfológicas estructurales. La alimentación de los machos del pájaro carpintero de cresta roja (*Dendrocopos borealis*) se basa principalmente en las ramas de pinos, mientras que las hembras se alimentan casi exclusivamente en el tronco en una altura media. En contraste, los machos y las hembras de pájaro carpintero de Arizona (*Dendrocopos arizonae*) no tienen sitios exclusivos de alimentación y se les puede ver en muchas ocasiones comiendo en las mismas zonas; además, el pico de esta especie tiene una longitud mayor por las estrategias de alimentación que utiliza (Ligon, 1968).

En la conducta social, también existen diferencias, especialmente en primates que viven en sociedades muy estrechas. Se ha observado que los chimpancés machos (*Pan troglodytes*) pasan mayor tiempo en compañía a diferencia de las hembras, y se acicalan entre sí con mayor frecuencia y durante más tiempo (Lehmann y Boesch, 2008). De igual manera hay evidencia de diferencias sexuales en los patrones de residencia de diversas especies (Hartman et al., 2015), y se sabe que las hembras presentan un grado de residencia mayor que los machos, debido a diferentes requerimientos alimentarios, estrategias reproductivas y cuidado parental (Morteo et al., 2014; Hartman et al., 2015). En algunas especies migratorias de mamíferos, se puede observar que la proporción de sexos varía temporalmente con las condiciones ambientales, siendo comúnmente los machos quienes se desplazan con mayor frecuencia, mientras que las hembras permanecen en sitios de crianza donde el alimento es más abundante (Brown et al., 1995). Por ello, como se mencionó en el Capítulo I, los años con baja proporción de hembras suelen coincidir con la ocurrencia de eventos estocásticos; mientras que, la disposición óptima de recursos fomentar propiciar una proporción sexual más homogénea, favoreciendo la reproducción (Druskat et al., 2019).

## 2. ANTECEDENTES

### 2.1. DIFERENCIAS SEXUALES

En mamíferos marinos las diferencias sexuales se presentan dependiendo del orden taxonómico al que pertenecen las especies; sin embargo, uno de los caracteres sexuales dimórficos más llamativos es el tamaño, donde generalmente los machos son más grandes que las hembras (Rall y Mesnik, 2009). De manera específica, en odontocetos esta diferencia de tamaños se puede observar con claridad en especies como la orca (*Orcinus orca*), zifios (Fam. Ziphidae) y belugas (*Delphinapterus leucas*), donde el tamaño de los machos es mayor (Ngqulana et al., 2017).

En los tursiones (*Tursiops truncatus*) a pesar de que no existe una diferencia sexual marcada, se han reportado diferencias corporales entre machos y hembras (Ngqulana et al., 2017). Se ha establecido que en general ambos sexos presentan diferentes tasas de crecimiento; además, los machos son más robustos y suelen tener aletas ligeramente más

grandes que las hembras (Ralls y Mesnick, 2009). El uso diferencial de las aletas para propulsión, maniobras y termorregulación son factores que se han relacionado con la diferencia de tamaño entre sexos; por ejemplo, el cuerpo robusto de los machos refleja músculos de mayor tamaño que pueden aumentar la potencia al momento de nadar o el aumento en la fuerza de los golpes contra oponentes, lo que se traduce en mejores posibilidades de inhabilitar a la competencia y mayor éxito de “captura” de hembras (Connor et al., 1992; Tolley et al., 1995). Por ello, los tursiones macho en Sarasota, Florida, presentan cicatrices y marcas con mayor frecuencia en comparación con las hembras y sugiere que las agresiones entre machos en competencia por acceso a las hembras pueden ser importantes para la evolución del dimorfismo sexual en esta especie (Tolley et al., 1995).

Los delfines también presentan diferencias sexuales en su distribución, ámbito hogareño y uso de hábitat. Los tursiones del Indo-Pacífico (*Tursiops aduncus*) en Bunbury, Australia, presentan distinto uso de hábitat entre machos y hembras de manera estacional. En primavera y verano, ambos性os tienen diferencias en la preferencia de profundidad, las hembras adultas son observadas con mayor frecuencia entre los 7 – 15 m, mientras que los machos adultos en aguas más someras (5 – 8 m). Por otro lado, en otoño, no se muestran diferencias en el uso, ya que ambos性os son observados en profundidades entre 5 – 15 m. Esto podría deberse a la época de reproducción que se extiende durante el verano y otoño, siendo esta última la temporada con el pico de partos. Esto provoca que tanto machos como hembras se encuentren en aguas someras cercanas a la costa, además se pueden observar grupos de hembras que están fuertemente asociadas en grupos que funcionan como “guarderías” (Sprogis et al., 2018). De la misma manera, en otras zonas con tursiones se reporta la presencia de estos animales en zonas de poca profundidad, lo que indica la búsqueda de zonas de refugio como son los arrecifes para poder resguardarse tanto de depredadores, así como de vientos y otros eventos naturales (Hernández-Candelario et al., 2015; Escobar-Lazcano, 2019).

En este sentido, se ha observado que las poblaciones costeras de tursiones, en su mayoría, viven en sociedades fisión-fusión, que suelen estar estructuradas por sexo (Connor et al., 2001; Morteo et al., 2014; García-Vital et al., 2015; Sprogis et al., 2016). Por ello, las hembras forman “bandas” con otras hembras con estados reproductivos y ámbitos hogareños

similares, mientras que los machos forman “alianzas” como estrategia para tener acceso a hembras de forma cooperativa y así optimizar las oportunidades de apareamiento (Frere et al. 2010; Medellín, 2012; Morteo et al., 2014; Sprogis et al., 2016). En este sentido, los machos generalmente tienen un ámbito hogareño más amplio para maximizar las oportunidades de apareamiento con múltiples hembras y reducir la probabilidad de endogamia (Caballero et al., 2012; Sprogis et al., 2016).

## 2.2. PROPORCIÓN SEXUAL

De igual manera, la proporción de sexos influye en varios aspectos de la historia de vida de los individuos, y tiene un rol importante en la dinámica de la población, ya que los desequilibrios hacia cualquier sexo implican cambios en la estructura social y posibilitan reducciones en las tasas reproductivas, lo que puede resultar catastrófico para la viabilidad de las poblaciones (Le Galliard et al., 2005; Currey et al., 2008; Ancona et al., 2017).

En vida silvestre, los animales tienden a mostrar una proporción de sexos cercana al 1:1 (machos:hembras), esto debido a una selección a nivel individual, donde se espera que el éxito de ambos性es sea el mismo y que haya estabilidad en la población; sin embargo, esta proporción no siempre es estable, y el sexo más escaso o raro suele tener ventaja en el momento de acceder a recursos, principalmente reproductivos (Fisher, 1930; Krebs y Davies, 1993; Hardy, 1997).

Por lo anterior, el conocimiento acerca de la proporción de sexos es una manera de conocer las tendencias poblacionales. En estudios poblacionales de algunas especies de reptiles, los machos son más abundantes que las hembras, esto debido principalmente a una selección de hábitat diferenciado, a la biología reproductiva de la especie (temperatura determinante del sexo de las crías), y factores humanos como la cacería, migración, mortalidad y madurez sexual diferenciada (Lovich y Gibbons, 1990; Escobedo-Galván, 2008). La proporción de sexos en adultos de tortugas acuáticas de la especie *Malaclemys terrapin* también está sesgada hacia lo machos (1.8:1) y se estima que esta desigualdad se da por el tiempo en que cada sexo llega a la etapa de madurez, ya que los machos maduran alrededor de los tres años, mientras que las hembras lo hacen a los seis. Por lo anterior, puede

inferirse que el sexo que tiene una madurez sexual temprana predomina en la población (Lovich y Gibbons, 1990).

Sin embargo, de manera general, los vertebrados poligínicos que presentan una proporción de sexos en adulto (PSA) sesgada hacia las hembras son más comunes, y se reporta que un cambio en la dinámica de la PSA puede tener consecuencias en la conducta individual de los organismos; es decir, un aumento en la cantidad de machos en una población podría implicar un aumento en el nivel de agresión de estos hacia las hembras, lo que provocaría que estas disminuyan en número, ya sea por la mortalidad o por migración (Le Galliard et al., 2005; Székely et al., 2014).

Por otro lado, según Berger y Gompper (1999) existen cinco explicaciones para la variación en la PSA en mamíferos; sin embargo, en este proceso de variación se deben considerar las diferentes etapas de vida de los individuos; 1) Distribución de recursos de forma diferencial por parte de la madre, favoreciendo al sexo más común; 2) Tasa de crecimiento mayor en los machos, lo cual tiene una correlación directa con la mortalidad; 3) Patrones de migración, en el que el sexo que tiende a moverse de sitio presenta mayor tasa de mortalidad; 4) Aumento de la reserva de grasa en hembras, lo que disminuye la mortalidad relacionada con desnutrición y 5) Competencia intersexual entre machos, lo que aumenta la tasa de mortalidad (op. cit.).

En estudios que implican modelos teóricos de la proporción de sexos para primates se ha observado que los datos conductuales a largo plazo son de suma importancia, ya que proveen detalles sobre la variación de la PSA; además, se sabe que esta última tiene implicaciones sobre los roles sexuales y viceversa (Kappeler, 2017). En otras especies, se han utilizado los análisis de proporción de sexos en diferentes edades; por ejemplo, en el elefante asiático (*Elephas maximus*), cuyo estudio indica que entre las proporciones de sexos se sesgan temporalmente hacia las hembras (1:2.2) a causa del aumento de la caza furtiva (Williams, 2004).

Por otro lado, en cetáceos, específicamente en ballenas jorobadas (*Megaptera novaeangliae*) la PSA está sesgada a las hembras como resultado del uso de hábitat de la población. Por ejemplo, las hembras adultas ocupan un área más extensa y durante un mes

del año, las hembras embarazadas y las hembras adultas (no embarazadas) interactúan en la misma área; de este modo, para finales de año, las hembras con crías del año y crías de mayor edad también se encuentran en la misma zona. Por lo anterior, la maternidad y la filopatría pueden ser factores que influyen en el sesgo de la proporción de sexos en un área determinada (Franklin et al., 2018). De igual manera, la proporción de sexos en la población brasileña de ballena franca austral (*Eubalaena australis*) se calculó en 1:2; sin embargo, esta proporción no fue estadísticamente diferente a la proporción esperada de 1:1, además, las hembras presentan fidelidad al sitio, ya que se ha observado que regresan después del parto (De Oliveira et al., 2009).

Para el caso de odontocetos, la proporción de sexos en tursiones del Indo-Pacífico (*Tursiops aduncus*) de la isla Mikura en Japón, no presenta diferencias interanuales; sin embargo, la población se inclinó significativamente hacia los machos subadultos, siendo la más sesgada hacia los machos (1:0.3); mientras que en la etapa adulta predominaron las hembras, con una proporción 1:3.3 en el mismo año. Lo anterior sugiere una disminución en el número de machos en la edad adulta debido, probablemente, a una mayor mortalidad tanto en jóvenes como adultos, o a la migración hacia otras islas cercanas (Kogi et al., 2004), por lo que es posible que la supervivencia esté relacionada con la proporción de sexos sesgada hacia las hembras adultas (Fruet et al., 2015). Asimismo, en esta especie se reporta segregación sexual en la dinámica poblacional que controla el tamaño de grupo y la proporción de sexos, la cual está representada principalmente por hembras (Galezo et al., 2017).

La población de tursiones en Dusky Sound, Nueva Zelanda presenta una proporción de 1 macho por cada 1.3 hembras; sin diferencias significativas de la unitaria, por lo que, a pesar de estar ligeramente sesgada hacia las hembras, no se estimó un riesgo de disminución en la tasa de reproducción, o de cambios en la estructura social (Currey et al., 2008). En otras especies de delfines como el delfín moteado del Atlántico (*Stenella fontalis*), se observó que la proporción sexual a lo largo de diez años de estudio es muy similar entre machos y hembras, aunque con pequeñas diferencias entre clases de edad. Por ejemplo, la proporción de sexos general en adultos fue de 0.97:1, mientras que en individuos jóvenes es de 1.6:1 (Herzing, 1997). En dicho estudio se observó como la proporción entre sexos durante la etapa

joven o subadulta está sesgada hacia los machos; sin embargo, en la etapa adulta esta proporción se vuelve similar, debido a la migración y mayor mortalidad de machos en la etapa juvenil (Wells et al., 1987).

Los tursiones que habitan las aguas costeras de Alvarado, en Veracruz, presentan una población abierta, con un núcleo de animales residentes relativamente estable (Morteo et al., 2017; Bolaños-Jiménez et al., 2021), conformado principalmente por hembras; esto implica que la población está sujeta a segregación sexual (Morteo et al., 2014). Sin embargo, el área presenta pulsos migratorios que suelen corresponder con las temporadas climáticas de la zona (Morteo et al., 2014; Morteo et al., 2017; Bolaños-Jiménez et al., 2021), lo que produce cambios temporales en su abundancia y estructura social, y potencialmente modifican la proporción sexual de la población de tursiones.

### **3. HIPÓTESIS**

Las condiciones ambientales (*i.e.*, Salinidad, Temperatura, y nutrientes) varían entre temporadas climáticas (*i.e.*, Secas, Lluvias y Nortes) y estas provocan cambios en los procesos ecológicos de la zona; entonces, la proporción de sexos en la población de tursiones variará significativamente entre temporadas debido a las diferencias en las estrategias de vida y los requerimientos energéticos de machos y hembras de la especie, siendo mayor la proporción de hembras durante la temporada de lluvias debido a la disponibilidad de recursos alimenticios idóneos para la crianza.

### **4. OBJETIVOS**

#### **4.1 GENERAL**

Evaluar las diferencias temporales en la proporción sexual de la población de tursiones adultos de Alvarado, Veracruz.

#### **4.2 PARTICULARES**

- 1) Identificar el sexo de los tursiones adultos mediante la técnica de foto identificación.

- 2) Estimar y comprar la proporción sexual de los tursiones adultos entre temporadas climáticas y años de estudio.
- 3) Determinar desviaciones de la proporción sexual unitaria a lo largo del tiempo.

## 5. MÉTODO

### 5.1 ÁREA DE ESTUDIO

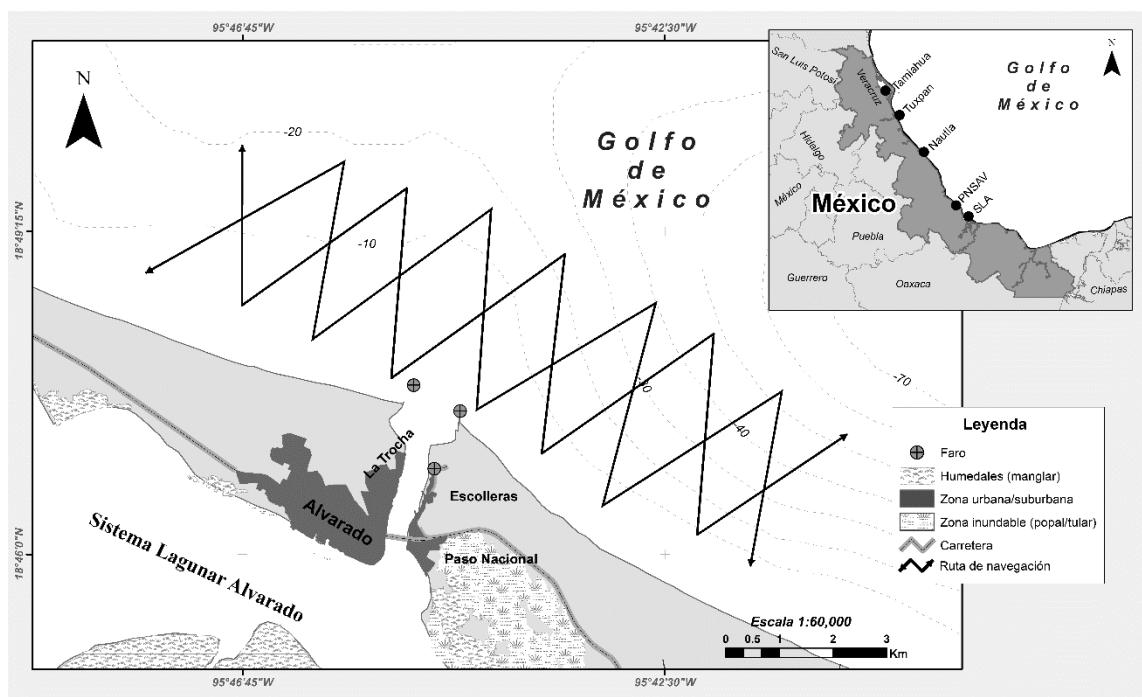
El presente estudio se llevó a cabo en las aguas costeras frente a la localidad de Alvarado, Veracruz, México (18.79645 N, -95.74549 O; Figura 1). Esta región comprende un entorno marino abierto y poco profundo (profundidad <20 m) y está influenciada significativamente por la descarga de agua dulce de tres ríos principales: La Antigua, Jamapa y Papaloapan, los cuales en conjunto aportan aproximadamente 40 millones de m<sup>3</sup> de agua por día a las costas de la región (Morán-Silva et al., 2005; García-Vital et al., 2015). Estas aportaciones fluviales generan condiciones oceanográficas dinámicas que afectan particularmente la salinidad, temperatura y concentración de nutrientes a lo largo del año.

El clima local se clasifica como cálido-húmedo, con tres estaciones bien definidas: la temporada de “Nortes” (noviembre a febrero), caracterizada por fuertes vientos del norte; la temporada de Secas (marzo a junio); y la temporada de Lluvias (julio a octubre). Estos cambios estacionales provocan fluctuaciones significativas en los parámetros físicos y biogeoquímicos, lo cual, a su vez, influye en la dinámica ecológica de la región. Como resultado, el área sostiene una gran diversidad de especies con variados roles ecológicos y alto valor comercial (Morán-Silva et al., 2005; Morteo et al., 2014).

El complejo lagunar-estuarino de Alvarado incluye extensas áreas de mangle negro (*Avicennia germinans*), rojo (*Rhizophora mangle*) y blanco (*Laguncularia racemosa*). Estos hábitats son ecológicamente críticos, ya que funcionan como zonas de crianza y soporte para los ciclos de vida de numerosas especies de peces, crustáceos y moluscos con valor significativo para la pesca artesanal e industrial (CONABIO, 2009).

La pesca artesanal es la actividad económica predominante en la región. Los pescadores suelen operar en embarcaciones pequeñas (<7 m) de fibra de vidrio, impulsadas

por motores fuera de borda de 40 – 60 hp. La pesca emplea una amplia variedad de artes, incluyendo redes agalleras, líneas de mano y palangres (Morales-Rincon et al., 2019). Las especies más frecuentemente capturadas incluyen: lisa (*Mugil curema*), jurele (*Caranx hippos*), róbalo (*Centropomus parallelus*) y macarelas (*Gerres cinereus*, *Scomberomorus regalis*) (Rechimont et al., 2018; Morales-Rincon et al., 2019; Chávez-Martínez et al., 2022). Estas actividades pesqueras se superponen espacial y temporalmente con hábitats críticos para los mamíferos marinos, especialmente el delfín nariz de botella, lo que genera un potencial de interacción y conflicto antrópico.



**Figura 1.** Localización del área de estudio frente al sistema lagunar de Alvarado (SLA) y ruta de navegaciones para foto-identificación de aletas dorsales de tursiones. Las líneas discontinuas muestran las isobatas (m).

## 5.2. TRABAJO DE CAMPO

Se utilizaron los datos colectados entre los años 2002 – 2003, 2006 – 2010 y 2015 – 2023 por el Laboratorio de Mamíferos Marinos (LabMMar) del Instituto de Investigaciones Biológicas (IIB) y el Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías (ICIMAP) de la Universidad Veracruzana (UV). Los recorridos fueron a bordo de una embarcación de 7 m de eslora con motor fuera de borda a velocidad constante ( $18.5 \text{ km h}^{-1}$ ) bajo condiciones del mar menores

a Beaufort 3 (velocidad del viento  $<15$  km  $h^{-1}$ ), comenzando en la boca de la laguna de Alvarado hasta cubrir toda la zona de estudio (18 km de ancho, 4 km mar adentro) (Morteo, 2011). Las navegaciones se hicieron en forma de transectos lineales en zig-zag localizados entre la costa y la isobata de 20 m (Figura 1).

Ante los avistamientos de tursiones, se registraron datos de comportamiento utilizando métodos de muestreo *ad libitum* (Altmann, 1974; Lehner, 1992). El comportamiento fue categorizado de acuerdo con un etograma desarrollado específicamente para esta población (Morales-Rincon et al., 2019) (Tabla 1). Los comportamientos observados se registraron en dos formas: 1) Comportamiento predominante – clasificado jerárquicamente es decir, del más al menos observado, en función de la duración y proporción de miembros del grupo que lo ejecutaban; y 2) Secuencial – registrada en el orden temporal en que ocurrieron los diferentes comportamientos (Guzmán-Vargas, 2015).

Debido a que los eventos de fisión grupal fueron comunes debido a los grandes tamaños de grupo; las observaciones conductuales continuaron solo para el subgrupo que contenía a la mayoría de los individuos (es decir,  $>50\%$ ) para mantener la consistencia y reducir el sesgo de muestreo (Altmann, 1974; Hurtado-Mejorada, 2021).

**Tabla 1.** Etograma de la población de delfines que habitan las aguas costeras de Alvarado, Ver. (Basado en Guzmán-Vargas, 2015 y Morales-Rincón et al. 2019).

Actividad	Abreviatura	Descripción
Evasión	EVA	Los individuos son observados cambiando de dirección, alejándose del área y sumergiéndose por largos períodos (Morteo et al., 2014; Guzmán-Vargas, 2015).
Interacción con embarcación	ICE	Incluye nadar a ambos lados de la embarcación y montar la ola de proa, así como acercamientos voluntarios (es decir, nado cercano directamente hacia la embarcación) (Guzmán-Vargas, 2015).
Social	SOC	Caracterizado por toques y fricción entre individuos; esto incluye contactos sexuales, agresión, juego, cuidado parental y exhibiciones aéreas (cuando no están relacionadas con la alimentación) (Stockin et al., 2009).
Descanso	DES	Se observan bajos niveles de actividad, los individuos realizan movimientos lentos, a veces flotando inmóviles en la superficie (Stockin et al., 2009; Degrati et al., 2012).

Desplazamiento	DSP	Movimiento continuo del grupo con una dirección y velocidad determinada. Esta actividad puede realizarse en cualquier momento, incluso interrumpiendo otros comportamientos (Stockin et al., 2009; Degrati et al., 2012; Morteo et al., 2014)
Alimentación	ALI	Esta actividad implica la búsqueda, persecución y captura de alimento, generalmente en grupos sincronizados. Se observa a los individuos en búsqueda activa y repetida dentro de un área determinada, realizando movimientos que implican cambios en la velocidad, dirección, patrones de inmersión y actividad aérea. Esto también puede ocurrir al acercarse a embarcaciones y equipos de pesca (Guzmán-Vargas, 2015; Morales-Rincon et al., 2019).
Vago	VAG	Movimientos a baja velocidad con cambios frecuentes de dirección. Además, permanecen cerca de la superficie (Stockin et al., 2009; Degrati et al., 2012).
No determinado	ND	Cualquier comportamiento que no encaje en las categorías anteriores o que sea demasiado vago para ser determinado debido a su duración o dificultad de observación (Guzmán-Vargas, 2015).

## 5.3 ANÁLISIS DE DATOS

### 5.3.1 FOTO-IDENTIFICACIÓN

Con las imágenes obtenidas en las navegaciones se identificó a cada individuo fotografiado entre 2002 y 2023 utilizando las marcas de las aletas dorsales siguiendo los procedimientos estándar del LabMMar, los cuales involucran la selección del material de acuerdo con su calidad fotográfica, así como la clasificación de los individuos por medio de comparaciones visuales (SDRP, 2005). Para evitar sesgos, todas las aletas que cuyas marcas no fueran conspicuas o carecieran de estas, se descartaron para identificación individual y son excluidas del análisis de marcaje-recaptura (Urian et al., 2015).

La foto-identificación de las imágenes del periodo entre 2006 y 2016, se realizó de manera tradicional y se usaron los datos generados en estudios anteriores (*e.g.*, Del Castillo, 2010; Morteo et al., 2014; Bolaños-Jiménez et al., 2021). Estos fueron revisados y en algunos casos corregidos, para compararlos con las fotografías tomadas entre 2016 – 2023. Para estas últimas se usó la aplicación FinFindR (Thompson et al., 2019) que utiliza el lenguaje de programación R (R Core Team, 2021). Dicha herramienta utiliza un algoritmo de visión por computadora para localizar y aislar las aletas dorsales, utilizando su contorno para después

compararlo con otras aletas mediante aprendizaje de máquina (*machine learning*) e identificar a los individuos similares por medio de combinaciones múltiples en un arreglo multidimensional de las características de la aleta. Una vez identificados los empates, el programa lista todas las coincidencias posibles en orden descendente y posteriormente, se eligen manualmente las imágenes del mismo individuo entre las coincidencias encontradas (Blount et al., 2019). Como estándar, se utilizaron las primeras 50 imágenes del programa, ya que, de existir previamente en el catálogo, la probabilidad empírica de que el individuo identificado se encuentre en dicha lista es del 97% (Thompson et al., 2019).

Para asegurar que las fluctuaciones en los análisis no fueran resultado de un error o deficiencia en el proceso de foto-identificación se realizó un análisis en la eficiencia fotográfica (EF) (calculado al dividir el número de fotos con alta calidad que se tomaron en campo entre el número de fotos totales), así como de la eficiencia de individualización (EI) (número total de individuos identificados entre el número total de individuos observados durante un encuentro), los resultados se compararon utilizando la prueba Kruskal-Wallis (K-W) para conocer si existe diferencia de la EF y EI entre las temporadas donde existe información disponible.

### **5.3.2 SEXADO**

Las hembras fueron identificadas por dos métodos principales: 1) directamente, mediante la observación de la zona genital durante los muestreos y, siempre que fue posible, confirmado con material fotográfico (Rogers et al., 2004; Morteo et al., 2014; Bolaños-Jiménez et al., 2021); 2) indirectamente, cuando los individuos estaban regularmente asociados con crías o juveniles (Gero et al., 2005; Morteo et al., 2014), utilizando únicamente grupos de una sola cría para evitar confusiones con posibles madres sustitutas (Morteo et al., 2014; Aguilar-Badillo, 2019; Bolaños-Jiménez et al., 2021). Los machos fueron identificados directamente o definidos como individuos que nunca se asociaron con crías o jóvenes y que exhibieron comportamiento sincronizado con otro individuo no previamente clasificado como hembra (Connor et al., 2000; Morteo et al., 2014; Bolaños-Jiménez et al., 2021).

### 5.3.3 PROPORCIÓN SEXUAL

Una vez identificados y sexados los individuos adultos, se usó el modelo Cormack-Jolly-Seber (CJS) en el programa MARK para generar estimaciones de sobrevivencia ( $\Phi$ ), abundancia ( $N$ ), capturabilidad ( $p$ ) y probabilidad de entrada de hembras y machos (Ancona et al., 2017; Bolaños-Jiménez et al., 2021). Para el conjunto de datos de 2006 – 2010, Bolaños-Jiménez et al. (2021) utilizaron la parametrización POPAN del modelo Jolly-Seber en MARK, ya que esta toma en cuenta a los individuos residentes y transitorios, propios de una población abierta. Por otro lado, para obtener la abundancia de machos y hembras en los períodos 2016 – 2020 y 2022 – 2023 se utilizaron dos programas, MARK siguiendo el método de Bolaños-Jiménez (2021); y el programa SocProg versión 2.7, ambos utilizando también el modelo Jolly-Saber. Para ambos casos, se analizó la bondad de ajuste de los modelos para todos los conjuntos de datos en el programa U-CARE versión 3.3 (Choquet et al., 2009).

Se debe tomar en cuenta que a pesar de usar datos 2002 – 2003, 2006 – 2010, 2016 – 2020, y 2022 – 2023, estos se analizaron por temporada climática; por lo tanto, existen años que están agrupados y parecen no estar considerados; por ejemplo, existe registro de nueve individuos el día 27/01/2020, en este caso estos avistamientos son considerados como parte de la temporada de Nortes de 2019, ya que la temporada se toma en cuenta desde noviembre de 2019 a febrero de 2020. Por otro lado, cuando se analizan datos usando métodos de captura/re-captura con modelos como POPAN, tanto el primer, como el último dato de muestro se eliminan; en este caso, la temporada de Secas de 2006 quedó eliminada, mientras que Lluvias del mismo año se eliminó por problemas de identificabilidad.

Una vez obtenido el tamaño poblacional por sexo ( $N$ ) y la probabilidad de captura por sexo ( $p$ ), se usó la Ecuación 1 para calcular la proporción de sexos en adultos (PSA) (Ancona et al., 2017):

$$PSA = \frac{N_{machos}/p_{machos}}{N_{machos}/p_{hembras} + N_{hembras}/p_{hembras}} \quad (1)$$

Para saber si existían diferencias de la proporción sexual entre machos:hembras y temporadas climáticas, se utilizó una ANOVA de dos vías. Por otro lado, para conocer si la PSA obtenida difiere de la PSA 1:1 se usó una prueba de  $\chi^2$ .

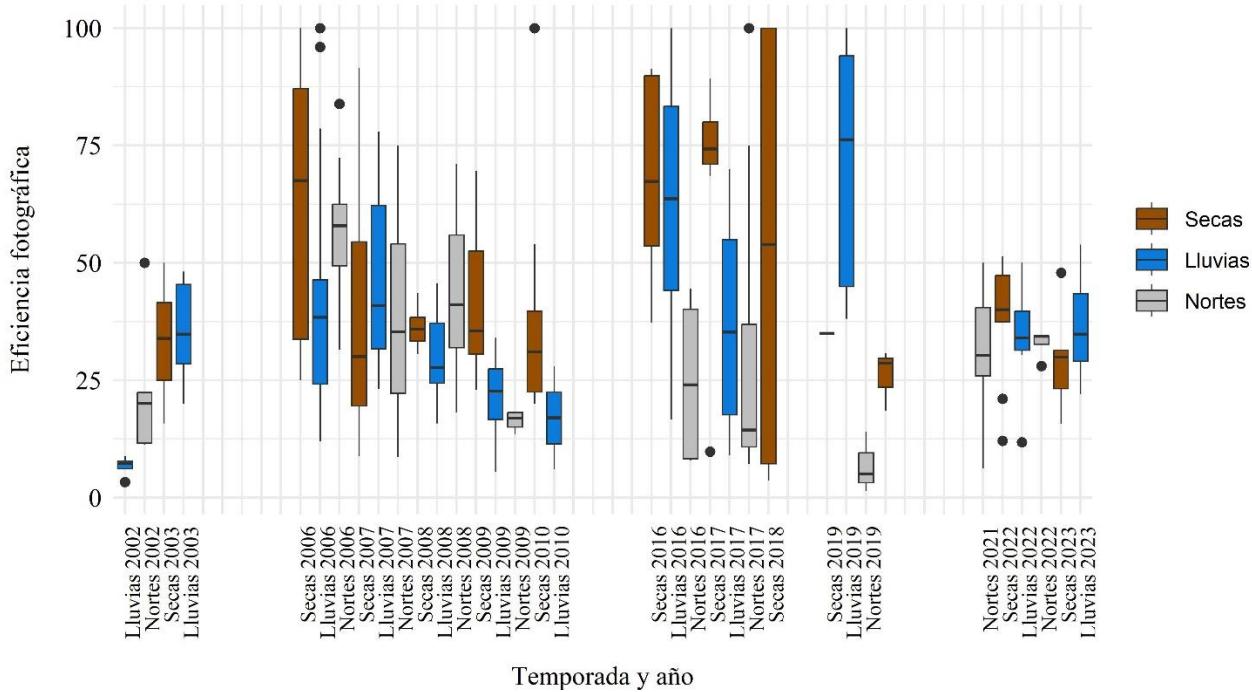
#### **5.3.4 EFICIENCIA FOTOGRÁFICA Y EFICIENCIA DE INDIVIDUALIZACIÓN**

Para medir la eficiencia del proceso de foto-identificación, analizamos la eficiencia fotográfica dividiendo el número de fotografías útiles entre el número total de fotografías tomadas durante un encuentro (Del Castillo, 2010; Morteo et al., 2012b). Asimismo, se empleó la tasa de individualización para medir la pérdida de información debida al uso de fotografías, dividiendo el número total de individuos identificados entre el número total de individuos adultos observados durante un encuentro (Hammond y Mizroch, 1990; Del Castillo, 2010). Estos datos se compararon para encontrar diferencias a lo largo del estudio mediante la prueba de Kruskal-Wallis (K-W).

## **6. RESULTADOS**

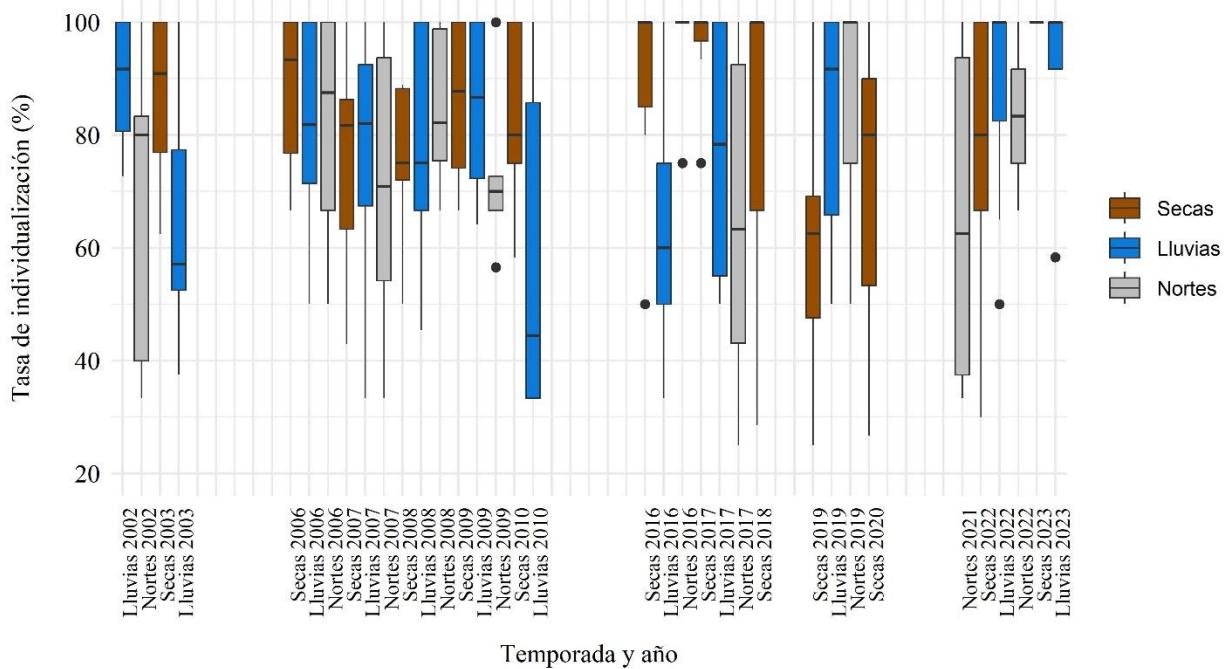
Durante el período 2002 – 2023, se realizaron 143 muestreos en los que se obtuvieron datos fotográficos para la identificación individual de los tursiones de la zona. Entre 2002 – 2003 y 2006 – 2010 se compararon visualmente 10,979 imágenes de aletas dorsales. Para los períodos posteriores (2016 – 2020 y 2022 – 2023) se usaron 5,196 imágenes analizadas con FinFindR, y la identidad se confirmó visualmente utilizando el catálogo de identificación previo del LabMMar.

La eficiencia fotográfica promedio fue del 40.73% ( $\pm 23.60\%$  DE), con un rango de 1.4 a 100%. Se encontraron diferencias significativas por temporada y año ( $H_{(34)} = 110.26, p < 0.001$ ), sin un patrón específico. La menor eficiencia se observó durante la temporada de Nortes de 2019 y la temporada de Lluvias de 2022, mientras que la mayor eficiencia se registró en la temporada de Lluvias de 2019 (Figura 2).



**Figura 2.** Medianas, cuartiles y dispersión de la eficiencia fotográfica de imágenes de aletas dorsales de delfines nariz de botella en el suroeste del Golfo de México entre 2002 y 2023.

La tasa de individualización general promedio fue del 80.31% ( $\pm 20.10$  DE) a lo largo del estudio. Las comparaciones múltiples revelaron diferencias temporales significativas ( $H_{(34)} = 51.01$ ,  $p = 0.031$ ). En general, no se identificó un patrón específico. Las comparaciones múltiples revelaron que estas diferencias estuvieron principalmente asociadas a contrastes entre ciertos años dentro de la temporada de Lluvias. En particular, se observaron diferencias significativas entre Lluvias 2002 y Lluvias 2003 ( $p = 0.024$ ), así como entre Lluvias 2003 y Lluvias 2006 ( $p = 0.016$ ). Esta variación posiblemente es debida a la curva de aprendizaje que es normal durante el primer periodo de muestreo (Figura 3).



**Figura 3.** Medianas, cuartiles y dispersión de las tasas de individualización de imágenes de aletas dorsales de delfines nariz de botella en el suroeste del golfo de México entre 2002 y 2023.

Con los datos del periodo 2006 – 2010 se calculó la abundancia y capturabilidad por sexo, así como los límites inferiores y superiores de los intervalos de confianza (95%). Con el fin de reducir el sesgo por historias de captura poco representadas en la muestra (*i.e.*, “trap shy”), para el análisis no se tomaron en cuenta a los animales transitorios (*i.e.*, con un solo registro), así como su último registro (*i.e.*, con una sola recaptura). En total se analizaron 11 temporadas climáticas y el modelo con mejor ajuste ( $AICc = 1810.9$ ; ponderación  $AICc = 0.83$ ) indicó que la supervivencia ( $\Phi$ ) fue constante en el tiempo ( $t$ ); sin embargo, presentó diferencias entre sexos ( $g$ ). Además, la probabilidad de captura ( $p$ ) y reclutamiento ( $pent$ ) variaron en el tiempo y entre sexos (modelo  $\Phi(g), p(g*t) pent(g*t)$ ; Tabla 2).

**Tabla 2.** Modelos para el análisis de poblacional de los tursiones del Alvarado, Veracruz, para el periodo de 2006 – 2010. El modelo 1 fue considerado el modelo con mejor ajuste.

Modelo	AICc	Delta	Ponderación	Verosimilitud	Nº de	Devianza	-2log(L)
		AICc	AICc		parámetros		
1 {Phi(g) p(g*t) pent(g*t)}	1810.9	0.0	0.83	1.00	87	544.3	1616.5
2 {Phi(.) p(g*t) pent(g*t)}	1814.7	3.8	0.13	0.15	85	553.1	1625.2
3 {Phi(t) p(g*t) pent(g*t)}	1816.9	6.0	0.04	0.05	84	557.8	1629.9
4 {Phi(g) p(t) pent(g*t)}	1977.7	166.8	0.00	0.00	59	778.4	1850.6
5 {Phi(g*t) p(t) pent(g*t)}	1986.2	175.2	0.00	0.00	81	734.4	1806.6
6 {Phi(t) p(t) pent(g*t)}	2035.1	224.2	0.00	0.00	60	833.5	1905.7
7 {Phi(.) p(t) pent(g*t)}	2049.5	238.6	0.00	0.00	57	854.8	1927.0
8 {Phi(g*t) p(g) pent(g*t)}	2055.6	244.7	0.00	0.00	83	798.9	1871.1
9 {Phi(t) p(g) pent(g*t)}	2057.4	246.5	0.00	0.00	58	860.4	1932.6
10 {Phi(g) p(g) pent(g*t)}	2088.3	274.0	0.00	0.00	48	914.2	1986.4

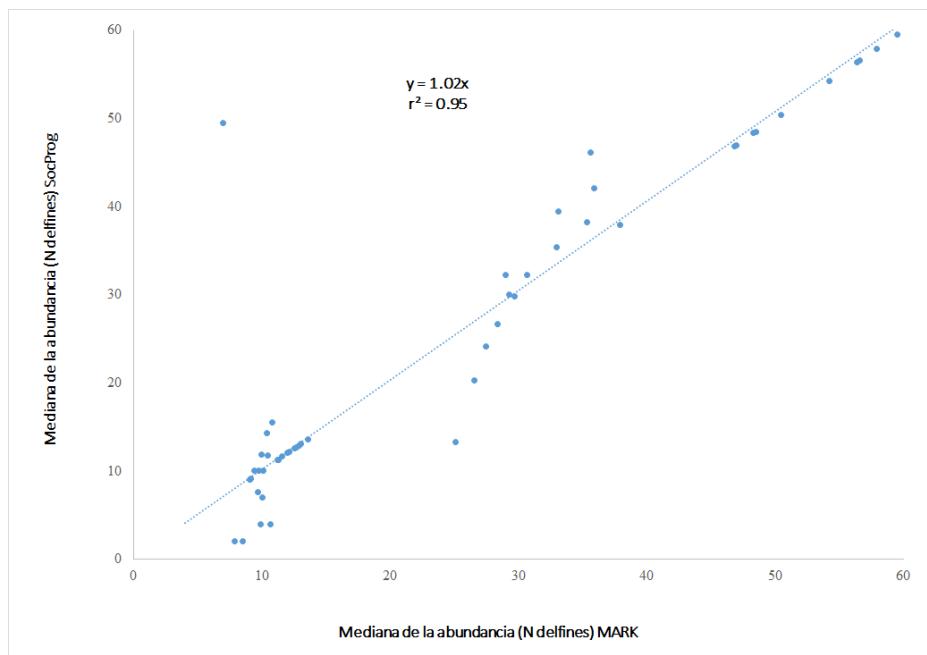
Por otro lado, el cálculo de los parámetros poblacionales para los periodos de 2016 – 2020 y 2022 – 2023, tuvieron problemas de convergencia, dado el incumplimiento de alguno de los supuestos de los modelos. En el caso de MARK, se hicieron dos corridas diferentes; la primera con el periodo 2016 – 2020 (pre-pandemia), donde el modelo con mejor ajuste fue tuvo supervivencia fija y tanto capturabilidad como probabilidad de entrada variable en el tiempo (*Phi(.) p(t) pent(t)*, AICc = 1675.5; ponderación AICc = 1.000) (Tabla 3). Para el periodo 2022 – 2023 (post pandemia) el mejor modelo fue exactamente el mismo (*Phi(.) p(t) pent(t)* (AICc = 424.54), pero hubo problemas al calcular los errores estándar para el grupo de machos.

**Tabla 3.** Modelos para el análisis de poblacional de los tursiones del Alvarado, Veracruz, para el periodo de 20016 – 2020. El modelo 1 fue considerado el modelo con mejor ajuste.

Model	AICc	Delta AICc	Ponderación AICc	Verosimilitud		Nº de parámetros	Devianza	-2log(L)
				del modelo				
1 {Phi(.) p(t) pent(t)}	1675.555	0.0000	0.9678	1.0000		63.0000	-76.6150	1533.957
2 {Phi(t) p(t) pent(t)}	1682.358	6.8000	0.0322	0.0333		72.0000	-92.9070	1517.6654
3 {Phi(t) p(.) pent(t)}	1822.121	146.5700	0.0000	0.0000		60.0000	77.4710	1688.0437
4 {Phi(.) p(.) pent(t)}	1823.839	148.2800	0.0000	0.0000		36.0000	136.3700	1746.9423

Dado lo anterior, los datos se analizaron de nuevo usando el modelo Jolly-Seber, pero esta vez en el programa en SocProg 2.7, ya que suele ser más robusto ante errores numéricos. Este análisis calcula la abundancia por fecha de observación, por lo que los datos fueron agrupados para obtener la mediana por temporada climática.

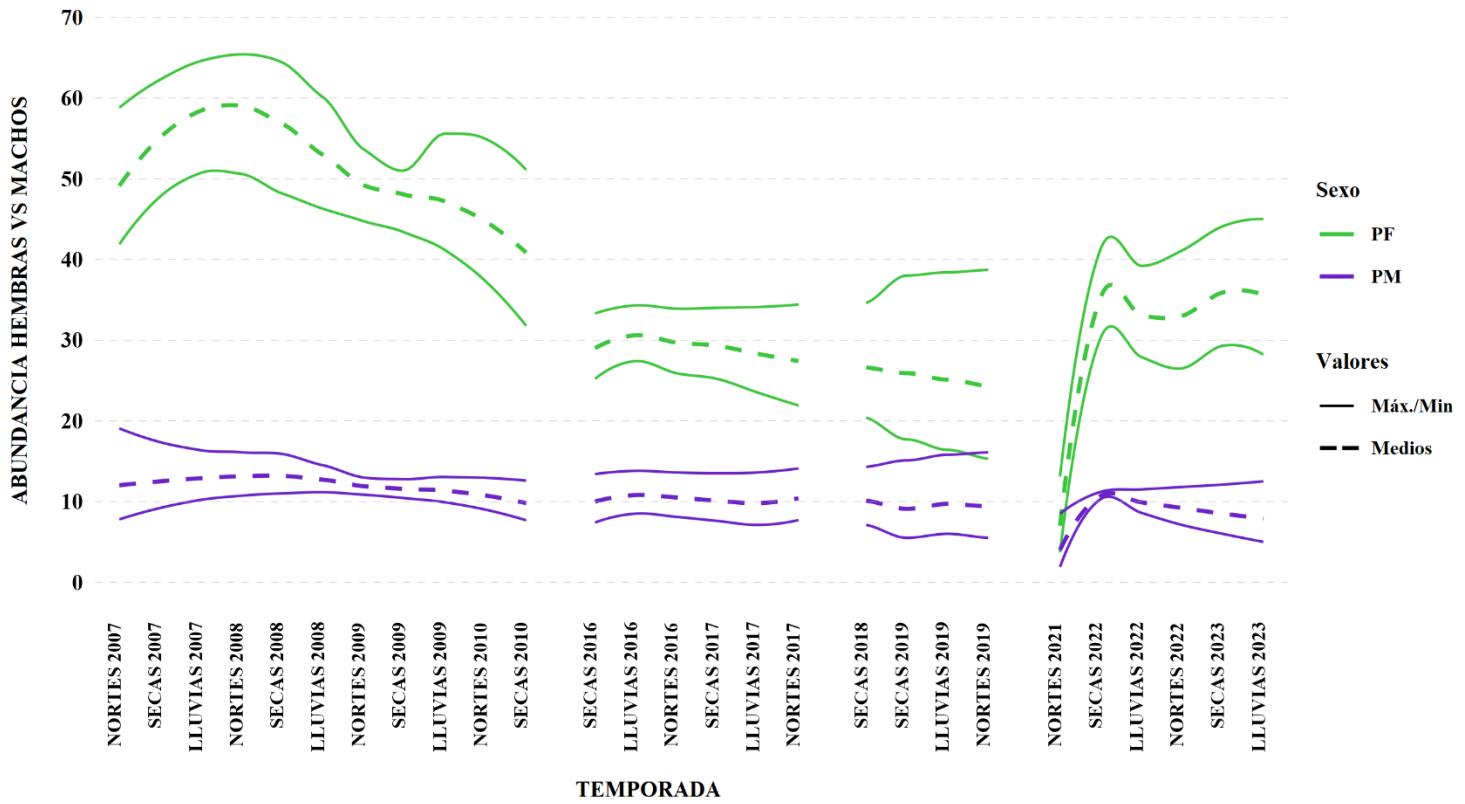
Para verificar la consistencia de los resultados, se realizó un análisis de correlación simple entre las salidas de ambos programas (MARK y SocProg), siendo altamente significativa ( $p < 0.05$ ), por lo que ambos conjuntos de datos son equiparables (Figura 4).



**Figura 4.** Análisis de correlación de las medianas de la abundancia absoluta calculados en MARK y Socprog para la población de tursiones foto-identificados en las aguas costeras de Alvarado, Veracruz, entre 2016 y 2023.

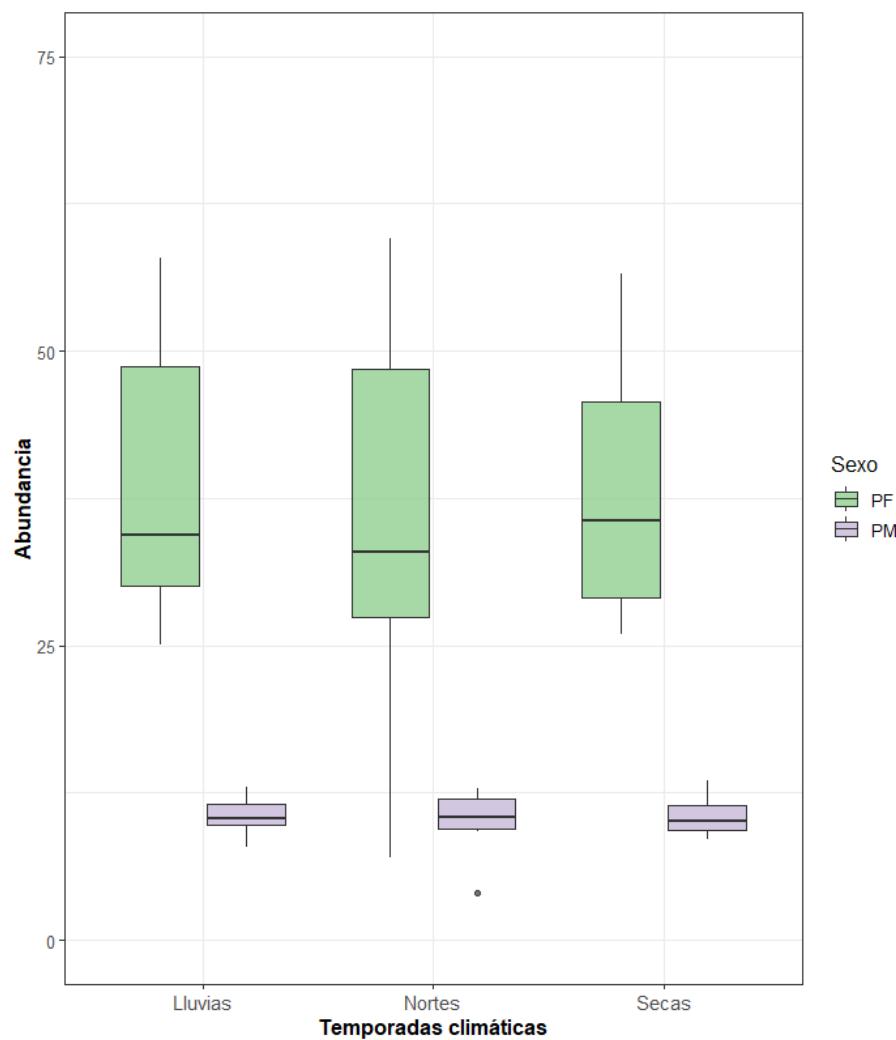
## **6.1. Abundancia**

De manera general, en las 27 temporadas analizadas en el periodo de estudio (2006 – 2023) la abundancia ( $N$ ) promedio para los individuos sexados fue de 48 animales (IC 95%: 39 – 60). De manera específica para las hembras, la abundancia promedio fue de 38 individuos (IC 95%: 32 – 45); mientras que para los machos fue de 10 individuos (IC 95%: 8 – 14). Por otro lado, analizando los datos de manera temporal, se observó que en la temporada de Nortes las hembras tienen una abundancia total de 36 individuos (IC 95%: 29 – 46); los machos en esta temporada presentan una abundancia de 10 individuos (IC 95%: 7 – 14). En temporada de Secas las hembras tienen una abundancia de 38 individuos (IC 95%: 32 – 45) y la abundancia de los machos de 11 individuos (IC 95%: 8 – 14). Por último, para la temporada de Lluvias, las hembras presentan una abundancia general de 39 individuos (IC 95%: 33 – 46), y para los machos es de 11 individuos (IC 95%: 8 – 14). La máxima abundancia para las hembras se presenta en la temporada de Nortes de 2008 con 60 individuos, y un mínimo de siete en Nortes del año 2021. Por su parte, los machos presentan un número máximo de individuos en Secas de 2008 (14 individuos), el mínimo también en la temporada de Nortes de 2021 (4 individuos) (Figura 3). Al analizar en conjunto y de manera progresiva estos datos, se observa una tendencia negativa en la abundancia de ambos sexos durante el periodo de estudio. Debido a que la abundancia de hembras es mayor que la de los machos, la disminución es más evidente para estas últimas (Figura 5).



**Figura 5.** Abundancia promedio de hembras (PF) y machos (PM) de tursiones (*Tursiops truncatus*) en Alvarado, Veracruz, para los períodos de 2006 – 2010, 2016 – 2020 y 2021 – 2023, se muestran los promedios, así como los valores mínimos y máximos.

Al comparar la abundancia entre sexos se observaron diferencias significativas ( $F_{(1)} = 110.56, p < 0.001$ ), mientras que al compararla entre temporadas climáticas (*i.e.*, Lluvias, Nortes y Secas) no se encontraron diferencias significativas para los sexos ( $F_{(2)} = 0.12, p = 0.887$ ) (Figura 6).

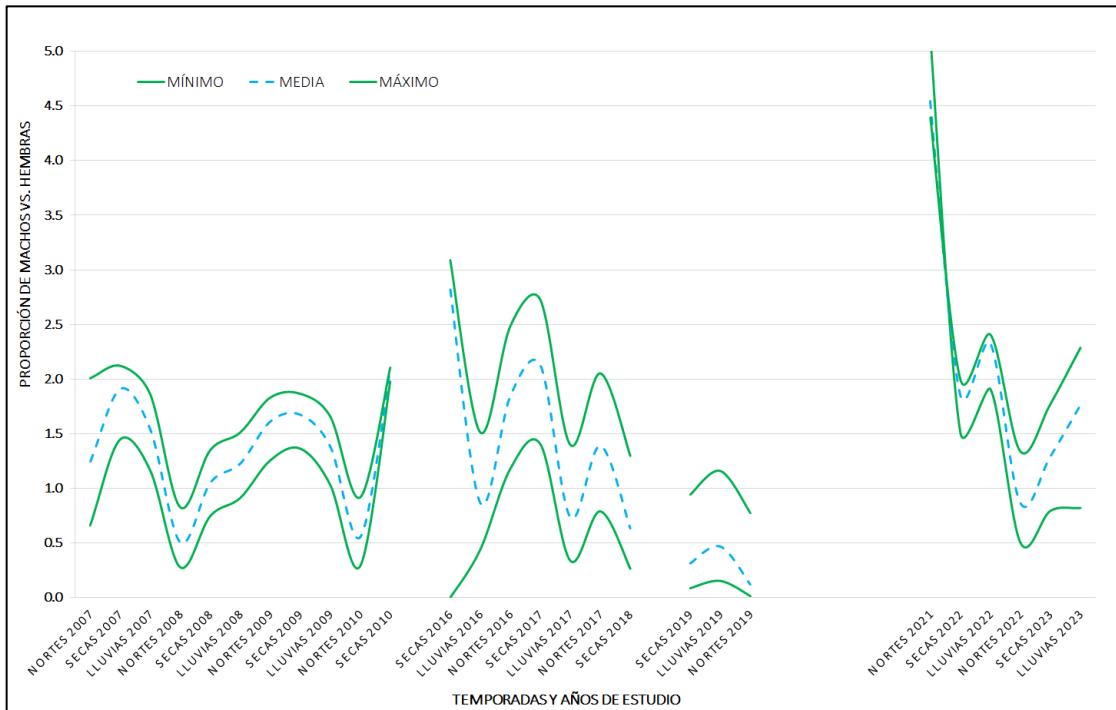


**Figura 6.** Abundancia de hembras (PF) y machos (PM) del tursión en cada temporada climática (Lluvias, Nortes, Secas) registradas en Alvarado, Veracruz.

## 6.2. Proporción sexual (PSA)

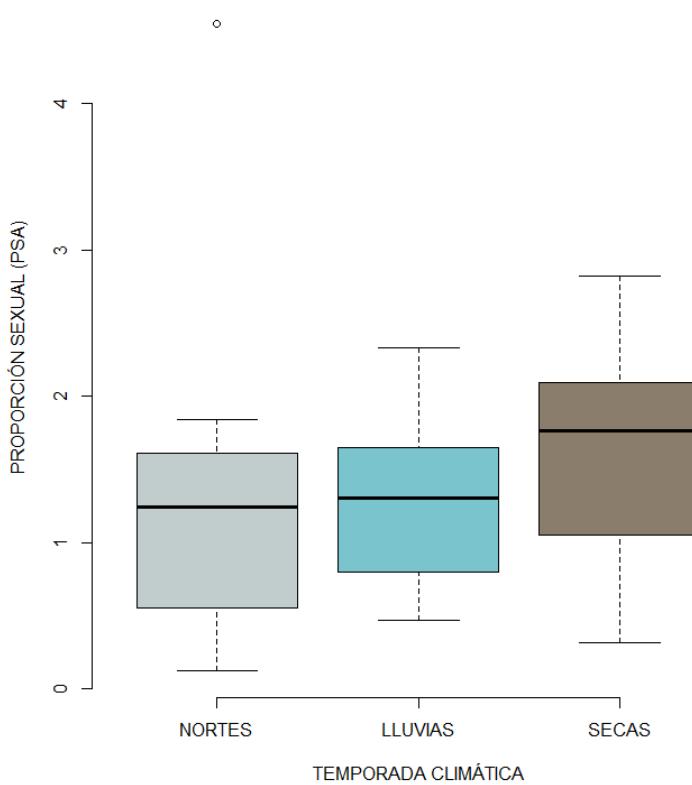
La PSA mostró un alto sesgo hacia las hembras durante el periodo analizado. La proporción más frecuente en la zona de estudio fue la de un macho por cada diez hembras (1:10) representando el 55.5% dentro del periodo de estudio, la proporción 2:10 fue la segunda más frecuente observada, en diez de las 27 temporadas analizadas. Sin embargo, se observó un aumento en la proporción de machos en las temporadas de Secas 2016 (3:10) y Nortes de 2021 donde se registró una proporción de hasta 1:2 (*i.e.*, cinco machos por cada 10 hembras) (Figura 7).

De manera general, para el segundo periodo de estudio, es decir, en las temporadas de 2006 a 2010, se observó una PSA más estable con una fluctuación entre uno y dos machos por cada diez hembras; sin embargo, para los periodos siguientes (2016 – 2020 y 2022 – 2023) los cambios fueron más evidentes, además de un aumento inusual en el número de machos (Nortes del 2021), debido probablemente a la disminución general detectada en la abundancia de la población.



**Figura 7.** Proporción sexual promedio (machos por cada 10 hembras) de tursiones (*Tursiops truncatus*) foto-identificados en las aguas costeras de Alvarado, Veracruz, durante 12 temporadas del periodo de 2006 – 2023. El área entre las líneas verdes continuas representa los intervalos de confianza al 95%.

Dado que la fluctuación temporal de la PSA es evidente a lo largo del periodo de estudio, se realizó una comparación por temporadas climáticas (*i.e.*, Nortes, Lluvias, Secas). Se observó que, en Secas, la proporción es de 1.77 machos (mediana; RIQ = 1.11 – 2.05) por cada 10 hembras, siendo mayor en comparación con Nortes y Lluvias, con 1.25 (mediana; RIQ= 0.56 – 1.61) y 1.31 (mediana, RIQ= 0.83 – 1.59) machos, respectivamente. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas ( $X^2 = 1.60$ ,  $p = 0.448$ ) (Figura 8).



**Figura 8.** Proporción sexual (machos por cada 10 hembras) de delfines de儒 (Tursiops truncatus) foto-identificados por temporada climática en las aguas costeras de Alvarado, Veracruz (2006 – 2023).

## 7. DISCUSIÓN

Los datos analizados en este trabajo fueron colectados en 143 navegaciones utilizando métodos estandarizados en varios períodos comúnmente multianuales, comprendidos entre 2002 y 2023. Esto permitió que el muestreo fuera homogéneo a lo largo del periodo de estudio ( $\bar{x} = 10.1$  navegaciones por año); similar a lo reportado en trabajos anteriores para la misma zona (Del Castillo-Olvera, 2010; Morteo, 2014; García-Vital et al., 2015; Guzmán-Vargas, 2015; Morales-Rincon et al., 2019; García-Aguilar, 2020; Bolaños-Jiménez et al., 2021; Hurtado-Mejorada, 2021; Cerdán-Gómez, 2022). Esto implica que las diferencias encontradas en los análisis no son resultado de diferencias en el esfuerzo de muestreo.

Por otro lado, los cambios observados en la eficiencia fotográfica ( $35 \pm 23.60\%$ ) y la tasa de individualización ( $91 \pm 72\%$ ) en este estudio se encontraron dentro de los valores reportados para esta y otras áreas de estudio (Del Castillo, 2010; García-Vital et al., 2015; Morteo et al., 2014, 2017, 2019; Aguilar-Badillo, 2019; Bolaños-Jiménez et al., 2021) y probablemente respondieron tanto a variaciones del personal en campo (*i.e.*, camarógrafos), como a la dinámica de los delfines (*e.g.*, tamaño del grupo, proximidad y comportamiento). Sin embargo, la alta tasa de individualización (91%) respalda que, a pesar de las variaciones en la eficiencia fotográfica, la pérdida de información fue mínima y la mayoría de los individuos identificables fueron fotografiados en cada muestreo. Esto se debe a la prevalencia de marcas permanentes en muchos delfines adultos de esta área (Morteo et al., 2017) y a la presencia de una comunidad central con un número relativamente estable de individuos ( $n = 126$ ; Bolaños-Jiménez et al., 2021), lo que permite múltiples recapturas para muchos de estos animales.

## 7.1. Abundancia

En este estudio, la abundancia para los individuos sexados (*i.e.*, machos y hembras) identificados entre 2006 y 2023 (27 temporadas) fue en promedio de 48 individuos (IC 95%: 39 – 60). Este valor es menor comparado con los promedios reportados para la especie en el sitio (Morteo et al., 2017; Bolaños et al., 2021), debido a que no incluye a los individuos de sexo desconocido. Sin embargo, coincide con la abundancia reportada en otros lugares alrededor del mundo, como la zona nororiental del mar Adriático, que reporta una abundancia entre 47 – 142 animales entre 2012 – 2015 (Ribarić, 2017). De igual manera, Vermeulen y Cammareri (2009), reportan en la Bahía de San Antonio (BSA) (Argentina) una abundancia de 55 animales (IC 95%: 46 – 64). Las poblaciones de delfines que habitan sitios con profundidades bajas, que no sobrepasan los 30 m suelen tener tamaños reducidos en comparación con hábitats más complejos y de mayor profundidad. Para la zona de estudio, Bolaños-Jiménez y colaboradores (2021) reporta una comunidad núcleo de 123 individuos (IC 95%: 114 – 133), como se mencionó, dicha estimación incluye individuos no identificados, por lo que, a grandes rasgos, la población sexada en este trabajo representa alrededor del 40% de los individuos presentes en el sitio a lo largo del tiempo.

De manera específica para cada sexo, la abundancia fue mayor para hembras (38 animales; 32 – 45,  $F_{(1)} = 110.56$ ,  $p < 0.001$ ) que para machos (10 animales; 8 – 14). Esto es congruente con lo reportado por Bolaños-Jiménez et al. (2021) en la zona de estudio, donde la abundancia de las hembras estuvo entre 38 (IC 95%: 31 – 47) y 60 (IC 95%: 48 – 74), y la de los machos entre nueve (IC 95%: 7 – 11) y 14 (IC 95%: 12 – 16).

Por otro lado, se ha observado que la abundancia fluctúa entre temporadas climáticas; en Florida, se reporta una variación en la abundancia donde no existe un patrón específico ya que la estimación más baja (636 animales, IC 95%: 532 – 793) y la más alta (848 animales, IC 95%: 532 – 793) ocurrieron en ambos casos durante la época de verano en dos años consecutivos (2001 y 2002) (Bassos-Hull et al., 2013). En Alvarado, Ver., en general la abundancia fue mayor en la temporada de Lluvias (equivalente al verano en el estudio de Bassos-Hull et al., 2013), con 444 animales; en este sentido, las hembras también registraron su mayor abundancia (350 animales) en la temporada de Lluvias. Por otra parte, los machos registraron mayor abundancia (96 individuos) en la temporada de Secas. Estas diferencias pueden ser una respuesta a las diferencias ambientales; por ejemplo, los incrementos poblacionales en Lluvias coinciden con mayor productividad primaria en la zona costera, debido a los aportes de nutrientes de los ríos (principalmente el Papaloapan), que eventualmente se traduce en mayor biomasa de recursos pesqueros (López-Cortés et al. 2003; Ulloa et al., 2015). Sin embargo, el incremento en la abundancia de machos durante la temporada de Secas puede estar relacionado tanto con la disponibilidad, como con el contenido nutricional de las presas. Por ejemplo, Chávez-Martínez (2017) mencionó que en la temporada de Secas la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de la pesquería artesanal es menor comparada con Lluvias y Nortes; no obstante, las presas presentan una mayor cantidad de proteínas y mayor aporte energético. En este sentido, los machos podrían ingresar al área de estudio en busca de presas (al ser más escasas en el medio) y aprovechar los pocos recursos capturados por los pescadores de la zona, tomando el riesgo de alimentarse de las redes. A cambio, obtienen un aporte nutrimental mayor debido a los períodos reproductivos de las presas, por lo que su interacción con las artes de pesca es más frecuente en esta temporada (Morales-Rincon et al., 2019).

## 7.2. Proporción Sexual Adulta (PSA)

Los resultados muestran que, como se ha reportado a nivel mundial, la PSA está sesgada hacia las hembras (Clapham et al., 1995; Franklin et al., 2018). Los valores de entre uno y cinco machos por cada 10 hembras, coinciden con lo observado en otras poblaciones de tursiones del indopacífico (*T. aduncus*), específicamente en Australia (Nicholson et al., 2022) y el sur de Brasil (*T. truncatus*), aunque la proporción observada es de 1:2 (un macho por cada dos hembras) (Fruet et al., 2015). En contraste, en las islas Azores y Madeira, se observó una proporción 1:1 para ambos sexos, y al menos en uno de los archipiélagos hubo un sesgo hacia los machos en tres especies de mamíferos marinos (*T. truncatus*, *Stenella frontalis*, *Delphinus delphis*) (Quéroutil et al., 2009).

Al igual que en otros grupos de mamíferos, el sesgo hacia las hembras puede deberse a una alta proporción de machos jóvenes que migran a otros sitios en busca de parejas reproductivas y otros recursos. Aunque es posible que, al volverse adultos, estos machos regresen de manera esporádica (Nicholson et al., 2022), esta dispersión parece funcionar como mecanismo para el flujo genético y evitar la competencia de machos en la zona, previniendo la endogamia y la agresión hacia individuos de ambos性 (Möller y Beheregaray, 2004; Le Galliard et al., 2005; Székely et al., 2014). Otra posibilidad es una mayor mortalidad en machos, como lo reportaron Fruet et al. (2015) en Brasil, a partir de varamientos, dada la evidencia de captura incidental por artes de pesca. Esto es comparable con las condiciones de Alvarado, Ver., ya que en la zona se reporta una alta densidad de embarcaciones y que los machos, sobre todo los jóvenes, son los que interactúan con mayor frecuencia con las redes y las embarcaciones de pesca artesanal (Morteo, 2011; Rechimont, et al., 2018; Morales-Rincon et al. 2019), contrastando con la conducta de las hembras, que suelen alejarse de la zona con alta actividad pesquera (Morteo et al., 2012; La Fauci, 2017) (véase capítulo III).

A pesar de que la proporción de sexos presentó estabilidad dinámica durante el periodo de estudio (~20 años), existieron cambios y fluctuaciones temporales importantes. En los primeros años se observó una disminución tanto en la abundancia como en la PSA de machos. Esto puede asociarse con una cantidad anómala de eventos de ciclones tropicales ocurridos el año 2007 en el Atlántico, 11 de los cuales fueron tormentas tropicales y seis

huracanes (NOAA, 2021). De estos, dos impactaron en el estado de Veracruz en la temporada de Lluvias 2007. Algo similar ocurrió en años posteriores, donde 16 ciclones tropicales ocurridos en 2016 pudieron influir en la población, dado que dos impactaron en el estado de Veracruz también en la temporada de Lluvias (julio-agosto). Para 2017 hubo 19 ciclones tropicales, de los cuales dos, tuvieron impacto en el estado como huracán categorías 1 y 2, (agosto-septiembre) (CONAGUA, 2024). Dependiendo de su severidad y frecuencia, estos eventos suelen causar desequilibrios en los sistemas ecológicos que impactan y posiblemente se prolongaron por varios meses o temporadas (Ackerman et al., 1991).

Algunos de los efectos que provocan los huracanes son el aumento en la concentración de nutrientes en el agua, lo cual provoca el aumento en la biomasa de fitoplancton, mortalidad de peces (debido a la turbulencia e hipoxia), desplazamiento de animales marinos a otros sitios, así como propagación de contaminantes y patógenos (Mallin y Corbett, 2006). En mamíferos marinos, los efectos pueden ir desde lesiones (internas y externas), disminución de presas potenciales, desplazamiento de individuos a otros sitios y varamientos (Rosel y Watts, 2007).

Es importante destacar que, según datos de la NOAA (2024), para el 2016 se reportó en el área de estudio un aumento en la temperatura promedio del agua durante la temporada de Secas, mientras que para los últimos meses de la temporada de Lluvia y la temporada de Nortes, la temperatura disminuyó ( $\bar{x} = 1^{\circ}\text{C}$ ). Estos cambios anómalos de temperatura pueden influir en la disponibilidad de las presas, por lo que las hembras pudieron moverse hacia aguas más frías para buscar recursos, con un consecuente aumento en la PSA de los machos. Para temporada de Secas de 2018, la temperatura bajó ( $\approx 0.5^{\circ}\text{C}$ ) y los datos de foto-identificación mostraron que las hembras que emigraron regresaron al sitio posiblemente debido a que había más recursos disponibles. Por otro lado, el 2022 fue un año Niña y la fluctuación de la PSA en todas las temporadas fue mayor que en los otros años (NOAA, 2024).

Los cambios en las condiciones climáticas y físicas en el hábitat de los tursiones por fenómenos naturales extremos suelen tener consecuencias en la abundancia y distribución de los recursos alimentarios, comprometiendo su disponibilidad. En zonas como Florida, los peces se desplazan a otros sitios debido a la baja salinidad causada por el flujo anómalo de

agua dulce, así como la disminución de hábitats de alimentación y refugio (Greenwood et al., 2006). Por ello, los efectos negativos de ciclones tropicales que se observan en las pesquerías pueden durar hasta doce meses y van desde alteración en el esfuerzo de pesca, modificación de las zonas de captura, daños al equipo y cambio o disminución de las especies de interés (Ramenzoni et al., 2020).

En Alvarado, Ver., Ronzón-Contreras (2018), observó un aumento progresivo en la proporción de tursiones delgados y emaciados entre los años 2006 – 2010; esto podría indicar una disminución de la cantidad y/o calidad de los recursos alimenticios, relacionadas tanto con la sobrepesca, como con la inestabilidad del sistema causada por los eventos climáticos extremos que ocurrieron en Veracruz en esos años. Esto pudo provocar que los individuos migraran a otras zonas en buscas de alimento, por lo cual, tanto la abundancia como la PSA variaron en el periodo de estudio.

De acuerdo con el presidente de la Federación de Sociedades Cooperativas Pesqueras de Alvarado, en los últimos años existió una disminución de alrededor del 90% de la actividad pesquera (Jaime Santiago Rojas, entrevista, 2022). Si bien podría estar relacionada con fenómenos naturales, los pescadores de la zona también la atribuyen a las actividades pesqueras no sustentables, así como a causas externas a la pesca, como la contaminación derivada de actividad antrópica (*i.e.*, agricultura y ganadería de la cuenca del Papaloapan, desechos de agua residuales provenientes de ciudades como Córdoba y Orizaba, y sobre todo los derrames de petróleo) (Goñi, 1998; Villanueva-Fortanelli y Nava, 2021; Villanueva-Fortanelli y Nava, 2023). Los derrames de petróleo y otros hidrocarburos tienen consecuencias no solo sobre la salud del medio, sino también de los tursiones y otros mamíferos marinos. En el golfo de México, el derrame del Deep Water Horizon (British Petroleum) se ha asociado con una disminución local de la presencia de mamíferos marinos y del éxito reproductivo, varamientos masivos, cambios de conducta, así como muerte por inhalación e ingestión de petróleo (Takeshita et al., 2017; Wilkin et al., 2017; Frasier et al. 2020). Aunado a esto, en la zona, Hernández-Candelario et al. (2024) reportaron la presencia de contaminantes en sangre obtenida de tursiones varados. La primera evaluación reportó una posible infección bacteriana, mientras que la muestra de sangre mostró niveles de pesticidas organoclorados y metales pesados por arriba del límite permitido para humanos.

Lo anterior evidencia el deterioro en el ecosistema y consecuentemente en la salud de los tursiones de la zona, promoviendo el surgimiento y propagación de enfermedades emergentes en la zona, como, por ejemplo, infecciones crónicas en la piel (*lacaziocis*) ocasionada por el hongo *Lacazia loboi* (Galvez et al., 2022).

Sin embargo, será necesario contar con mayores evidencias y mejores herramientas (tanto técnicas como analíticas) que ayuden a explicar con detalle las causas de la variación en la abundancia y PSA; esto dado que, tanto las variables bióticas como abióticas, pueden estar provocando efectos combinados o sinérgicos, fomentando la migración desfasada de los delfines hacia otros sitios, de acuerdo con su etapa de desarrollo y sexo, en busca de recursos y hábitats con condiciones más adecuadas para su refugio y supervivencia.

## 8. CONCLUSIÓN

El sexo y la temporalidad son factores que influyen en la abundancia de los tursiones (*Tursiops truncatus*) de Alvarado, Ver. Las hembras foto-identificadas presentaron una mayor abundancia de manera general en comparación con los machos registrados. De igual manera, se observó un patrón cíclico pero incipiente en la abundancia entre temporadas climáticas, la cual disminuyó en los últimos años, siendo más evidente el declive para las hembras. Esto puede deberse a cambios ecológicos en la zona, derivados de una combinación entre las variaciones temporales de las condiciones oceanográficas, sobre pesca y eventos climáticos extremos.

La PSA sesgada hacia las hembras es común en mamíferos marinos, pero la alta variabilidad temporal detectada puede derivar en presiones biológicas para la población, tales como una mayor competencia entre machos, que buscan sitios ricos en recursos alimentarios y reproductivos, así como mayor mortalidad de machos jóvenes por interacción con la pesca. De igual manera, los eventos naturales extremos que modifican la ecología de la zona y provocan cambios en el hábitat, disminuyen la disponibilidad de alimento para los tursiones y modifican su conducta.

Estos son los primeros datos sobre proporción sexual para la especie en México y permiten visualizar un panorama del posible futuro para esta población de delfines en Alvarado, aportando un panorama más amplio sobre su ecología. Además, se cuenta con conocimiento más profundo sobre su ecología mediante métodos estandarizados para mejorar las medidas de conservación y manejo tanto de los tursiones, como de su hábitat.

## 9. REFERENCIAS

- Ackerman, J.D., Walker, L.R., Scatena, F.N. & Wunderle, J. (1991). Ecological Effects of hurricanes. *Bulletin of the Ecological Society of America*, 72(3): 178 – 180.
- Aguilar-Badillo, L.I. (2011). Supervivencia de tursiones (*Tursiops truncatus*) durante su desarrollo temprano en las aguas costeras de Alvarado, Veracruz (Tesis de Licenciatura). Facultad de biología, Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México. 52 pp.
- Altmann, J. (1974). Observational Study of Behavior: Sampling Methods. *Behaviour*, 49(3/4), 227-267. <https://doi.org/10.1163/156853974x00534>
- Ancona, S., Dénes, F.V., Krüger, O., Székely, T. & Beissinger, S.R. (2017). Estimating adult sex ratios in nature. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 372: 1 – 15.
- Bassos-Hull, K., Perrtree, R. M., Shepard, C. C., Schilling, S., Barleycorn, A. A., Allen, J. B., Balmer, B. C., Pine, W. E., y Wells, R. S. (2013). Long-term site fidelity and seasonal abundance estimates of common bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) along the southwest coast of Florida and responses to natural perturbations. *The journal of cetacean research and management*, 13(1): 19-30. <https://doi.org/10.47536/jcrm.v13i1.551>
- Berger, J. & Gompper, M.E. (1999). Sex Ratios in Extant Ungulates: Products of Contemporary Predation or Past Life Histories? *Journal of Mammalogy*, 80(4): 1084–1113.
- Bernstein, I.S. (1978). Sex differences in the behavior of non-human primates. *Social Science & Medicine*, 12B: 151-154.
- Blount, D., Holmberg, J., Minton, G. & Khan, C. (2019). Flukebook – Recent advances for cetacean photo identification and data archiving including automated fluke matching. International Whaling Commision, SC/68A/SH07.
- Bolaños-Jiménez J., Morteo E., Delfín-Alfonso C.A., Fruet P.F., Secchi E.R. y Bello-Pineda J. (2021). Population dynamics reveal a core community of the common bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) in open waters of the South-Western Gulf of Mexico. *Frontiers in Marine Science* 8:753484. ISSN: 2296-7745, doi: 10.3389/fmars.2021.753484
- Brown, M.R., Corkeron, P.J., Hale, P.T., Schultz, K.W. & Bryden, M.M. (1995). Evidence for a Sex-Segregated Migration in the Humpback Whale (*Megaptera novaeangliae*). *Proceedings of the Royal Society B*, 259: 229-234
- Caballero, S., Islas-Villanueva, V., Tezanos-Pinto, G., Duchene, S., Delgado-Estrella, A., Sanchez-Okruckly y Mignucci-Giannoni, A. (2012). Phylogeography, genetic diversity and population structure of common bottlenose dolphins in the Wider Caribbean inferred from analyses of mitochondrial DNA control region sequences and microsatellite loci: conservation and management implications. *Animal Conservation*, 15: 95 – 112. Caravello, H. E., & Cameron, G.N. (1987). The effects of sexual selection on the foraging behavior of the Gulf Coast fiddler crab, *Ucapanaacea*. *Animal Behaviour*, 35: 1864 – 1874.

- Caravello, H. & Cameron, G.N. (1987). The effects of sexual selection on the foraging behavior of the Gulf Coast fiddler crab, *Uca panacea*. *Animal Behaviour*, 35: 1864 – 1874.
- Cerdán-Gómez C. N. 2022. Predicción del tamaño poblacional de tursiones (*Tursiops truncatus*) en aguas costeras de Alvarado, Veracruz, México. (Tesis de Maestría). Instituto de Investigaciones Biológicas, Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz. 93 pp.
- Chávez-Martínez K. 2017. Interacción entre el tursión (*Tursiops truncatus*) y la pesca artesanal de Alvarado, Veracruz, en función de la captura, calidad nutricional y composición isotópica de la comunidad de peces. (Tesis de Maestría). Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. Ensenada, Baja California, México. 76 pp.
- Chávez-Martínez K., Morteo E., Hernández-Candelario I., Herzka S.Z. and Delfín-Alfonso C.A. (2022). Opportunistic gillnet depredation by common bottlenose dolphins in the southwestern Gulf of Mexico: Testing the relationship with ecological, trophic, and nutritional characteristics of their prey. *Front. Mar. Sci.* 9:870012. doi: 10.3389/fmars.2022.87001.
- Choquet, R., Lebreton, J. D., Gimenez, O., Reboulet, A. M., y Pradel, R. (2009). CARE: Utilities for performing goodness of fit tests and manipulating CApture-REcapture data. *Ecography*, 32: 1071-1074. doi: 10.1111/j.1600-0587.2009.05968.x
- Clapham, P. J., Bérubé, M., y Mattila, D. K. (1995). Sex ratio of the Gulf of Maine Humpback Whale Population. *Marine Mammal Science*, 11(2): 227-231. doi.org/10.1111/j.1748-7692.1995.tb00520.x
- Clutton-Brock, T. H., Guinness, F. E. & Albon, S.D. (1982). Red Deer, Behavior and ecology of two sexes. University Chicago Press.
- Clutton-Brock, T. H., Harvey, P. H. & Rudder B. (1977). Sexual dimorphism, socioeconomic sex ratio and body weight in primates. *Nature*, 269: 797 – 799.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2009). Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica. CONABIO, México D.F.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2024). Información histórica ciclones tropicales. Gobierno de México. <https://smn.conagua.gob.mx/es/cyclones-tropicales/informacion-historica>.
- Connor, R.C., Smolker, R.A. & Richards, A.F. (1992). Two levels of alliance formation among male bottlenose dolphins (*Tursiops* sp.). *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 89: 987 – 990.
- Connor, R.C., Wells, R.S., Mann, J. & Read, A.J. (2000). The bottlenose dolphin: Social relationships in a fission-fusion society. En: Mann, J., Connor, R., Tyack, P., y Whitehead, H. (Eds.). *Cetacean Societies: Field studies of dolphins and whales*. The University of Chicago Press, 35 pp.
- Connor, R.C, Heithaus, M.R. & Barre, L.M. (2001). Complex social structure, alliance stability and mating access in a bottlenose dolphin “super-alliance.” *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 268 (1464): 263 – 267.
- Currey, R.J., Rowe, L.E., Dawson, S.M. & Slooten, E. (2008). Abundance and demography of bottlenose dolphins in Dusky Sound, New Zealand, inferred from dorsal fin photographs. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 42: 439 – 449.
- Cutis, H., Barnes, N.S., Schnek, A. & Massarini, A. (2008). Biología (7ma. ed). Editorial medica panamericana.
- De Oliveira, L.R., Ott, P.H., Flores, P.A.C., Siciliano, S., De Almeida, R.S. & Bonatto, S.L. (2009). First molecular estimate of sex-ratio of southern right whale calves, *Eubalaena australis*, for Brazilian waters. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 89(05): 1003.

- Degrati, M., Dans, S. L., Garaffo, G. V. y Crespo, E. A. (2012). Diving for food: a switch of foraging strategy of dusky dolphins in Argentina. *Journal of Ethology*, 30: 361-367.
- Del Castillo-Olvera, V. (2010). Ecología poblacional del tursión (*Tursiops truncatus*) en la costa de Alvarado, Veracruz (Tesis de Licenciatura). Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- Druskat, A., Ghosh, R., Castrillon, J. & Bengtson Nash, S.M. (2019). Sex ratios of migrating southern hemisphere humpback whales: A new sentinel parameter of ecosystem health. *Marine Environmental Research*, 151: 1-7.
- Escobar-Lazcano, M.J. (2019). Patrones de actividad y uso de hábitat de toninas (*Tursiops truncatus*) en la costa de Veracruz, México. Tesis de maestría, Instituto de Neuroetología, Universidad Veracruzana.
- Escobedo-Galván, A.H. (2008). Estructura poblacional & proporción de sexos en Caiman crocodilus en Caño Negro, Costa Rica. *Iheringia. Série Zoología*, 98(4): 489-492.
- Fisher, R. A. (1930). *The genetical theory of natural selection*. Clarendon Press.
- Franklin, T., Franklin, W., Brooks, L., & Harrison, P. (2018). Site-specific female-biased sex ratio of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) during a stopover early in the southern migration. *Canadian Journal of Zoology*, 96(6): 533–544.
- Frasier, K. E., Solsona-Berga, A., Stokes, L., y Hildebrand, J.A. (2019). Impacts of the Deepwater Horizon Oil Spill on Marine Mammals and Sea Turtles. En: Murawski, S. A., Ainsworth, C. H., Gilbert, S., Hollander, D. J., Paris, C. B., Schlüter, M., y Wetzel, D.L. *Deep Oil Spills: Facts, Fate and Effects*. Springer. 431-462 pp.
- Frere, C.H., Krützen, M., Mann, J., Watson-Capps, J.J., Tsai, Y.J., Patterson, E.M., Connor, R., Bejder, L. & Sherwin, W.B. (2010). Home range overlap, matrilineal and biparental kinship drive female associations in bottlenose dolphins. *Animal Behavior*, 80: 481 – 486.
- Fruet, P.D., Daura-Jorge, F.G., Möller, L.M., Genoves, R.C. & Secchi, E. (2015) Abundance and demography of bottlenose dolphins inhabiting a subtropical estuary in the Southwestern Atlantic Ocean. *Journal of Mammalogy*, 96 (2):332 – 343.
- Galezo, A.A., Krzyszczuk, E. & Mann, J. (2017). Sexual segregation in Indo-Pacific bottlenose dolphins is driven by female avoidance of males. *Behavioral Ecology*, 29(2): 377–386.
- Gálvez C., Tenorio-Osorio M., Hernández-Candelario I., Delfín-Alfonso C.A., Morteo E. (2022). Lobomycosis epidemiology, pathology and social affiliations in bottlenose dolphins from the Southwestern Gulf of Mexico. *Frontiers in Marine Science* 9:1018118. doi: 10.3389/fmars.2022.1018118
- García-Aguilar, P. (2020). Uso de hábitat del tursión (*Tursiops truncatus*) en las aguas costeras de Alvarado, Veracruz. Facultad de Biología, Universidad Veracruzana (Tesis de Licenciatura). Facultad de Biología, Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México. 36 pp.
- García-Vital, M., Morteo, E., Martínez-Serrano, I., Delgado-Estrella, A., y Bazúa-Durán, C. (2015). Inter-individual association levels correlate to behavioral diversity in coastal bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) from the Southwestern Gulf of Mexico. *Therya* 6(2):337-350. doi: 10.12933/therya-15-270
- 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>.
- Goñi, R. (1998). Ecosystem effects of marine fisheries: an overview. *Ocean & Coastal Management*, 40: 37-64. doi.org/10.1016/S0964-5691(98)00037-4.

Greenwood, M.F., Stevens, P.W. y Matheson Jr., R. E. (2006). Effects of the 2004 Hurricanes on the Fish Assemblages in Two Proximate Southwest Florida Estuaries: Change in the Context of Interannual Variability. *Estuaries and Coasts*, 29(6A): 985-996. doi.org/10.1007/BF02798660.

Guzmán-Vargas, E.C. (2015). Comparación de patrones de actividad de tursiones (*Tursiops truncatus*) en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano y las Aguas Costeras de Alvarado, Veracruz (Tesis de Licenciatura). Facultad de Biología, Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México. 53 pp.

Hardy, I.C.W. (1997). Possible factors influencing vertebrate sex ratios: an introductory overview. *Applied Animal Behaviour Science*, 51(3-4): 217–241.

Hartman, K.L., Fernandez, M., Wittich, A. & Azevedo, J.M. (2015). Sex differences in residency patterns of Risso's dolphins (*Grampus griseus*) in the Azores: Causes and management implications. *Marine Mammal Science*, 31(3): 1-15.

Hernández-Candelario, I.C., Morteo, E., Heckel, G., Sosa-Nishizaki, O., Álvarez-Sánchez, L.G., Flores-Uzeta, O. & Martínez-Serrano, I. (2015). Caracterización de la relación entre distribución espacio-temporal de los tursiones (*Tursiops truncatus*) y las actividades humanas en el Parque Sistema Arrecifal Veracruzano. *E-Bios*, 2(8): 34-52.

Hernández-Candelario, I.C., Pardio-Sedas, V., Gálvez, C., y Morteo, E. (2024). First report of organochlorine pesticides and heavy metals in a stranded bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) off the Central Coast of Veracruz State: A warning to assess pollution in a reef marine ecosystem from the Gulf of Mexico?. *Aquatic Mammals* 50(2):152-169.

Herzing, D.L. (1997). The life story of free-ranging Atlantic spotted dolphins (*Stenella frontalis*): Age classes, color phases, and female reproduction. *Marine Mammal Science*, 3 (4): 576 – 595.

Hurtado-Mejorada O. 2021. Actividad vocal y contexto conductual de tursiones que interactúan con la pesca artesanal en Alvarado, Veracruz, México. (Tesis de Maestría). Instituto de Neuroetología, Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México. 69 pp.

Kappeler P.M. (2017). Sex roles and adult sex ratios: insights from mammalian biology and consequences for primate behaviour. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*. B 372: 20160321.

Kogi, K., Hishi, T., Imamura, A., Iwatani, T. & Dudzinski, K. (2004). Demographic parameters of Indo-Pacific bottlenose dolphins (*Tursiops aduncus*) around Mikura Island, Japan. *Marine mammal science*, 20 (3): 510 – 526.

Krebs, J. & Davies, N. (1993). Sexual conflict and sexual selection. En: *An Introduction to Behavioral Ecology*. Blackwell, Oxford.

La Fauci, D. (2017). Segregazione spaziale per classe d'età del delfino *Tursiops truncatus* Montagü, 1821 della costa centrale di Veracruz, Messico (Tesis de Maestría). Dipartimento Scienze della Vita e dell'Ambiente, Università Politecnica delle Marche. Ancona, Italia. 43 pp.

Lehner, P. N. (1992). Sampling Methods in Behavior Research. *Poultry Science*, 71(4), 643-649. <https://doi.org/10.3382/ps.0710643>

Le Galliard, J.F., Fitze, P.S., Ferrière, R. & Clobert, J. (2005). Sex ratio bias, male aggression, and population collapse in lizards. *PNAS*, 102(50): 18231–18236.

Lehmann, J. & Boesch, C. (2008). Sexual Differences in Chimpanzee Sociality. *International Journal of Primatology*, 29: 65 – 81.

Ligon, J. D. (1968). Sexual Differences in Foraging Behavior in Two Species of Dendrocopos Woodpeckers. *The American Ornithologists' Union*, 85(2): 203-215. doi.org/10.2307/4083581

- López-Cortés, D. J., Gárete-Lizárraga, I., Bustillos-Guzman, Alonso-Rodríguez, R.. y Murillo-Murillo, I. (2003). Hidrobiológica, 13(3): 195-206.
- Lovich, J.E. & Gibbons, J.W. (1990). Age at Maturity Influences Adult Sex Ratio in the Turtle *Malaclemys terrapin*. *Oikos*, 59(1): 126.
- Mallin, M. A. y Corbett, C. A. (2006). How Hurricane Attributes Determine the Extent of Environmental Effects: Multiple Hurricanes and Different Coastal Systems. *Estuaries and Coasts*, 29(6A): 1046 – 1061. doi.org/10.1007/BF02798667.
- Möller, L. M. y Beheregaray, L. B., (2004). Genetic evidence for sex-biased dispersal in resident bottlenose dolphins (*Tursiops aduncus*). *Molecular Ecology*, 13: 1607 – 1612. doi: 10.1111/j.1365-294X.2004.02137.x
- McElligot, A.G., Gammell, M.P., Harty, H.C., Paini, D.R., Murphy, D.T., Walsh, J.T. & Hayden, T.J. (2001). Sexual size dimorphism in fallow deer (*Dama dama*): do larger, heavier males gain greater mating success? *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 49: 266 – 272.
- Medellín-Ortiz, B.N. (2012). Diferencias sexo-específicas en las áreas núcleo de la distribución de los delfines *Tursiops truncatus* frente al sistema lagunar de Alvarado, Golfo de México. Tesis de Maestría. Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías. Universidad Veracruzana. Boca del Río, Veracruz, México. 58pp.
- Montagna, W. & Sadler, W. A. (1973). *Reproductive Behavior* (1.<sup>a</sup> Ed). Plenum Press.
- Morales-Rincon, N., Morteo, E. & Delfín-Alfonso, C. (2019). Influence of artisanal fisheries on the behavior and social structure of *Tursiops truncatus* in the Southwestern Gulf of Mexico. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 99(8):1841-1849.
- Morán-Silva, A., Martínez-Franco, A., Chávez-López, R., Franco-Lopez, J., Bedia-Sánchez, C.M.m ContrerasEspinosa, F., Gutiérrez-Mendieta, F., Brown-Peterson, J. & Peterson, M.S. (2005). Seasonal and spatial patterns in salinity, nutrients, and chlorophyll a in the Alvarado Lagoonal System, Veracruz, Mexico. *Gulf and Caribbean Research*, 17, 133-143.
- Morteo, E. (2011). Ecología social de delfines *Tursiops truncatus* en aguas costeras de Alvarado, Veracruz, México (Tesis de Doctorado). Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías, Universidad Veracruzana. Boca del Río, Veracruz, México. 129 pp.
- 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.
- Morteo, E., Rocha-Olivares, A., & Morteo, R. (2012b). Sensitivity analysis of residency and site fidelity estimations to variations in sampling effort and individual catchability. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83, 487-495. <http://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2012.2.972>
- Morteo, E., Rocha-Olivares, A. & Abarca-Arenas, L.G. (2014). Sexual segregation in coastal bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the south-western Gulf of Mexico. *Aquatic Mammals*, 40(4): 375-385.
- Morteo, E., Rocha-Olivares, A., Morteo, R., & Weller, D. W. (2017). Phenotypic variation in dorsal fin morphology of coastal bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) off Mexico. *PeerJ*, 5, e3415. <https://doi.org/10.7717/peerj.3415>
- Morteo, E., Ramírez y Romero T., Del Castillo-Olvera V., Delfín-Alfonso C., Bello-Pineda J. & González-Christen A. (2019). Ecología poblacional de delfines (*Tursiops truncatus*) en el corredor arrecifal del suroeste del Golfo de México. In: Granados-Barba, A., Ortiz-Lozano, L. D., González-Gándara, C. & Salas-Monreal, D. (Eds.). *Estudios Científicos en el Corredor Arrecifal del Suroeste del Golfo de México* (pp: 191-204). Universidad Autónoma de Campeche.

National Oceanic and Atmospheric Administration (2021). Atlantic Hurricane Season. Recuperado de: <https://www.nhc.noaa.gov/data/tcr/index.php?season=2007&basin=atl>

Ngqulana, S., Greg-Hofmeyr, G.J. & Plön, S. (2017). Sexual dimorphism in long-beaked common dolphins (*Delphinus capensis*) from KwaZulu-Natal, South Africa, *Journal of Mammalogy*, 98 (5): 1389 – 1399.

Nicholson, K., van Aswegen, M., Loneragan, N. y Bejder, L. (2022). Demographics and viability of an estuarine community of Indo-Pacific bottlenose dolphins. *Marine Mammals Science*, 39(1): 59-76. doi.org/10.1111/mms.12961.

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). (2024). Climate Prediction Center. National Weather Service. [https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/ONI\\_v5.php](https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php)

Payne, R.B. (1984). Sexual Selection, Lek and Arena Behavior, and Sexual Size Dimorphism in Birds. *Ornithological Monographs*, 33: 1 -52.

Quéroutil, S., Freitas, L., Dinis, A., Alves, F., Cascao, I., Prieto, R., Silva, M. A., Magalhaes, S., Matos, J. A., y Santos, R.S. (2009). Sex bias in biopsy samples collected from free-ranging dolphins. *Hal open science*, 56(2). 151-158.

R Core Team (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org/>

Romenzoni, V. C., Borroto Escuela, D., Rangel Rivero, A., González-Díaz, P., Vázquez-Sánchez, V., López-Castañeda, L., Falcón Méndez, A., Hernández Ramos, I., Hernández-López, N., Besonen, M.R., y Yoskowitz, D. (2020). Vulnerability of Fishery-Based Livelihoods to Extreme Events: Local Perceptions of Damages from Hurricane Irma and Tropical Storm Alberto in Yaguajay, Central Cuba, *Coastal Management*, 48:5, 354-377, doi:10.1080/08920753.2020.1802198.

Rechimont, M.E., Lara-Domínguez, A.L., Morteo, E., Martínez-Serrano, I. & Equihua M. (2018). Depredation by coastal bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the southwestern Gulf of Mexico in relation to fishing techniques. *Aquatic Mammals*, 44(5): 458-470.

Ribarič, D. (2017). First report on abundance and distribution of common bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the NATURA 2000 area, Istria, North-eastern Adriatic Sea. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 98(5): 1039-1053.

Ralls, K. & Mesnick, S. (2009). Sexual dimorphism. En: Perrin, W., Würsig, B. y Thewissen, J.G.M. (Eds.). *Encyclopedia of Marine Mammals* (2da. Ed). Academic Press.

Rogers, C.A., Brunnick, B.J., Herzing, D.L. & Baldwin, J.D. (2004). The social structure of bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, in the Bahamas. *Marine Mammal Science*, 20(4): 688-708.

Ronzón-Contreras., F. (2018). Variación temporal en la condición corporal del tursión (*Tursiops truncatus*) de las aguas costeras de Alvarado, Veracruz. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología, Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México. 74 pp.

Rosel, P.E. (2003). PCR-based sex determination in Odontocete cetaceans. *Conservation Genetics*, 4: 647–649.

Santiago Rojas. J. (2022). Reportan disminución de 90% en pesca en Alvarado, lo atribuyen a derrame de petróleo. Entrevista. XEU noticias. <https://xeu.mx/boca-del-rio/1232490/reportan-disminucion-de-90-en-pesca-en-alvarado-lo-atribuyen-a-derrame-de-petroleo>

Rosel, P. E., y Watts, H. (2007). Hurricane Impacts on Bottlenose Dolphins in the Northern Gulf of Mexico. *Gulf of Mexico Science*, 25(1): 88-94.

Schoener, T. W. (1967). The ecological significance of sexual dimorphism in size in the lizard *Anolis conspersus*. *Science*, 155: 474 – 477.

Sarasota Dolphin Research Program (SDRP). (2005). Field techniques and photoidentification handbook. Chicago Zoological Society and Dolphin Biology Research Institute. Sarasota, FL.

Selander, R. K. (1966). Sexual dimorphism and differential niche utilization in birds. *Condor*, 68: 113 – 151.

Selander, R. K. (1972). Sexual selection and dimorphism in birds. En: Campbell, B. (ed.), *Sexual selection and the descent of man 1871-1971*. Aldine publishing company.

Shine, R. (1989). Ecological causes for the evolution of sexual dimorphism: A review of the evidence. *The Quarterly Review of Biology*, 64 (4): 419 – 46.

Slatkin, M. (1984). Ecological Causes of Sexual Dimorphism. *Evolution*, 38 (3): 622 – 630.

Sprogis, K.R., Raudino, H.C. & Rankin, R. (2016). Home range size of adult Indo-Pacific bottlenose dolphins (*Tursiops aduncus*) in a coastal and estuarine system is habitat and sex-specific. *Marine Mammal Science*, 32(1): 287 – 308.

Sprogis, K.R., Christiansen, F., Raudino, H.C., Kobryn, H.T., Wells, R.S. & Bejder, L. (2018). Sex-specific differences in the seasonal habitat use of a coastal dolphin population. *Biodiversity and Conservation*; 27: 3537 – 3656.

Stockin, K. A., Binedell, V., Wiseman, N., Brunton, D. H., & Orams, M. B. (2009). Behavior of free-ranging common dolphins (*Delphinus sp.*) in the Hauraki Gulf, New Zealand. *Marine Mammal Science*, 25(2), 283-301. <https://doi.org/10.1111/j.1748-7692.2008.00262.x>

Szekely, T., Liker, A., Freckleton, R.P., Fichtel, C. & Kappeler, P.M. (2014). Sex biased survival predicts adult sex ratio variation in wild birds. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 281(1788): 20140342-20140342.

Takeshita, R., Sullivan, L., Smith, C., Collier, T., Hall, A., Brosnan, T., Rowles, T. y Schwacke, L. (2017). The Deepwater Horizon oil spill marine mammal injury assessment. *Endangered Species Research*, 33: 95-106. doi: 10.3354/esr00808

Thompson, J.W., Zero, V.H., Schwacke, L.H., Speakman, T.R., Quigley, B.M., Morey, S.M. & McDonald, T.L. (2019). finFindR: Computer-assisted Recognition and Identification of Bottlenose Dolphin Photos in R. *BioRxiv*, 1-18.

Tolley, K.A., Read, A.J., Wells, R.S., Urian, K.W., Scott, M.D., Irvine, A.B. & Hohn, A.A. (1995). Sexual Dimorphism in Wild Bottlenose Dolphins (*Tursiops truncatus*) from Sarasota, Florida, 76 (4): 1190 – 1198.

Torricelli, P., Lugli, M. & Bobbio, L. (1993). The importance of male-male competition and sexually selected dimorphic traits for male reproductive success in site-attached fishes with paternal care: The case of the freshwater goby *Padogobius martensi*. *Marine Behaviour and Physiology*, 23: 231-256.

Trivers, R. L. (1976). Sexual selection and resource accruing abilities in *Anolis garmani*. *Evolution*, 30: 253-269.

Ulloa, M., Vargas-Castilleja, R. y Horak-Romo, K. (2015). Evaluación del Índice de Eutrofización por Nutrientes en la Costa Sur de Tamaulipas en Condiciones de Lluvia y Estío. *Revista Latinoamericana, El ambiente y las ciencias*. 6(12): 527-531.

Urian, L., Gorgone, A., Read, A., Balmer, B., Wells, R.S., Berggren, P., Durban, J., Eguchi, T., Rayment, W. & Hammond, P.S. (2014). Recommendations for photo-identification methods used in capture-recapture models with cetaceans. *Marine Mammal Science*, 31(1): 1-23.

Vermeulen, E., y Cammareri, A. (2009). Residency patterns, abundance and social composition of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in Bahía San Antonio, Patagonia, Argentina. *Aquatic Mammals*, 35: 379–386

Villanueva-Fortanelli, J. J., y Nava-Tablada, M. E. (2021). Contexto socioeconómico y problemática ambiental de la pesca en el Sistema Lagunar de Alvarado, Veracruz, desde la perspectiva de los pobladores. *Revista de El Colegio de San Luis*, XI(22): 5-30.

Villanueva-Fortanelli, J. J., y Nava-Tablada, M. E. (2023). Problemática ambiental y migración en el Sistema Lagunar de Alvarado, Veracruz, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 26: 1-11.

Wells, R. S., Scott, M. D. & Irvine, B. (1987). The social structure of free-ranging bottlenose dolphins. En: Genoways, H. H (Ed.). *Curret Mamology Volume I*. Springer Science+Business Media, LLC.

Wells, K.D. (2007). *The Ecology and Behavior of Amphibians*. The University of Chicago Press.

Wey, T.W. & Blumstein, D.T. (2012). Social attributes and associated performance measures in marmots: bigger male bullies and weakly affiliating females have higher annual reproductive success. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 66: 1075 – 1085.

Wilkin, S. M., Rowles, T. K., Stratton, E., Adimey, N., Field, C. L., Wissman, S., Shigenaka, G., Fougères, E., Mase, B., Southeast Region Stranding Network, Ziccardi, M. H. (2017). Marine mammal response operations during the Deepwater Horizon oil spill.

Williams, A.C. (2004). Population age-sex ratios of elephants in Rajaji-Corbett National Parks, Uttarakhand. Annual Progress Report on Rajaji NP Elephant age-sex ratios, 6 pp.

## **CAPÍTULO III**

# **RESIDENCIA, INTERACCIÓN CON PESCA ARTESANAL Y CONDUCTA DE HEMBRAS DE TURSIÓNES (*Tursiops truncatus*) EN ALVARADO, VERACRUZ**

### **Artículo científico**

Escobar-Lazcano M., Morteo E., Delfín-Alfonso C.A., Islas-Villanueva V., Pérez-España J., Bello-Pineda J. 2025. Reproductive stage influences residency and site fidelity in female common bottlenose dolphins from the coastal waters off the southwestern Gulf of Mexico. Marine Mammal Science.  
<https://doi.org/10.1111/mms.70040>

## I. INTRODUCCIÓN

La distribución, residencia y comportamiento de las especies de mamíferos están influenciados por un conjunto de factores ambientales, incluyendo la disponibilidad de presas, la distribución de depredadores y la exposición a actividades humanas. En los mamíferos marinos, el estado reproductivo también desempeña un papel significativo, particularmente debido a los altos costos energéticos asociados con la gestación, la lactancia y el cuidado parental. Estos costos a menudo están mediados por estructuras sociales matrilineales, donde la cooperación entre hembras en la crianza de las crías es común (Kasuya, 1995), lo que destaca un vínculo estrecho entre la energética reproductiva y el comportamiento social.

Las hembras de delfín, por ejemplo, invierten una cantidad considerable de energía a lo largo de sus etapas reproductivas, al modificar el comportamiento para aumentar la supervivencia de las crías. Esto incluye incrementar el tiempo dedicado a la alimentación en áreas más seguras y predecibles, especialmente durante la gestación y la crianza. Cuando los recursos ambientales son estables y predecibles, las hembras pueden restringir sus movimientos y permanecer dentro de áreas pequeñas, frecuentemente costeras, que reducen el riesgo de depredación (Gowans et al., 2023). Sin embargo, estas áreas a menudo se superponen con regiones de intensa actividad humana, incluyendo tráfico marítimo y actividad pesquera.

En este contexto, las hembras de tursión (*Tursiops truncatus*) tienden a mostrar una mayor fidelidad al sitio y residencia que los machos, particularmente cuando están acompañadas de crías. Las hembras pueden usar preferentemente zonas con menor perturbación para minimizar el riesgo antropogénico (Simões-Lopes y Fabian, 1999; Nowacek et al., 2001; Morteo et al., 2014). Comprender cómo el estado reproductivo influye en el comportamiento y el uso del espacio es, por tanto, vital para identificar las necesidades ecológicas específicas por sexo y para diseñar estrategias de conservación focalizadas (Morteo et al., 2014; Hartman et al., 2015).

Aunque patrones similares han sido bien documentados en otros cetáceos, como el delfín de Risso (*Grampus griseus*) y la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) (Hartman et al., 2015; Druskat et al., 2019), la investigación sobre la influencia del estado reproductivo

en el comportamiento de *Tursiops truncatus* sigue siendo limitada, particularmente en las aguas de México. Una de las pocas excepciones es la costa de Alvarado, Veracruz, una región con más de dos décadas de investigación ecológica sobre esta especie. Diversos estudios han destacado una notable diferenciación sexual y ecológica, incluyendo patrones de residencia más marcados entre las hembras (Morteo et al., 2014; Bolaños-Jiménez et al., 2021), y segregación espacial de grupos en lactancia para evitar zonas de alto tráfico marino y pesca (Morteo et al., 2012a; La Fauci, 2017).

La población de tursiones de Alvarado es relativamente estable ( $\sim 123 \pm 27$  individuos), con un estimado del 30% que constituye un grupo núcleo residente (Morteo et al., 2014; Bolaños-Jiménez et al., 2021). En promedio, las crías permanecen con sus madres por 2.6 años (Aguilar-Badillo, 2019; Mendoza-Martínez, 2019), un periodo más corto que el promedio global de 3.5 años (Wells et al., 2025). Esto puede deberse a una adaptación conductual derivada de las presiones locales, como el riesgo de captura incidental y la perturbación por embarcaciones, ya que se sabe que las hembras modifican sus patrones de movimiento en respuesta a tales amenazas (Morteo et al., 2017; Morales-Rincon et al., 2019; Chávez-Martínez et al., 2022).

Sin embargo, aún falta un entendimiento detallado sobre cómo la etapa reproductiva interactúa con el comportamiento de residencia. Dada la importancia ecológica de la región costera de Alvarado como zona de alimentación y crianza para esta y otras especies (Morteo et al., 2017; Chávez-Martínez et al., 2022), se requiere una investigación más profunda. En este estudio, se usó una base de datos de foto-identificación de largo plazo ( $>20$  años) para examinar cómo la etapa reproductiva de las hembras afecta la residencia y el uso del espacio en esta población. También se compararon los patrones de residencia y fidelidad al sitio según el sexo, para si tales patrones reflejan diferencias subyacentes en los roles ecológicos o estrategias sociales. Este enfoque comparativo permite una comprensión más integradora de cómo la población de delfines de Alvarado, Ver., utiliza su hábitat.

## **2. ANTECEDENTES**

### **2.1. RESIDENCIA**

La residencia es definida como el tiempo que un individuo permanece en un área geográfica específica (Morteo et al., 2012); es decir, un individuo que se observa de manera regular durante un periodo se le considera residente, mientras que aquellos individuos que solo son vistos una vez en el mismo periodo se les considera no-residentes o transitorios. Esto se mide mediante número de días que un individuo permanece en la misma área (Baracho-Neto et al., 2012; Lodi y Tardin, 2018) y el tiempo de residencia generalmente depende del tipo de hábitat, las características físicas del lugar y de las temporadas climáticas (Topping y Szedlmayer, 2011). Sin embargo, Huesca-Domínguez et al. (2024) sugiere que existe evidencia del uso ambiguo de los indicadores de residencia y fidelidad al sitio, ya que existe una gran variación de las condiciones geográficas, ecológicas y logísticas que dificultan una estandarización, por lo que se debe tener cuidado a la hora de definir como se trabajará con estos conceptos.

Los datos sobre el tiempo de residencia de los individuos son de suma importancia ya que son parte esencial para la realización de evaluaciones del estatus de una población, y también para la creación de planes de manejo y conservación (Bearzi et al., 2008; Morteo, 2011; Passadore et al., 2017; Carlucci et al., 2020). De forma específica, los patrones de residencia en diferentes especies de cetáceos pueden variar de manera temporal (Akkaya Bas et al., 2018), por edad (Henderson, 2004) y por sexo (Simões-Lopes y Fabian, 1999; Morteo et al., 2014; Hartman et al., 2015).

En este sentido, la mayoría de las poblaciones costeras de tursiones alrededor del mundo están integradas por individuos tanto residentes como no residentes, por lo que se consideran poblaciones abiertas (Ballance, 1990; Simões-Lopes y Fabian, 1999; Shane, 2004). Por ejemplo, Simões-Lopes y Fabian (1999) reportaron que la mayoría de los tursiones identificados (88.5%) en su área de estudio fueron recapturados en dos o más ocasiones y considerados como residentes en diferente grado; además, observaron que las hembras presentan mayor grado de residencia que los machos, siendo vistas hasta por más de 13 años consecutivos, lo que es común en otras poblaciones de esta especie (Henderson, 2004; Morteo et al., 2014). Por otro lado, los individuos no residentes pueden mostrar un patrón

estacional, lo que se puede deber a la temporalidad de la disponibilidad de recursos y las estrategias reproductivas. Otras especies de la familia Delphinidae también presentan alta fidelidad al sitio y distribución restringida, además de diferencias sexuales, donde a pesar de que los machos son mayores en número, las hembras son identificadas con más frecuencia en la zona (Hartman et al., 2015).

El grado de residencia también puede estar relacionado con la edad de los individuos; por ejemplo, Henderson (2004) encontró que en ciertos años, todos los tursiones vistos por primera vez en Paso San Luis, Texas eran individuos jóvenes y probablemente hijos de hembras residentes; sin embargo, en años posteriores algunos adultos dejaron de ser observados y suelen ser identificados posteriormente en otros sitios, por lo que al pasar de jóvenes a la etapa adulta, tienen patrones de movimiento más amplios (Defran et al. 2015).

Específicamente en el sureste del Golfo de México, aunque existen movimientos de delfines entre zonas circundantes (i.e., Holbox y Laguna de Términos), se ha reportado un periodo de residencia de aproximadamente 10 años para los individuos de la zona; aunque los tursiones de Laguna de Términos, Campeche presentan un mayor grado de residencia (Delgado-Estrella, 2015). Para el caso de las aguas costeras de Alvarado, el grado de residencia de los tursiones se asemeja a lo observado en el resto del Golfo de México, donde cerca del 56% de los animales avistados entre 2002 y 2011 fueron recapturados entre dos y diez meses distintos, por lo que se les consideró residentes en diferentes grados; sin embargo, se les considera una población abierta por la cantidad de individuos transitorios observados (Morteo et al., 2014). También se conoce la presencia de una comunidad núcleo compuesta por individuos que son residentes regulares del sitio y otros que son visitantes ocasionales; la estimación de la abundancia para esta comunidad es de 123 individuos, compuesta tanto de hembras como de machos residentes, cuya abundancia fluctúa por efecto de la capacidad de carga (Bolaños-Jiménez et al., 2021).

## 2.2. COMPORTAMIENTO

Es sabido que existen diferencias en la inversión de energía entre hembras y machos durante la gestación y crianza, ya que estas etapas implican una mayor inversión para la

madre (Hemingway, 1999). Durante el tiempo en que las hembras se encuentran en estado de gestación o crianza, sus actividades se ven modificadas y dedican mayor tiempo a aquellas que implican la obtención y ahorro de energía como son el desplazamiento, la alimentación y el descanso (Sharpe y Rosell, 2003; Vasey, 2005).

En mamíferos terrestres se han realizado estudios comparando la proporción de actividades entre machos y hembras durante los períodos de gestación y crianza, y en general las actividades de alimentación y permanencia en refugios no muestran diferencias entre sexos, con excepción de que los machos invierten más tiempo en viajar (Sharpe y Rosell, 2003). En primates lemuriformes, las comparaciones entre machos y hembras tampoco mostraron diferencias en el tiempo de alimentación ni descanso, aunque la composición de la dieta cambió y las hembras seleccionaron alimentos que ofrecían más nutrientes (Hemingway, 1999).

Las hembras lactantes del mono aullador negro (*Alouatta pigra*) pasan más tiempo en estado de inactividad y alimentándose de frutas, en comparación con las que no están en esta etapa; además, en los primeros dos tercios del tiempo de lactancia, las hembras parecen pasar menor tiempo descansando y mayor tiempo en actividades sociales. Sin embargo, para el final de la lactancia esta actividad disminuye, maximizando la ingesta de alimento de alta calidad y valor energético (Dias et al., 2011).

Para los tursiones del estado de Veracruz se ha observado que los patrones de actividad tienen variaciones dependiendo del sitio. En el caso del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV), Nautla, Tuxpan y Tamiahua, las conductas más comunes realizadas por los tursiones son las sociales, evasión, alimentación y desplazamiento en todas las temporadas del año; además, se observaron diferencias significativas en el tiempo que pasan realizando estas actividades en diferentes temporadas climáticas ( $p<0.001$ ) (Retureta-Delgado, 2012; Guzmán-Vargas, 2015; Escobar-Lazcano, 2019; Morteo et al., 2019).

En el caso de Alvarado, la conducta más frecuente desplegada por tursiones es la evasión, que ocupa el 20% del tiempo, seguida de la conducta social con el 17% y por último la alimentación con 16%; lo anterior deja ver que las actividades humanas en la zona influyen en las actividades de los tursiones (Guzmán-Vargas, 2015). El despliegue de las conductas

antes mencionadas, sugiere que las hembras de tursiones modifican sus actividades en función de la etapa reproductiva en la que se encuentran, debido a factores como las actividades humanas y la temporada climática. Pese a lo antes mencionado, hasta el momento no existe un estudio sistemático acerca de los efectos de las embarcaciones y actividades pesqueras en la conducta y ecología de las hembras en sus diferentes etapas reproductivas (i.e. durante el embarazo y la crianza).

### **2.3. INTERACCIÓN CON ACTIVIDADES HUMANAS**

Los riesgos que conllevan las actividades humanas sobre la conducta y dinámica poblacional de muchas especies terrestres y acuáticas han sido estudiadas en muchos sitios en el mundo, particularmente donde el desarrollo y la globalización han crecido de manera vertiginosa, tanto en el México, como en el resto del mundo (Freitas-Nery et al., 2008; Morteo et al., 2012; Rodríguez-Quiroz et al., 2018; Morales-Rincon et al., 2019).

Hasta ahora se sabe que el tránsito marítimo tiene consecuencias sobre la conducta y dinámica poblacional de mamíferos marinos. En especies de cetáceos como la ballena franca (*Eubalaena australis*), el aumento de embarcaciones turísticas ha provocado cambios, principalmente en sus zonas de crianza y aumentado la evasión y la velocidad de nado en las zonas de avistamiento (Rivalora et al., 2001). Igualmente, la presencia de embarcaciones reduce la frecuencia de alimentación en ballenas de minke (*Balaenoptera acutorostrata*), lo que resulta en la disminución de la alimentación, afectando principalmente a hembras en estado de gravidez, ya que provoca que el feto disminuya su tasa de crecimiento, con consecuencias potencialmente negativas en el éxito reproductivo (Christiansen y Lusseau, 2015).

Por otro lado, se sabe que el estrés causado por las embarcaciones en algunas poblaciones de tursiones puede provocar que los individuos pasen mayor tiempo bajo la superficie; además, el gasto energético se incrementa por el efecto de la evasión (e.g., nado súbito, rápido y persistente con buceos prolongados), dependiendo del tipo de embarcación y de la actividad que realicen (Seuront y Cribb, 2011). El sonido provocado por las embarcaciones también tiene efectos sobre la conducta vocal de los tursiones, que, al ser su

principal forma de comunicación, afecta la cohesión grupal, y causa alteraciones en la estructura de grupo, provocando en casos extremos eventos de separación entre madres y sus crías (Guerra et al., 2014). Esto último, puede causar efectos negativos para las parejas de madres y crías ya que pasan la mayor parte del tiempo juntas para cubrir las necesidades de la cría; este periodo dura alrededor de tres años (Krzyszcyk et al., 2017; Karnisk et al., 2018) y aunque existen evidencias de presiones humanas que pueden acortar este periodo hasta en una tercera parte (Mendoza-Martínez, 2019), también hay reportes de crías que se quedan con sus madres hasta por 10 años (Wells, 1998).

De igual manera se reportan que las tasas de vocalización de los tursiones pueden tener variaciones de frecuencia y tipo al estar interactuando con las embarcaciones en búsqueda de alimento (Holt et al., 2009; Erbe et al., 2018; Hurtado-Mejorada, 2021). Algunos estudios mencionan que los tursiones pueden reducir el número de individuos en sus grupos como estrategia para evadir las embarcaciones y la detección por parte de los pescadores (García-Vital et al., 2015; Morales-Rincon et al., 2019).

Aunque de manera general los tursiones pueden presentar diferentes conductas en presencia de embarcaciones, la evasión es la más común, lo que disminuye o interrumpe sus actividades, en especial aquellas relacionadas con la alimentación, el contexto social y descanso, lo cual, como se mencionó, podría aumentar los niveles de estrés (Papale et al., 2012). De manera similar, Morales-Rincon et al. (2019), reportan una disminución en las conductas que implican mayor exposición del cuerpo cuando se encuentran más cerca de las embarcaciones, posiblemente para reducir la detección por parte de los pescadores y el riesgo lesiones o muerte.

Específicamente en Alvarado Veracruz, existen algunos estudios que hablan sobre las interacciones de embarcaciones pesqueras con tursiones. Morteo (2011) y Morteo et al. (2012) han encontrado que las embarcaciones de pesca y delfines suelen compartir las mismas áreas; sin embargo, los pescadores y delfines tienden a evitarse activamente. La Fauci (2017) encontró precisamente que las áreas de distribución de los grupos de hembras con crías se encuentran más lejos de las zonas con alta presencia de embarcaciones. A pesar de esto, frecuentemente se observan delfines interactuando con las faenas pesqueras, aunque se

desconoce el grado de residencia y el sexo de los delfines que interactúan con las embarcaciones.

Como se había mencionado, Morteo et al. (2017) reportó que las hembras de Alvarado presentan un tiempo de residencia mayor que la de los machos, pero son estos últimos los que probablemente interactúan con mayor frecuencia con embarcaciones pesqueras (Morales-Rincon et al., 2019); esto debido a que presentan un comportamiento más curioso; además, al ser individuos solitarios o estar agregados en grupos pequeños, esto les facilita el acceso a las redes (Powell y Wells, 2011; Adimey et al., 2014). Por otro lado, la fuerza y duración de los lazos sociales entre madres y crías en la zona se encuentran en el límite inferior de lo reportado para la especie (asociaciones <50% y duran entre 2.1 y 3.9 años), que es cuando se presenta un cambio marcado en la dieta de los jóvenes pasando de la etapa de lactancia a la alimentación exclusiva de peces (Aguilar-Badillo, 2019; Mendoza-Martínez, 2019); esto posiblemente debido a un elevado costo energético por la evasión de zonas con alto tráfico de embarcaciones, ya que los grupos de adultos con crías presentan una segregación especial como respuesta a características físicas del medio como la profundidad, estrategias alimenticias, pero principalmente a las actividades humanas del sitio (La Fauci, 2017).

### **3. HIPÓTESIS**

Si el comportamiento de las hembras depende de los requerimientos de cada etapa reproductiva (gestación, crianza e inter-cría), entonces se espera que su residencia y fidelidad al sitio varíen, así como su presupuesto de actividades y la interacción con actividades pesqueras. En particular, se espera que durante la gestación y la crianza muestren mayor residencia, prioricen el descanso y la alimentación, y reduzcan su interacción con embarcaciones y equipo de pesca.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 GENENERAL**

Evaluar el efecto del estado reproductivo en la residencia individual, el presupuesto de actividades y el grado de interacción con embarcaciones y actividades pesqueras en hembras adultas de tursión.

### **4.2 PARTICULARES**

1) Comparar el tiempo de residencia de las hembras en el área de estudio según su etapa reproductiva.

2) Analizar las diferencias temporales en el presupuesto de actividades de las hembras en función de su estado reproductivo.

3) Determinar si el grado de interacción con embarcaciones y actividades pesqueras varía entre etapas reproductivas.

## **5. MÉTODO**

### **5.1 ANÁLISIS DE DATOS**

#### **5.1.1. DETERMINACIÓN DE ETAPAS REPRODUCTIVAS**

Las hembras adultas del tursión fueron clasificadas en tres etapas reproductivas, siguiendo el esquema de Gero et al. (2005), con adaptaciones basadas en Aguilar-Badillo (2019):

- Gestación (GE): Definida como el periodo durante el cual el feto se desarrolla en el útero (Ghaemmaghami y Ehlert, 2013);
- Crianza (CR): Corresponde al periodo durante el cual la hembra es responsable del cuidado de su cría, desde el nacimiento hasta que la cría se vuelve completamente independiente (Aguilar-Badillo, 2019); y

- Inter crías (IC): Representa el periodo posterior a la independencia o pérdida de la cría, durante el cual la hembra no está acompañada por una cría y no muestra signos de estar gestante ni de amamantar otra cría dependiente.

Se usó una versión modificada del método de Gero et al. (2005) (detallado en Aguilar-Badillo, 2019) para asignar la etapa reproductiva. Esta clasificación se basó principalmente en observaciones repetidas de foto-identificación a lo largo del tiempo, ya que las crías son altamente dependientes y normalmente permanecen cerca de sus madres, lo que aumenta la probabilidad de ser fotografiadas junto a ellas durante la etapa de dependencia. Para estimar el periodo de gestación, se aplicaron dos criterios para determinar la posible fecha de nacimiento:

1. Los neonatos fueron identificados por rasgos morfológicos como los pliegues fetales visibles (que se desvanecen entre los 60 y 90 días posparto), una aleta dorsal caída y una longitud corporal relativa menor a un tercio de la madre (Mann y Smuts, 1999; Neuenhoff, 2009);
2. La primera aparición de la cría con la madre fue precedida por un periodo documentado en el que la madre fue observada sola, lo que ayudó a delimitar la ventana probable de nacimiento

Usando estos indicadores, se calculó el periodo de gestación suponiendo una duración aproximada de 12 meses, como lo establecen estudios en individuos silvestres y en cautiverio de esta especie (Kasuya, 1995). Finalmente, las hembras fueron clasificadas dentro del intervalo entre crías, si previamente habían sido observadas con una cría, pero contaban con datos longitudinales suficientes (es decir, >1 año sin señales de gestación y >2.6 años después de la dependencia de la cría) para excluirlas de las categorías de gestación y cría dependiente.

### **5.1.2 RESIDENCIA Y FIDELIDAD AL SITIO**

Dada la larga duración de este estudio y la presencia de brechas temporales en el esfuerzo de muestreo, los análisis de residencia y fidelidad al sitio se realizaron por separado (en adelante “periodo”) para reducir la pseudoreplicación y los sesgos temporales. Los cinco periodos definidos fueron: 1) 2002–2003, 2) 2006–2010, 3) 2016–2018, 4) 2019–2020 y 5)

2022–2023. Los años sin esfuerzo de muestreo suficiente o con amplias brechas temporales (es decir, 2004–2005, 2011–2015 y 2021) fueron excluidos para evitar sesgos en los resultados debido a una cobertura temporal incompleta. Cabe destacar que la partición temporal es crucial para la precisión del cálculo de índices de residencia y fidelidad al sitio, los cuales son altamente sensibles a variaciones en el esfuerzo y la duración de los muestreos (Morteo et al., 2012b; Huesca-Domínguez et al., 2024). Por ejemplo, el IH4 depende de los componentes de permanencia y periodicidad (*sensu* Morteo et al., 2012b), los cuales pueden verse afectados por vacíos en el esfuerzo. Por lo tanto, dividir el conjunto de datos en períodos bien definidos asegura estimaciones confiables y no sesgadas de los patrones de uso del sitio.

Esta estructuración basada en períodos aseguró una resolución temporal consistente y mejoró la comparabilidad entre las estimaciones de residencia a lo largo de los 20 años del estudio. La residencia y la fidelidad al sitio se evaluaron utilizando cuatro índices validados en literatura reciente (Zanardo et al., 2016; Pace et al., 2021; Huesca-Domínguez et al., 2024). Estos incluyeron: IH4, Definido por Tschopp et al. (2018) y basado en la formulación original de Ballance (1990); este índice cuantifica la proporción de tiempo que un individuo está presente en el área de estudio durante un periodo dado. Se calcula como:

$$IT_i = \frac{F_i}{F}$$

**Ecuación 1.** Ecuación de “permanencia” de Tschopp et al. (2018), basada en Ballance (1990)

Donde  $F_i$  es el tiempo entre el primer y el último avistamiento del individuo durante un periodo dado, y  $F$  es la duración total de ese periodo. Este valor está ponderado por la periodicidad (Morteo et al., 2012b), definida como el inverso del tiempo promedio entre recapturas sucesivas.

Además, se calcularon las Tasas de recaptura mensual, estacional y anual, calculadas como el número promedio de avistamientos por individuo en cada intervalo. De acuerdo con estos, los individuos fueron clasificados como: “residente regular” (RR), “residente ocasional” (RO) y “visitante ocasional” (VO).

Estos indicadores se calcularon para cada individuo sexado en cada periodo, y luego se utilizaron para realizar un análisis de conglomerados jerárquico utilizando el método de aglomeración de Ward, donde se agruparon individuos con patrones similares de residencia y fidelidad al sitio. El número de conglomerados se seleccionó mediante la regla heurística del codo, utilizando el paquete “factoextra” en Rstudio (Kassambara y Mundt, 2020; Pace et al., 2021; R Core Team, 2021). Estos grupos también fueron caracterizados por su suma de cuadrados dentro del grupo (“within-cluster sum of squares”, WCSS), utilizando las medidas de residencia y fidelidad al sitio (i.e., IH4 y las tasas mensual, estacional y anual) (Zanardo et al. 2016 y Pace et al. 2021).

Para explorar diferencias basadas en el sexo, se realizó una prueba de Mann-Whitney comparando los índices de residencia y fidelidad al sitio de las hembras con los de los machos. Este análisis tuvo como propósito identificar diferencias generales en los patrones de uso del área, más que efectos repetidos a nivel individual. Por lo tanto, los datos se compararon por etapa reproductiva con respecto a la mediana de todos los machos, independientemente de su edad y etapa reproductiva, usando el lenguaje de programación Rstudio (R Core Team, 2021). Finalmente, para evaluar el efecto de la etapa reproductiva sobre la residencia, se aplicó un Modelo Lineal Generalizado Mixto (GLMM) utilizando el paquete glmmTMB en R (Brooks et al., 2017). En este modelo, los índices de residencia (es decir, IH4 y las tres tasas temporales) se trataron como variables dependientes. La etapa reproductiva fue el efecto fijo, y la ID de la hembra ( $n=14$ ) se modeló como efecto aleatorio para controlar por medidas repetidas.

### **5.1.3. PRESUPUESTO DE ACTIVIDADES**

Los registros de comportamiento fueron estandarizados convirtiéndolos en proporciones, representando el tiempo relativo asignado a cada actividad. Este enfoque supone que la actividad grupal predominante observada durante cada avistamiento sirve como un proxy confiable del comportamiento del individuo focal (Guzmán-Vargas, 2015).

Se calculó la representación proporcional de cada tipo de actividad para cada una de las 14 hembras adultas con datos de avistamiento suficientes. Estas proporciones a nivel

individual fueron utilizadas para probar diferencias entre etapas reproductivas mediante un Modelo Lineal Generalizado Mixto (GLMM). En el modelo, el tipo de actividad fue tratado como la variable de respuesta, la etapa reproductiva como efecto fijo, y la identificación del individuo como efecto aleatorio para controlar las medidas repetidas entre individuos.

Para evaluar posibles diferencias en los patrones conductuales entre sexos, también se compararon las proporciones agrupadas de actividad de hembras frente a las de machos mediante una prueba de Chi-cuadrado. Este análisis se realizó en XSLAT 2023.2.1414, lo que permitió identificar diferencias conductuales específicas por sexo entre las principales categorías de actividad.

#### **5.1.4 INTERACCIÓN CON EMBARCACIONES Y ARTES DE PESCA**

Cuando todas las hembras fueron identificadas, se determinó su grado de interacción con las embarcaciones y pesquerías. Las interacciones se consideraron dentro de tres rangos diferentes, según el criterio de Morales-Rincon et al. (2019) para el área de estudio: 1) hembras a <30 m de la embarcación se consideraron en interacción operacional; 2) hembras entre 31-60 m se consideraron en interacción biológica; y 3) hembras a >60 m se consideraron sin interacción. Como se mencionó, estos datos fueron recolectados *in situ* durante las navegaciones, usando el método de estimación distancias, calibrado para observadores según Morteo y Hernández-Candelario (2007).

Se analizó la proporción del número de ocasiones en que los individuos fueron registrados interactuando (de manera operacional o biológica), entre el total de sus registros en el área de estudio (Morteo et al., 2012). Dichos datos se agruparon y compararon estadísticamente entre etapa reproductiva (gestación, crianza, inter-cría).

## **6. RESULTADOS**

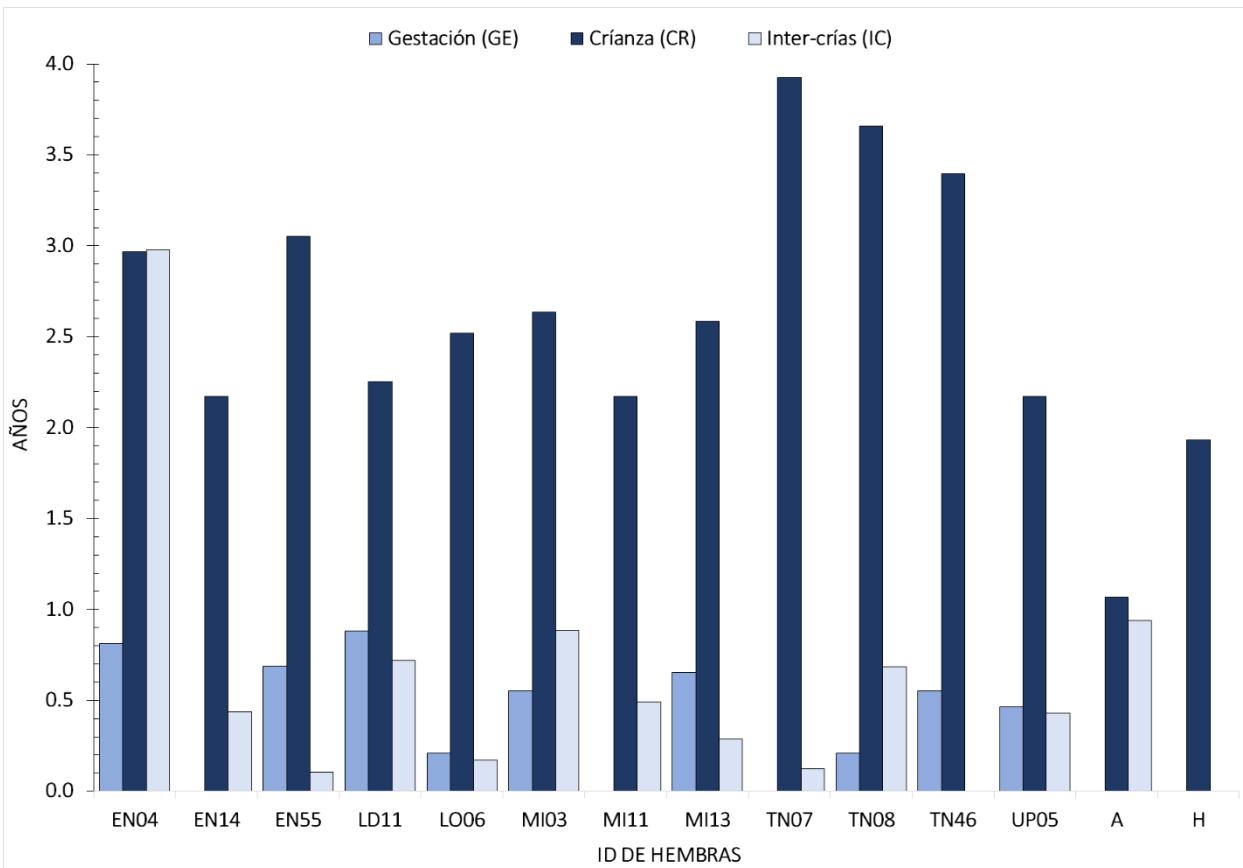
### **6.1. RESIDENCIA Y FIDELIDAD AL SITIO**

A lo largo de los cinco períodos de muestreo entre 2002 y 2023, se realizaron un total de 143 recorridos estandarizados. A partir de estos, se logró foto-identificar a 122 hembras

putativas y 20 machos putativos, a partir del catálogo de largo plazo que incluye más de 400 individuos. La identificación se basó en la comparación visual de 10,979 fotografías de aletas dorsales obtenidas durante las campañas de 2002 – 2003 y 2006 – 2010, complementadas por 5,196 imágenes adicionales analizadas mediante el algoritmo finFindR durante los períodos 2016 – 2020 y 2022 – 2023.

Del total de hembras identificadas, solo 14 individuos (11.5%) cumplieron con los criterios de inclusión, es decir, contaban con datos de avistamiento suficientes y consistentes a lo largo del tiempo para evaluar de manera confiable su etapa reproductiva. Entre estas, la etapa de crianza (CR) fue la más comúnmente asignada, observada al menos una vez en el 100% de los individuos calificados. El periodo de inter-crías (IC) se identificó en el 86% de los casos, y la gestación (GE) pudo asignarse en el 64%.

En promedio, la etapa CR tuvo una duración de  $2.61 \pm 0.75$  años, con una duración máxima registrada de 3.9 años. La etapa IC se observó en 12 hembras, con un promedio de  $0.69 \pm 0.77$  años, aunque una hembra fue observada durante hasta 2.9 años sin actividad reproductiva aparente. La gestación, que se espera tenga una duración aproximada de 12 meses en *T. truncatus*, fue observada completamente solo en dos hembras. En los casos restantes, las brechas en los avistamientos impidieron confirmar el periodo completo de gestación. Para estos registros parciales, la duración promedio estimada fue de  $0.56 \pm 0.24$  años (Figura 9).



**Figura 9.** Duración de las etapas reproductivas de hembras de delfín nariz de botella con datos disponibles ( $n = 14$ ) en el suroeste del golfo de México (datos de 143 muestreos de foto-identificación entre 2002 – 2023).

En total, 122 hembras contaron con datos suficientes en al menos uno de los períodos de muestreo para evaluar residencia y fidelidad al sitio. El número y la proporción de individuos asignados a cada categoría de residencia (Hembras Residentes Regulares – RR; Hembras Residentes Ocasionales – RO; Hembras Visitantes Ocasionales – VO) variaron sustancialmente a lo largo de los cinco períodos del estudio.

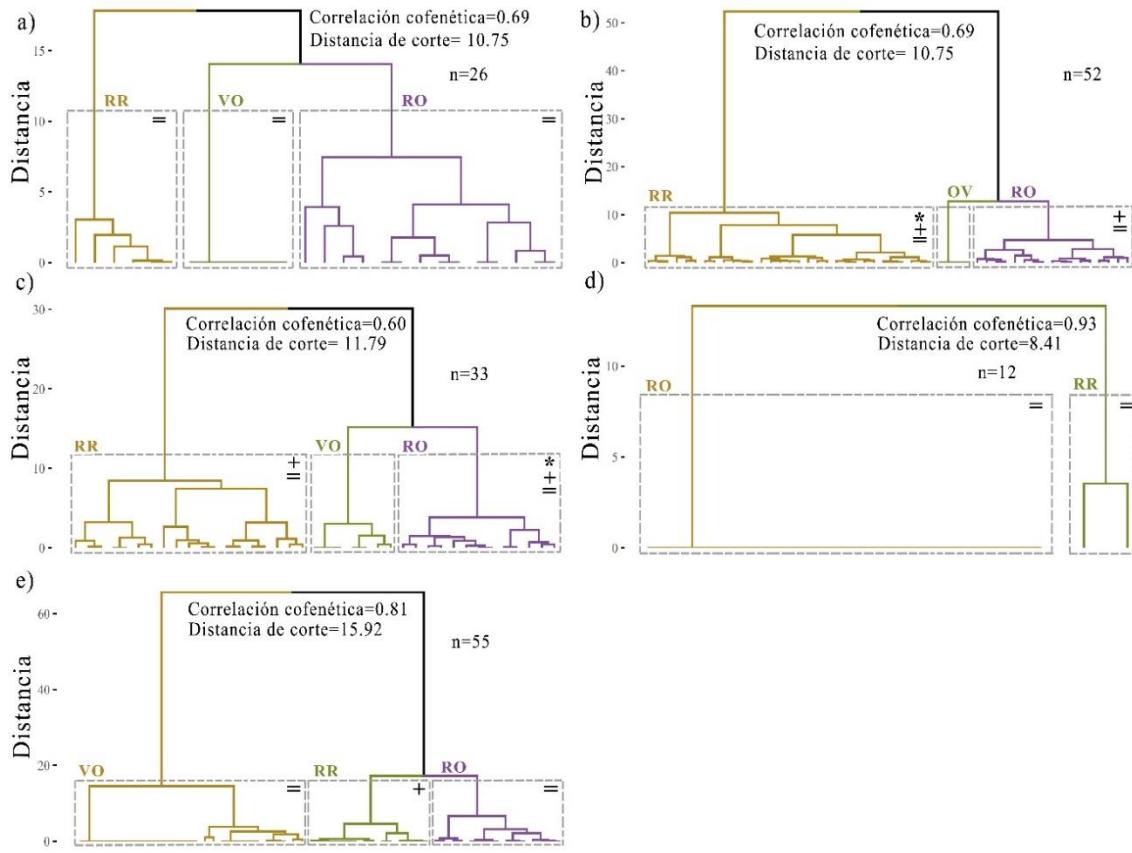
El análisis de conglomerados utilizando el método del codo resolvió consistentemente tres grupos distintos en cuatro de los cinco períodos, con la excepción del Período 4, en el cual solo se identificaron dos conglomerados, probablemente debido al limitado tamaño de la muestra.

Las RR fueron más frecuentes en los Periodos 2 (2006 – 2010) y 3 (2016 – 2018), lo que sugiere un uso del sitio más estable y una presencia individual prolongada durante esos años. En contraste, las OR dominaron en los Periodos 1 (2002 – 2003) y 4 (2019 – 2020),

mientras que las OV se volvieron cada vez más prevalentes en el Periodo 5 (2022 – 2023), lo que indica un cambio hacia hembras más transitorias en los años recientes. (Tabla 4; Figura 10).

**Tabla 4.** Medias y desviaciones estándar de las métricas de residencia y fidelidad al sitio en hembras de delfín nariz de botella (N=122) del suroeste del Golfo de México, utilizadas para la caracterización de grupos en los clústeres mediante el método del codo.

Periodo (n)	Grupo/cluster	n	IH4	Tasa mensual	Tasa temporal	Tasa anual
2002-2003 (n=26)	RR	6	0.49 ± 0.12	100.00 ± 0.00	36.11 ± 6.81	33.33 ± 9.13
	OR	14	0.36 ± 0.13	50.00 ± 0.00	27.38 ± 15.48	25.60 ± 10.05
	OV	6	0.00 ± 0.00	50.00 ± 0.00	16.67 ± 0.00	8.33 ± 0.00
2006-2010 (n=52)	RR	31	0.47 ± 0.10	93.55 ± 10.82	70.51 ± 10.39	29.93 ± 8.18
	OR	17	0.25 ± 0.06	60.00 ± 17.32	29.83 ± 8.08	11.33 ± 3.52
	OV	4	0.00 ± 0.00	20.00 ± 0.00	7.14 ± 0.00	1.85 ± 0.00
2016-2018 (n=39)	RR	19	0.39 ± 0.10	87.72 ± 16.52	64.66 ± 11.03	24.76 ± 7.62
	OR	13	0.27 ± 0.07	66.67 ± 0.00	39.56 ± 3.25	13.10 ± 3.25
	OV	7	0.08 ± 0.08	33.33 ± 0.00	18.37 ± 6.97	5.82 ± 1.98
2019-2020 (n=12)	RR	2	0.34 ± 0.15	100.00 ± 0.00	75.00 ± 35.36	23.08 ± 10.88
	OR	10	0.00 ± 0.00	50.00 ± 0.00	25.00 ± 0.00	7.69 ± 0.00
2022-2023 (n=55)	RR	14	0.43 ± 0.04	100.00 ± 0.00	73.81 ± 8.56	29.37 ± 2.60
	OR	15	0.27 ± 0.07	100.00 ± 0.00	48.89 ± 11.73	17.78 ± 4.79
	OV	26	0.09 ± 0.12	50.00 ± 0.00	23.72 ± 9.63	8.76 ± 4.21



**Figura 10.** Clústers jerárquicos de hembras de delfín nariz de botella en el suroeste del Golfo de México, organizados según sus métricas de residencia y fidelidad al sitio durante cinco períodos: a) 2002–2003, b) 2006–2010, c) 2016–2018, d) 2019–2020, e) 2022–2023. Su etapa reproductiva está indicada por los siguientes símbolos: \* (GE), + (CR) y = (IN).

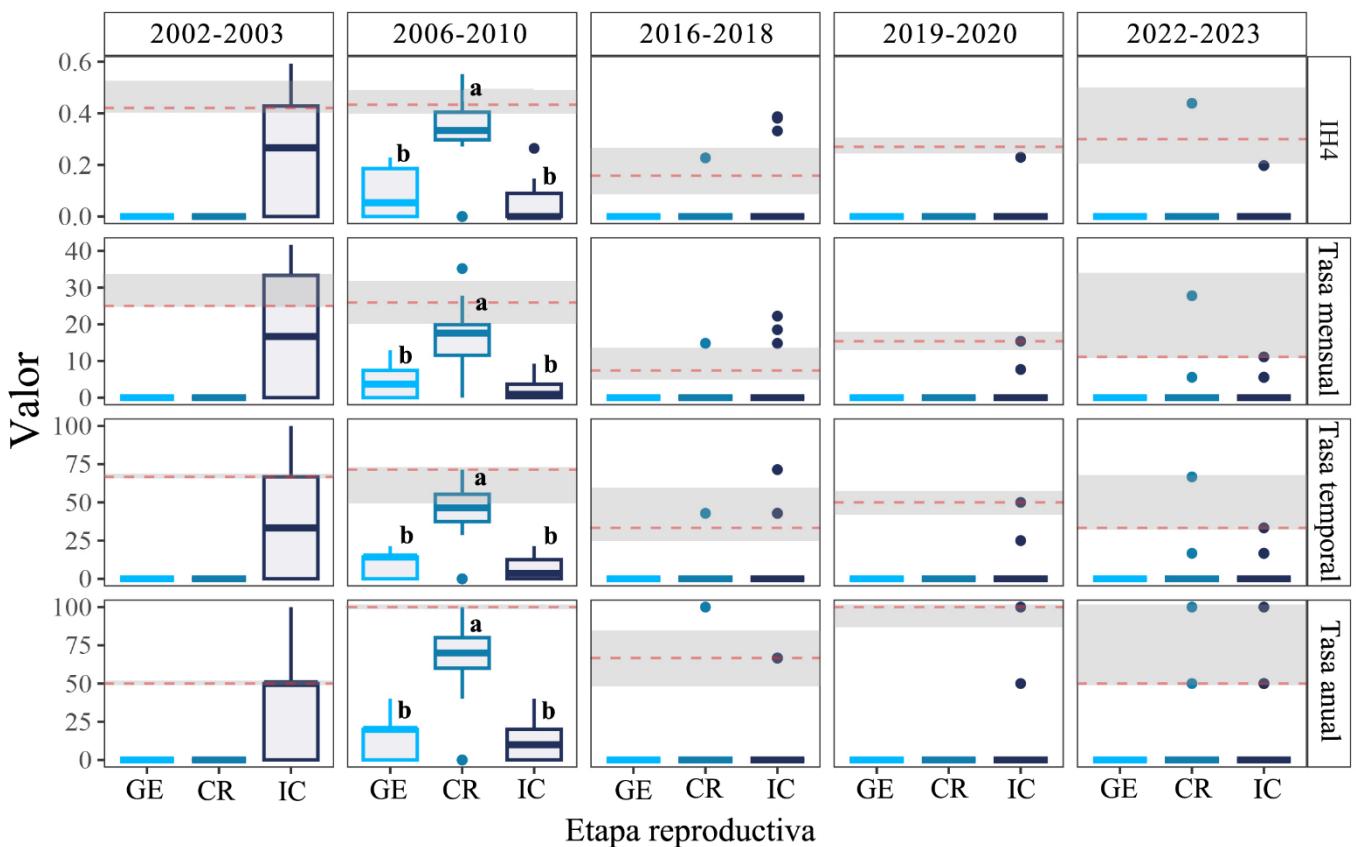
El análisis GLMM realizado para hembras con etapas reproductivas asignadas reveló diferencias estadísticamente significativas en los índices de residencia y fidelidad al sitio, pero solo durante el segundo periodo del estudio. Los tamaños de muestra para los otros cuatro periodos fueron insuficientes para respaldar comparaciones estadísticas sólidas. Cabe destacar que, durante el primer periodo, todos los datos reproductivos correspondieron exclusivamente a hembras en el periodo inter-crías. En contraste, durante el segundo periodo, se registraron hembras en las tres etapas reproductivas.

Entre estas, las hembras en etapa de crianza presentaron los valores más altos en todos los indicadores de residencia y fidelidad al sitio, seguidas por las hembras gestantes, y finalmente por aquellas en la etapa inter-crías. Estas diferencias fueron estadísticamente significativas ( $p < 0.001$ ; Tabla 5, Figura 11), lo que indica que la etapa reproductiva influye en los patrones de uso del sitio y apego espacial.

A lo largo de los tres últimos periodos, se observó una marcada disminución en el número de hembras reavistadas, acompañada de una mayor proporción de individuos identificados por primera vez. En el Periodo 3, solo cuatro hembras cumplieron con los criterios reproductivos: tres en intervalo entre apareamientos y una en etapa de cría dependiente. El Periodo 4 mostró tres hembras, todas clasificadas en intervalo entre apareamientos, y el Periodo 5 incluyó cuatro hembras, de las cuales solo una estaba en etapa de cría dependiente.

**Tabla 5.** Modelos Lineales Mixtos Generalizados (GLMM) mostrando el efecto de la etapa reproductiva sobre la residencia y la fidelidad al sitio para hembras con etapas reproductivas asignadas ( $n=14$ ) como factor aleatorio durante el segundo período (2006-2010) en el suroeste del Golfo de México. SE=error estándar.

Indicador	Etapa	Estimado	SE	t	p-valor
IH4	Gestación	-1.2707	0.3360	-3.782	< 0.001
	Crianza	-1.1372	0.1702	-6.680	< 0.001
	Inter-crías	-1.7763	0.3963	-4.482	< 0.001
Yearly rate	Gestación	-2.8507	0.6038	-4.7222	< 0.001
	Crianza	0.1007	0.1799	0.560	0.576
	Inter-crías	-3.2562	0.7326	-4.445	< 0.001
Seasonal rate	Gestación	-1.2876	0.2957	-4.354	< 0.001
	Crianza	2.7238	0.1846	14.754	< 0.001
	Inter-crías	-1.7694	0.3550	-4.984	< 0.001
Monthly rate	Gestación	-1.386	0.244	-5.682	< 0.001
	Crianza	3.658	0.179	20.435	< 0.001
	Inter-crías	-1.866	0.298	-6.260	< 0.001



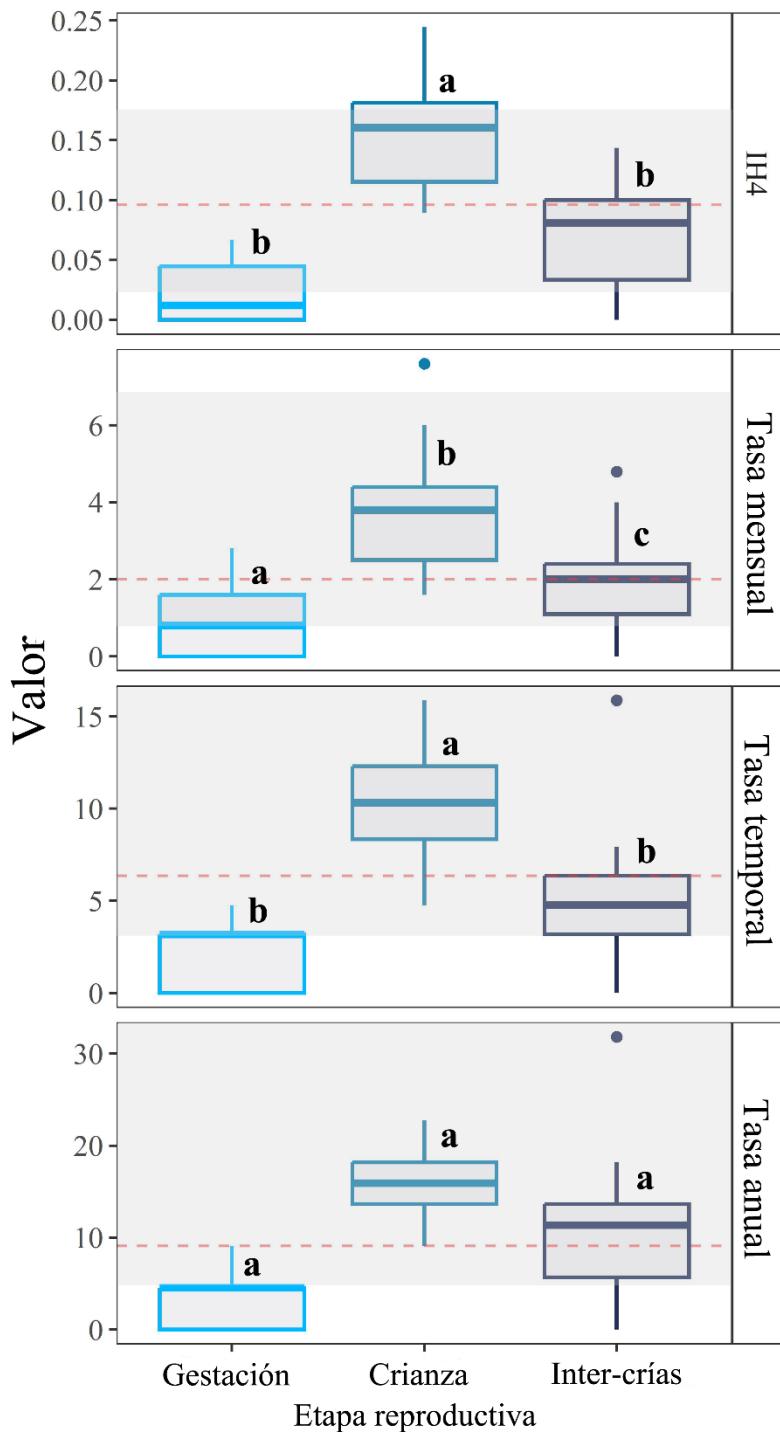
**Figura 11.** Variaciones en los índices de residencia y fidelidad al sitio por periodo de muestreo y etapas reproductivas (gestación, crianza, inter-crías) para hembras de tursión del suroeste del Golfo de México. Las letras indican diferencias significativas en comparaciones múltiples (por muestreo y etapa) a partir del modelo lineal generalizado mixto ( $\alpha = 0.05$ ). Las líneas punteadas y las áreas sombreadas muestran los valores de referencia para los machos. GE = gestación, CR = crianza, IN = inter-crías

Las limitaciones en el tamaño de muestra impidieron realizar comparaciones entre sexos durante el periodo 2006–2010, a pesar de que este intervalo fue el único en el que se encontraron diferencias estadísticamente significativas en los índices de residencia y fidelidad al sitio. Para ese periodo, los delfines machos exhibieron, en general, valores medianos más altos en la mayoría de los índices de residencia y fidelidad, con la notable excepción del índice IH4 durante la etapa de cría dependiente, donde no se detectaron diferencias significativas entre sexos (Tabla 6)

**Tabla 6.** Prueba de Mann-Whitney para los índices de residencia y fidelidad al sitio entre hembras (por etapa reproductiva; n=14) y machos (n=20) de delfines mulares en el Golfo de México suroccidental durante el período 2006-2010.

INDICADOR	ETAPA	U	p-valor
IH4	Gestación	0	0.009
IH4	Crianza	13	0.153
IH4	Inter-crías	0	0.022
Tasa anual	Gestación	0	0.007
Tasa anual	Crianza	0	0.008
Tasa anual	Inter-crías	0	0.018
Tasa temporal	Gestación	0	0.007
Tasa temporal	Crianza	1	0.003
Tasa temporal	Inter-crías	0	0.021
Tasa mensual	Gestación	0	0.009
Tasa mensual	Crianza	9	0.020
Tasa mensual	Inter-crías	0	0.021

Cuando se analizó el conjunto completo de datos que abarca de 2002 a 2023, la etapa reproductiva influyó significativamente en varios indicadores clave de residencia y fidelidad al sitio. Específicamente, el índice IH4, las tasas estacionales y las tasas mensuales variaron significativamente según el estado reproductivo. Estas métricas alcanzaron su punto máximo durante la etapa de cría dependiente y fueron menores durante la gestación y el intervalo entre apareamientos. Por el contrario, la tasa anual no mostró diferencias significativas entre etapas (Figura 12; Tabla 7).



**Figura I2.** Variación general en los indicadores de residencia y fidelidad al sitio para hembras de delfín nariz de botella según etapa reproductiva (gestación, cría dependiente, intervalo entre apareamientos) en el suroeste del Golfo de México entre 2002 y 2023. Las letras indican diferencias significativas según el modelo lineal generalizado mixto.

**Tabla 7.** Comparaciones múltiples bajo el modelo lineal mixto generalizado para los indicadores de residencia y fidelidad al sitio entre etapas reproductivas (factor aleatorio) de hembras de delfín nariz de botella ( $n=14$ ) en el suroeste del Golfo de México durante 2002-2023. SE = error estándar.

Indicator	Stage	Estimate	SE	t	p-value
IH4	Gestación	-2.94	0.3415	-8.63	< 0.001
	Crianza	3.78	0.1051	36.05	< 0.001
	Inter-crías	-2.16	0.2413	-8.95	< 0.001
Yearly rate	Gestación	-23.23	20975	-0.001	0.999
	Crianza	-0.2826	20975	10.502	0.246
	Inter-crías	-0.5644	0.3593	-1.571	0.116
Seasonal rate	Gestación	-2.9476	0.3415	-8.63	< 0.001
	Crianza	3.7874	0.1051	36.05	< 0.001
	Inter-crías	-2.1310	0.2413	-8.95	< 0.001
Monthly rate	Gestación	-1.3640	0.2924	-4.664	< 0.001
	Crianza	1.3350	0.1344	9.932	< 0.001
	Inter-crías	-0.5999	0.2243	-2.674	< 0.001

En general, las comparaciones intersexuales a lo largo de todo el conjunto de datos revelaron que los delfines machos presentaron valores medianos significativamente más altos en la mayoría de los índices de residencia y fidelidad, en comparación con las hembras en todas las etapas reproductivas. Las excepciones incluyeron el índice IH4 y la tasa anual durante el intervalo entre apareamientos, así como la tasa temporal durante la gestación, donde no se encontraron diferencias estadísticamente significativas (Tabla 8).

**Tabla 8.** Diferencias intersexuales (Mann-Whitney) en los índices de residencia y fidelidad al sitio para delfines nariz de botella según la etapa reproductiva de las hembras (gestación, crianza, inter-crías; n = 14) en el suroeste del Golfo de México durante 2002–2023.

INDICADOR	ETAPA	U	p-valor
IH4	Gestación	0	0.001
IH4	Crianza	100	0.003
IH4	Inter-crías	23	0.068
Tasa anual	Gestación	0	0.003
Tasa anual	Crianza	78	0.002
Tasa anual	Inter-crías	45	0.301
Tasa temporal	Gestación	60	0.656
Tasa temporal	Crianza	105	0.001
Tasa temporal	Inter-crías	94	0.010
Tasa mensual	Gestación	0	0.001
Tasa mensual	Crianza	78	0.003
Tasa mensual	Inter-crías	2	0.002

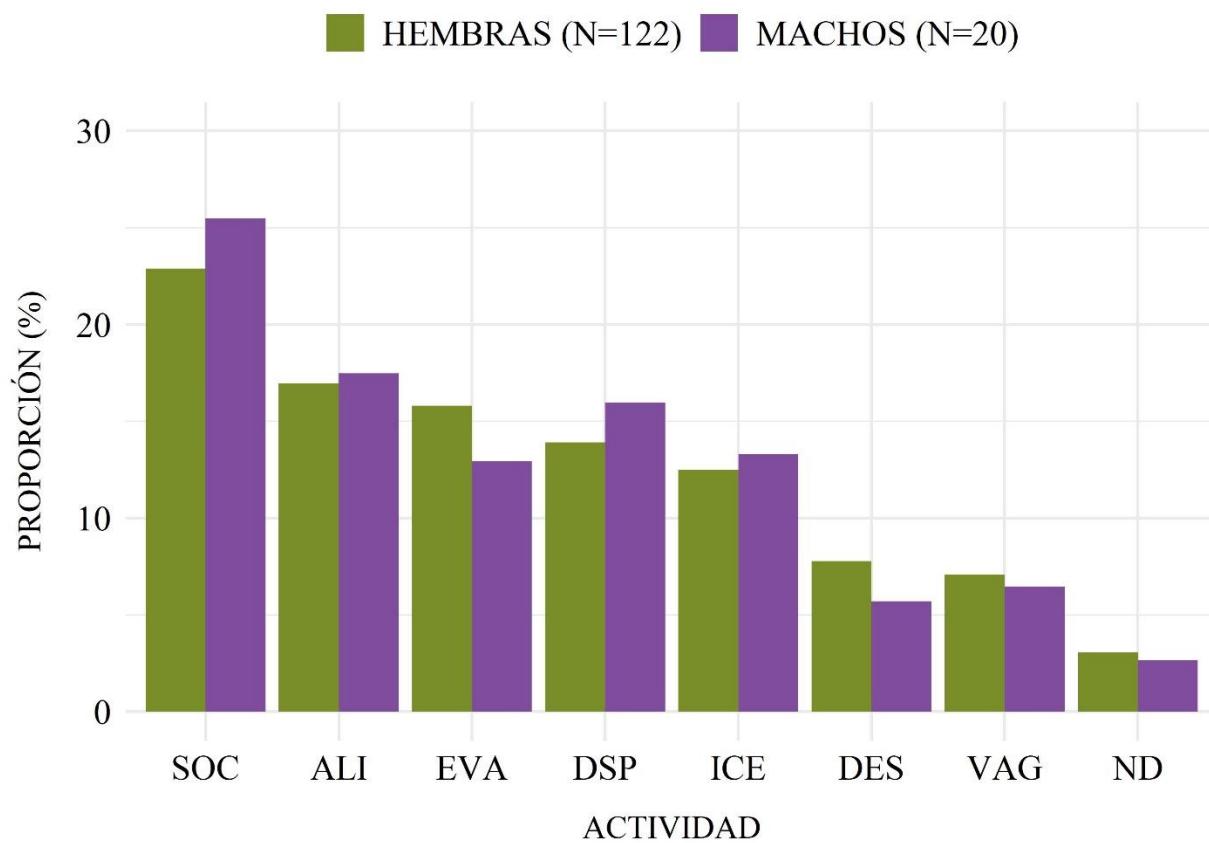
## 6.2 PRESUPUESTO DE ACTIVIDADES

Debido a restricciones en la confiabilidad de los datos, para este análisis solo se utilizaron observaciones del periodo 2006 a 2023, correspondientes a los últimos cuatro periodos de muestreo (es decir, 2006–2010, 2016–2018, 2019–2020 y 2022–2023). A lo largo de estos periodos, se registraron datos de comportamiento de 122 hembras identificadas, resultando en 424 registros de actividad provenientes de 108 eventos de avistamiento independientes. Con fines comparativos, se obtuvieron 263 registros de comportamiento de 20 machos a lo largo de 83 avistamientos.

Entre las hembras, los comportamientos más frecuentemente observados fueron las interacciones sociales (n = 97; 22.9%), alimentación (n = 72; 17.0%) y evasión (n = 67; 15.8%). En contraste, comportamientos como descanso (7.8%), vago (7.1%) y no determinado (3.1%) fueron los menos representados. Los machos mostraron un patrón similar, con comportamientos sociales (n = 67; 25.5%) y de alimentación (n = 46; 17.5%), y

el desplazamiento ( $n = 42$ ; 16.0%) ocupó el tercer lugar, a diferencia de las hembras, en quienes la evasión fue más frecuente (Figura 13).

Sin embargo, no se detectaron diferencias estadísticamente significativas en la distribución general de actividades entre sexos ( $\chi^2 = 0.978$ ,  $gl = 7$ ,  $p = 0.99$ ). De igual forma, las frecuencias observadas para las categorías de actividad de las hembras no se desviaron significativamente de las expectativas aleatorias ( $\chi^2 = 12.504$ ,  $gl = 7$ ,  $p = 0.08$ ), lo que sugiere un patrón conductual relativamente homogéneo en términos de clases amplias de actividad.



**Figura 13.** Proporción de registros de actividad por sexo en turismos del suroeste del Golfo de México durante 2006-2023. SOC = Social, ALI = Alimentación, EVA = Evasión, DSP = Desplazamiento, ICE = Interacciones con embarcaciones, VAG = Vago, DES = Descanso, ND = Indeterminado.

El Modelo Lineal Generalizado Mixto (GLMM), mostró efectos significativos de la etapa reproductiva sobre la distribución de varios comportamientos (Tabla 9). En particular,

el comportamiento social aumentó significativamente durante la etapa inter-cría en comparación con la etapa de crianza (Est. = -0.724, p = 0.003), con un aumento marginal en comparación con la gestación (Est. = -0.589, p = 0.078). Esto podría reflejar una mayor flexibilidad conductual o una menor inversión parental durante el intervalo entre apareamientos.

El comportamiento de alimentación fue más probable tanto durante la gestación (Est. = -0.709, p = 0.031) como durante inter-crías (Est. = -1.170, p < 0.001) que durante la crianza, lo que probablemente indique una asignación estratégica del esfuerzo de alimentación cuando las demandas energéticas son más altas o las restricciones sociales son menores.

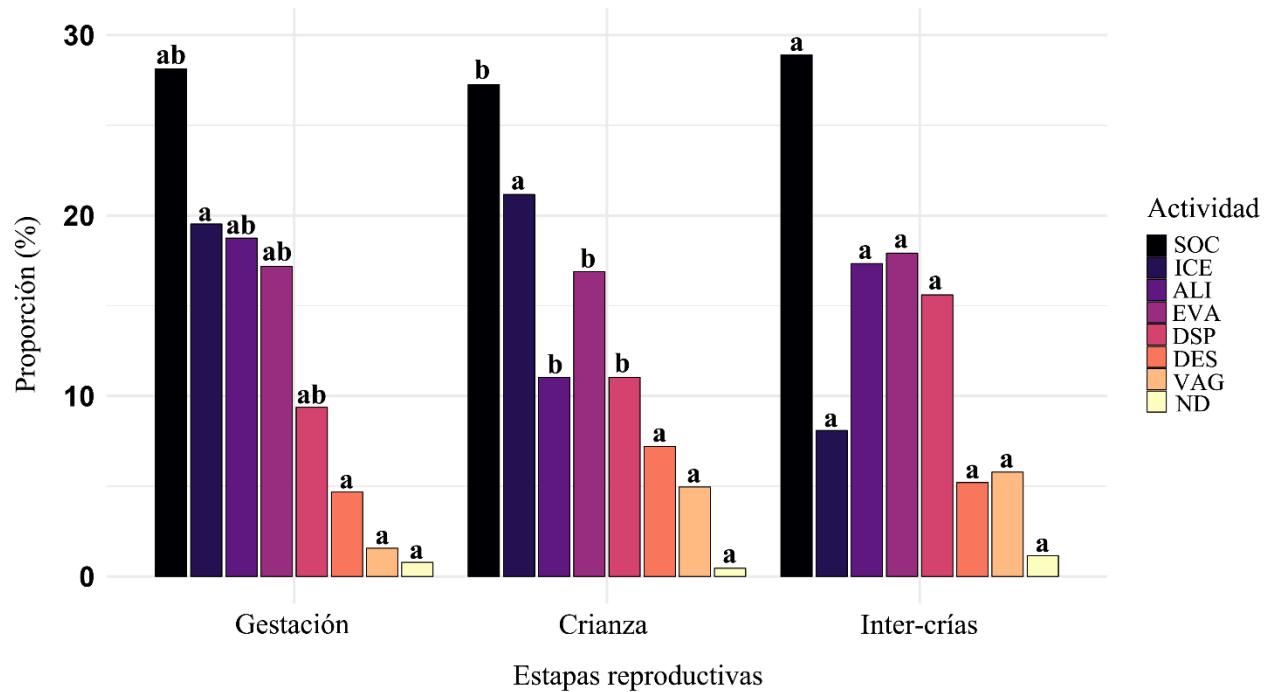
El comportamiento de evasión fue significativamente más común en la etapa inter-crías que durante la etapa de crianza (Est. = -0.609, p = 0.047), posiblemente debido a una mayor exploración espacial o a una menor restricción por la proximidad de la cría. Curiosamente, las interacciones con embarcaciones mostraron solo una disminución marginalmente significativa durante la etapa inter-crías en comparación con la crianza (Est. = 0.646, p = 0.093), lo que plantea interrogantes sobre cómo varía la sensibilidad conductual a los estímulos antropogénicos según la inversión reproductiva.

El comportamiento de desplazamiento mostró variaciones significativas entre etapas, siendo más frecuente durante inter-crías en comparación con la etapa de crianza (Est. = -0.874, p = 0.005) y con la gestación (Est. = -0.981, p = 0.025). Esto es consistente con la interpretación de que las hembras son espacialmente más flexibles o se desplazan más en ausencia de crías.

Comportamientos como el descanso, vago y no determinado no mostraron diferencias significativas entre etapas reproductivas en las comparaciones post hoc. Aunque los interceptos para algunos de estos comportamientos fueron estadísticamente significativos, estos solo reflejan probabilidades de ocurrencia distintas de cero en la etapa de referencia (crianza) y no indican diferencias entre etapas (Figura 14).

**Tabla 9.** Comparaciones múltiples bajo el modelo lineal generalizado mixto para las actividades entre etapas reproductivas (factor aleatorio) en hembras de delfín nariz de botella ( $n = 14$ ) del suroeste del Golfo de México durante 2006–2023. SE = error estándar. SOC = Social, ALI = Alimentación, EVA = Evasión, DSP = Desplazamiento, ICE = Interacciones con embarcaciones, VAG = Vago, DES = Descanso, ND = Indeterminado.

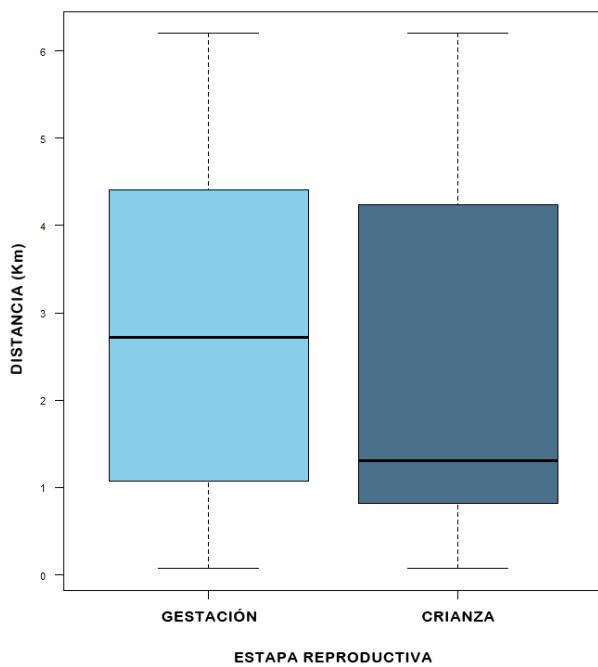
Actividad	Etapa	Estimado	SE	t	p-valor
ALI	Gestación	0.7090	0.2812	2.521	0.0117
	Crianza	-2.3556	0.2013	-11.700	<0.001
	Inter-crías	1.1702	0.2862	4.089	<0.001
SOC	Gestación	0.1347	0.2242	0.601	0.5478
	Crianza	-1.2443	0.1316	-9.456	<0.001
	Inter-crías	0.7236	0.2215	3.266	<0.001
ICE	Gestación	-0.01836	0.25061	-0.073	0.9416
	Crianza	-1.56700	0.12888	-12.158	<0.001
	Inter-crías	0.64621	0.30972	-2.086	0.0369
EVA	Gestación	0.1217	0.1393	-13.208	<0.001
	Crianza	-1.8399	0.2684	0.453	0.650
	Inter-crías	0.6091	0.2574	2.366	0.018
DSP	Gestación	-0.1069	0.1552	-14.823	<0.001
	Crianza	-2.3009	0.3390	-0.315	0.7525
	Inter-crías	0.8743	0.2811	3.110	0.0018
DES	Gestación	-0.3911	0.1823	-0.859	0.390
	Crianza	-2.7588	0.4550	-15.134	<0.001
	Inter-crías	0.0657	0.3897	0.169	0.866
VAG	Gestación	-1.1213	0.7455	-1.504	0.133
	Crianza	-3.1772	0.2452	-12.959	<0.001
	Inter-crías	0.6120	0.4242	1.443	0.149
ND	Gestación	0.5762	1.2496	0.461	0.645
	Crianza	-5.7134	0.9785	-5.839	<0.001
	Inter-crías	1.3407	1.0236	1.310	0.190



**Figura 14.** Proporciones de los registros de actividad por etapa reproductiva para hembras de delfín nariz de botella en el suroeste del Golfo de México durante 2006–2023. SOC = Social, ALI = Alimentación, EVA = Evasión, DSP = Desplazamiento, ICE = Interacciones con embarcaciones, VAG = Vago, DES = Descanso, ND = Indeterminado. Las letras indican diferencias significativas según el modelo lineal generalizado mixto.

### 6.3 INTERACCIÓN CON EMBARCACIONES Y ARTES DE PESCA

La presencia simultánea de grupos de delfines (que incluían hembras) y actividades humanas (embarcaciones o artes de pesca) se registró en 32 de las 143 navegaciones. La distancia promedio entre las hembras y la actividad humana más cercana (aparte de la embarcación de investigación) fue de  $1.66 \pm 1.73$  km (máx = 6.20 km y mín = 0.07 km). En términos generales, las hembras no mostraron interacción con actividades humanas, ya que se registraron a  $>600$  m de distancia de embarcaciones o artes de pesca. Cuando se analizó la distancia a las actividades humanas por etapa reproductiva, no se encontraron registros de hembras en periodo inter-crías, por lo que solo se compararon las etapas de gestación y crianza. La distancia promedio a las actividades pesqueras para hembras en etapa de gestación y crianza fue de 2.79 ( $\pm 1.90$  DE) y 2.40 ( $\pm 1.93$  DE), respectivamente; no se encontraron diferencias significativas ( $X^2=0.97$ ,  $p = 0.32$ ) (Figura 15).



**Figura 15.** Distancia promedio entre los grupos con hembras y las embarcaciones de pesca artesanal en Alvarado, Ver. Durante el periodo 2006-2010.

## 7. DISCUSIÓN

El esfuerzo de búsqueda a lo largo de los 143 muestreos entre 2002 y 2023 fueron consistentes ( $\bar{x} = 10.2 \pm 6.6$  muestreos por año), lo que respalda la confianza en la comparabilidad interanual (Bolaños-Jiménez et al., 2021; García-Vital et al., 2015; Guzmán-Vargas, 2015; Morales-Rincón et al., 2019; Morteo et al., 2012a). De manera importante, la acumulación longitudinal de datos fotográficos de alta calidad facilitó una identificación confiable del sexo y de los individuos con un sesgo mínimo, especialmente cuando la evidencia fotográfica fue validada de forma cruzada entre observadores experimentados (Aguilar-Badillo, 2019; Bolaños-Jiménez et al., 2021; García-Vital et al., 2015; Morteo et al., 2014).

La representación del total de hembras con asignaciones de etapa reproductiva fue baja ( $n = 14$ ; 11.5%); sin embargo, este subconjunto representa el 27% de la comunidad

núcleo. Esto se debió a los estrictos criterios de inclusión, combinados con lagunas temporales involuntarias en los datos (por ejemplo, 2021 y parte de 2022 debido a la pandemia por SARS-CoV-2), que limitaron el seguimiento de la población. Por otra parte, la predominancia de las etapas de cría dependiente (100%) y del intervalo entre apareamientos (86%) probablemente refleja un patrón natural, más que artefactos del muestreo, dado el muestreo sistemático transversal y homogéneo, así como el alto número de recapturas y la observación multianual de las hembras estudiadas..

## 7.1. Residencia y fidelidad al sitio

Las hembras residentes ocasionales (RO) fueron la categoría más frecuente en tres de los cinco períodos; de manera similar, las hembras residentes regulares (RR) fueron las más comunes en dos de los cinco períodos analizados, especialmente durante 2006–2010. Por el contrario, las hembras visitantes ocasionales fueron las más frecuentes en el último periodo. Esto muestra no solo las diferencias generales en los patrones de movimiento de las hembras analizadas, sino también una tendencia general hacia una menor residencia y fidelidad al sitio a corto plazo, especialmente en comparación con los machos (Figura 6). Este hallazgo, contrasta con estimaciones previas en el área para ambos sexos (Morteo et al., 2014), por lo que existen al menos tres explicaciones que pueden operar por separado o en conjunto: 1) Las diferencias en las escalas temporales y los indicadores empleados impiden la comparación directa de los resultados (Huesca-Domínguez et al., 2024); 2) La mayor fidelidad al sitio a corto plazo puede deberse a la identificación de un subconjunto de machos adultos que aún comparten parte del ámbito hogareño de sus madres (Connor et al., 2000; Nicholson et al., 2022); 3) Los machos identificados correspondan a individuos tolerantes a la presencia humana o dependientes de actividades pesqueras como fuente de alimento, por lo que son identificados con mayor frecuencia, a pesar de los riesgos de esta interacción (Rechimont et al., 2018; Morales-Rincón et al., 2019).

Como se mencionó anteriormente, las hembras residentes tienen más probabilidades de ser sexadas y de que se les asigne una etapa reproductiva, debido al mayor número de

registros. La dominancia de residentes regulares durante algunos períodos sugiere que las condiciones ambientales favorecieron su permanencia prolongada. Esto es consistente con lo reportado por Morteo et al. (2014) y Bolaños-Jiménez et al. (2021), quienes identificaron una comunidad núcleo compuesta mayoritariamente por hembras (38; IC 95%: 31–47) y algunos machos (9; IC 95%: 7–16), en la que la mayoría de las hembras tienden a permanecer en este sitio y a tener distintos rangos espaciales, aprovechando los recursos mientras evitan activamente las amenazas (Hartman et al., 2015; La Fauci, 2017; Medellín-Ortiz, 2012; Simões-Lopes & Fabian, 1999; Sprogis et al., 2016).

Estudios previos han resaltado la importancia de esta área como zona de alimentación (Chávez-Martínez et al., 2022; Morteo et al., 2012a) y como sitio de crianza (Aguilar-Badillo, 2019; Morteo et al., 2014). Esto es respaldado por las observaciones de comportamiento y los múltiples registros de grupos de lactancia con más de una cría en la zona, los cuales no se consideraron en este estudio, ya que impedían asignar las crías a una madre específica. Sin embargo, una mayor proporción de hembras residentes ocasionales durante la mayoría de los períodos estudiados sugiere que el área es ocupada típicamente por hembras vecinas que eventualmente se incorporan a la comunidad para aprovechar los recursos. Este parece ser el caso de las hembras gestantes, ya que la mayoría no fue registrada de forma continua durante toda la duración esperada de esta etapa, que es de aproximadamente 12 meses. En cambio, la duración promedio registrada durante la gestación fue de  $6.72 \pm 2.88$  meses, lo que sugiere que frecuentemente se documentó solo una parte de esta etapa en muchos individuos.

La movilidad de las hembras generalmente se ve limitada debido a los cambios fisiológicos y anatómicos, así como a los requerimientos energéticos durante la gestación y la lactancia (Kazma et al., 2020). Además, se sabe que las hembras en esta área de estudio evitan activamente zonas con alto tráfico marítimo y actividades pesca artesanal (Medellín-Ortiz, 2012; La Fauci, 2017; Morales-Rincón et al., 2019; Morteo et al., 2012a); este estresor puede afectar su salud, aumentando las hormonas del estrés como el cortisol, lo que en casos extremos incluso podría aumentar la probabilidad de provocar un aborto espontáneo (De Vere et al., 2018). Por lo tanto, el uso de áreas con mayor probabilidad de interacción con embarcaciones y artes de pesca, especialmente durante un período con movilidad reducida, podría resultar en un mayor riesgo de daño físico (Morteo et al., 2012a; Morteo et al., 2017);

esto podría explicar la menor permanencia de las hembras gestantes, ya que estos factores pueden inducir mayor estrés y aumentar al mismo tiempo sus requerimientos energéticos.

También es importante señalar que las hembras en etapa de lactancia (crianza) mostraron ocurrencia y permanencia significativamente mayores dentro del área de estudio, en comparación con las otras dos etapas; esto podría deberse a la disponibilidad y previsibilidad de los recursos alimenticios (Chávez-Martínez et al., 2022; Morales-Rincón et al., 2019; Rechimont et al., 2018). La etapa de lactancia para las hembras analizadas duró en promedio solo  $2.61 \pm 0.75$  años, lo cual es consistente con datos previos, tanto de foto-identificación (Aguilar-Badillo, 2019) como de análisis isotópicos de dentina en individuos varados muertos en esta área de estudio (Mendoza-Martínez, 2019). Sin embargo, como se mencionó anteriormente, estos valores se encuentran en el rango inferior de lo reportado para delfines nariz de botella en otros sitios de estudio, como Sarasota Bay (Wells et al., 2025) o Shark Bay (en *T. aduncus* por Krzyszczyk et al., 2017). Esto plantea al menos dos posibilidades: 1) una aceleración adaptativa en respuesta a disturbios, o 2) una restricción ecológica que obliga a una independencia temprana. Según las curvas de crecimiento para la especie en el sureste del Golfo de México, los individuos a esta edad alcanzan entre el 65% y 70% del tamaño de los adultos (Romero & Delgado, 2015) y, por lo tanto, deberían tener las habilidades necesarias para sobrevivir (Archer & Robertson, 2004). Sin embargo, un periodo de destete más corto podría influir en una mayor mortalidad de crías en esta zona. Aguilar-Badillo (2019) reportó que la mortalidad promedio durante el primer año de vida es del 13%, lo cual es menor pero comparable al 20% reportado para los delfines de Shark Bay (McEntee et al., 2023). Esto sugiere que, a pesar de diferencias ecológicas como intervalos de cría más cortos, la mortalidad temprana en la población bajo estudio podría aún encontrarse dentro del rango esperado para la especie. Factores locales como la disponibilidad fluctuante de alimento y el aumento del riesgo debido a la intensa actividad pesquera probablemente desempeñan un papel clave en la supervivencia de las crías (Gálvez et al., 2022; Hernández-Candelario et al., 2024; Mann et al., 2021; Morales-Rincón et al., 2019; Morteo et al., 2012a; Morteo et al., 2017; Rechimont et al., 2018).

El corto intervalo inter-crías observado en cuatro de los cinco periodos puede explicarse, al menos parcialmente, tanto por el relativamente corto tiempo de lactancia como

por la tasa de mortalidad de crías en esta área (Aguilar-Badillo, 2019; Mendoza-Martínez, 2019). Los resultados muestran que el intervalo inter-crías más largo registrado para una hembra en nuestra población fue de 2.9 años, correspondiente a un individuo observado de manera consistente desde 2003. Si bien esto no es directamente análogo a los intervalos entre partos, es conceptualmente similar al "periodo de descanso" descrito por Perrin y Reilly (1984), definido como el tiempo durante el cual una hembra madura no está ni preñada ni lactando. Su duración varía entre especies de la familia Delphinidae, oscilando entre 2 y 15 meses, como se ha reportado para *Stenella coeruleoalba* y *Stenella longirostris*. Las hembras en etapa inter-crías mostraron mayor ocurrencia que las gestantes (aunque menor que las lactantes), lo que proporcionó mayores oportunidades de ser fotografiadas y, por ende, una mayor resolución temporal en sus historiales de avistamiento. Esto puede implicar que, al no tener una cría bajo su cuidado, el área de estudio parece más adecuada a sus necesidades, a pesar de los riesgos previamente mencionados (Chávez-Martínez et al., 2022; Morales-Rincón et al., 2019; Morteo et al., 2012a; Morteo et al., 2017; Rechimont et al., 2018).

El aumento repentino en hembras visitantes ocasionales observado durante los dos últimos períodos fue causado por la llegada de nuevas hembras que reemplazaron a muchas de las que habían sido registradas desde 2002. Dado que la distribución de los delfines depende en gran medida de la disponibilidad de alimento (Pardalou & Tsikliras, 2020), los cambios en la presencia y permanencia de las hembras a lo largo de sus diferentes etapas reproductivas podrían deberse a un acceso limitado a los recursos alimenticios, ya sea por cambios en el hábitat o por sobre pesca. Esto fue sugerido por Ronzón-Contreras (2018), mediante un análisis temporal de la condición corporal que mostró proporciones cada vez mayores de tursiones delgados en las aguas costeras de Alvarado. Análisis adicionales de García-Aguilar (2020) también mostraron una contracción del rango para esta población de delfines, la cual fue explicada como resultado de la segregación sexual, dado que las hembras (especialmente las que tienen crías) evitan activamente áreas de alto riesgo (por ejemplo, zonas con pesca intensa o tráfico de embarcaciones), las cuales aún son utilizadas por los machos (Morteo et al., 2014). Este comportamiento reduce el hábitat disponible para las hembras, lo cual podría limitar el acceso a recursos y contribuir a los cambios observados en los patrones de residencia (La Fauci, 2017; Medellín-Ortiz, 2012; Morteo et al., 2012a).

## **7.2. Presupuesto de actividad**

Las adaptaciones conductuales son de suma importancia para las poblaciones animales, ya que generalmente constituyen la primera respuesta ante los estresores ambientales, y el éxito reproductivo depende de la supervivencia de los individuos (Morales-Rincón et al., 2025; Pearson, 2011). Los registros conductuales basados en etogramas, como el utilizado en esta investigación, suelen ser más fáciles de comparar, ya que las definiciones (por ejemplo, estados, categorías, subcategorías, etc.) y los métodos de muestreo son consistentes entre estudios. Los 424 registros de actividad obtenidos de los 108 grupos con hembras en este estudio mostraron tres comportamientos predominantes (social = 22.88%, alimentación = 16.98% y evasión = 15.80%), y sus proporciones son similares a las reportadas para el sur del Golfo de México (i.e., Guzmán-Vargas, 2015; Morteo et al., 2019; Retureta-Delgado, 2012). Esto subraya que esta sigue siendo un área importante para la población de delfines.

Como animales sociales, los tursiones son capaces de comunicarse y aprender, lo cual requiere un esfuerzo conjunto mediante distintas estrategias, especialmente para la obtención de alimento, el cuidado de las crías y la defensa frente a amenazas; por tanto, los individuos deben tener la oportunidad de reconocerse entre sí, satisfacer sus necesidades y llevar a cabo actividades que requieren cooperación (Neumann, 2001; Morales-Rincón et al., 2025). En este sentido, las hembras pueden tener mayores oportunidades de reconocerse, comunicarse y aprender unas de otras cuando convergen frecuentemente en las mismas áreas durante largos períodos (Acevedo-Gutiérrez, 2009). Así, la socialización fue la actividad más frecuente en todas las etapas reproductivas de las hembras analizadas a lo largo de los períodos estudiados, aunque fue significativamente más común durante el periodo inter-crías en comparación con la etapa de cría. Sin embargo, a pesar de ser significativamente mayor, solo hay una diferencia del 1.65%, lo que implica que en la etapa de cría también existe un alto nivel de socialización; esto podría indicar que los grupos de hembras funcionan como guarderías que ofrecen protección contra depredadores, machos adultos y otras amenazas (Pearson, 2011; Weir et al., 2008). Esto fue reportado por Aguilar-Badillo (2019) con base en las afiliaciones de crías con varias hembras dentro del área de estudio. Otro

beneficio de esta estrategia es que permite a la madre descansar y alimentarse, mientras que las crías adquieren habilidades sociales a una edad temprana, aprendiendo a interactuar con otros miembros, establecer jerarquías y desarrollar vínculos que pueden aumentar sus probabilidades de supervivencia (Mackey et al., 2014).

El comportamiento de alimentación alcanzó su punto máximo durante la gestación e inter-crías, lo cual concuerda con las expectativas de mayores demandas energéticas y menores restricciones espaciales en comparación con la etapa de crianza. La mayor frecuencia de comportamientos evasivos y de desplazamiento en estas últimas etapas puede reflejar una mayor movilidad y flexibilidad en el uso del hábitat entre las hembras que no están acompañadas por crías, mientras evalúan sitios de alimentación más seguros. No obstante, actividades como descanso y vago pueden estar subrepresentadas debido a sesgos de detección, dada su corta duración o baja visibilidad.

Por último, si bien la etapa reproductiva explica parte de la variabilidad conductual, los resultados del GLMM mostraron que las diferencias post hoc fueron, en muchos casos, modestas. Estas han sido bien documentadas en otras especies de mamíferos como los chimpancés (*Pan troglodytes schweinfurthii*) (Matsumoto-Oda & Oda, 2001) y los monos aulladores negros (*Alouatta pigra*) (Dias et al., 2011). Es evidente que las diferencias sutiles encontradas aquí sugieren que factores contextuales adicionales, como la jerarquía social, la densidad de presas o los tipos y niveles de perturbación, pueden desempeñar un papel importante en la modulación del comportamiento en esta población. Por lo tanto, aún se necesitan tamaños de muestra mayores y datos adicionales.

### **7.3. Interacción con actividades humanas**

El rango de distancia lineal entre hembras y la actividad humana más cercana varió entre 0.07 y 6.20 km, con un promedio de 1.66 km ( $\pm 1.73$  SD). Al comparar la distancia por etapa reproductiva no hubo registros para hembras en periodo inter-crías, así que solo se compararon las otras dos etapas (gestación y crianza) no habiendo diferencias. Sin embargo, se observó que las hembras en periodo de crianza ( $2.40 \pm 1.93$  km) están menos alejadas de las actividades humanas a comparación con las hembras en estado de crianza ( $2.79 \pm 1.90$  km).

Esto coincide con que evasión sea una de las actividades más frecuentes en las tres etapas reproducidas en el presente estudio, lo que confirma que las hembras se alejan de las zonas con mayor concentración de actividades humanas. Para la zona de Alvarado se ha observado que, a pesar de que los delfines y las embarcaciones de pesca comparten gran parte de distribución, tienden a evitarse mutuamente, y en general, los individuos que interactúan con las embarcaciones pesqueras y redes suelen ser machos jóvenes (Morteo-Ortiz, 2011; Morteo et al., 2012; Morales-Rincon et al., 2019). De manera específica, La Fauci (2017) menciona que existe una segregación espacial para los delfines de Alvarado, donde las hembras con cría ocupan el lado sureste de la desembocadura del Río Papaloapan, donde existe menor presencia de barcos de pesca.

Por lo tanto, la distancia registrada para las hembras en este trabajo representa la manera de evitar los estresores que causan las interacciones con las actividades humanas, entre estos, está la producción de ruido que provoca que los animales tengan un reducción en la eficiencia de comunicación, además de desencadenan respuestas fisiológicas similares a las que causan los depredadores (Tyack, 2008; Ellison et al., 2011; Guerra et al., 2014). Se ha reportado que estos estresores de origen humano producen cambios en las zonas de crianza como se observa en ballena franca (*Eubalaena australis*) (Rivalora et al., 2001); cambios en la frecuencia de alimentación, afectando principalmente a hembras embarazadas reduciendo su éxito reproductivo (Christiansen y Lusseau, 2015); enfermedades crónicas y progresivas en la piel (Galvez et al., 2022); cambio conductual (Papale et al., 2011; Lusseau, 2012; Tyack, 2009), e incluso la muerte (Avila et al., 2018; de Vere et al., 2018).

## 8. CONCLUSIÓN

Los tursiones en el suroeste del Golfo de México presentan patrones específicos de residencia y actividad según el sexo y la etapa reproductiva. En el caso de las hembras, la etapa reproductiva ejerce una influencia significativa en la fidelidad al sitio y el comportamiento. Las hembras en etapa de inter-crías muestran la mayor fidelidad al sitio, mientras que las hembras gestantes parecen ser transitorias, probablemente debido a factores energéticos y a la evasión de estresores de origen antrópico. Las hembras en etapa inter-crías

exhiben una mayor movilidad y patrones de actividad más diversos, lo que resalta su flexibilidad conductual durante las pausas reproductivas.

Los cambios en la estructura de residencia, particularmente el aumento de visitantes ocasionales y la disminución de hembras residentes a largo plazo, generan preocupación sobre la estabilidad del hábitat y la suficiencia de recursos. Si bien esto podría explicarse como una estrategia conductual de las hembras para segregarse y evitar amenazas intra- e interespecíficas mientras satisfacen sus necesidades energéticas y protegen a sus crías, estas dinámicas también sugieren que la idoneidad de las aguas costeras de Alvarado como área de crianza podría estar comprometida. Esto se ve respaldado por la escasa presencia de hembras gestantes, los cortos períodos de lactancia en hembras con crías, y el deterioro reportado en la condición corporal de estos animales a lo largo del tiempo.

## 9. REFERENCIAS

- Acevedo-Gutiérrez, A. (2009). Group Behavior. In: Perrin, W. F., Würsig, B. & Thewissen, J. G. M. (Eds.), Encyclopedia of Marine Mammals (pp. 511-520) Academic Press.
- Aguilar-Badillo, L. I. (2019). Supervivencia de tursiones (*Tursiops truncatus*) durante su desarrollo temprano en las aguas costeras de Alvarado, Veracruz [Unpublished Bachelor thesis]. Universidad Veracruzana.
- Altmann, J. (1974). Observational Study of Behavior: Sampling Methods. Behaviour, 49(3/4), 227-267. <https://doi.org/10.1163/156853974x00534>
- Archer, F. & Robertson, K. (2004). Age and length at weaning and development of diet of Pantropical Spotted Dolphins, *Stenella attenuata*, from the Eastern Tropical Pacific. Marine Mammal Science, 20(2), 232-245. <https://doi.org/10.1111/j.1748-7692.2004.tb01153.x>
- Ballance, L. T. (1990). Residence patterns, group organization and surface association of bottlenose dolphins in Kino Bay, Gulf of California, Mexico. In: Leatherwood, S. & Reeves, R. R. (Eds.), The Bottlenose Dolphin (pp: 267-283). Academic Press.
- Blount, D., Holmberg, J., Minton, G. & Khan, C. (2019). Flukebook – Recent advances for cetacean photo identification and data archiving including automated fluke matching. International Whaling Commision, SC/68A/SH07.
- Bolaños-Jiménez, J., Morteo, E., Delfín-Alfonso, L., Fruet, P., Secchi, E. R., & Bello-Pineda, J. (2021). Population Dynamics Reveal a Core Community of the Common Bottlenose Dolphin (*Tursiops truncatus*) in Open Waters of the South-Western Gulf of Mexico. Front. Mar. Sci., 8, 753484. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.753484>
- Brooks, M.E., Kristense, K., van Benthem, K. J., Magnusson, A., Berg, C. W., Nielsen, A., Skaug, H. J., Maechler, M. & Bolker, B. M. (2017). glmmTMB Balances Speed and Flexibility Among Packages for Zero-inflated Generalized Linear Mixed Modeling. The R Journal, 9(2), 378-400. doi:10.32614/RJ-2017-066.
- Chávez-Martínez, K., Morteo, E., Hernández-Candelario, I., Herzka, S., & Delfín-Alfonso, C. A. (2022). Opportunistic gillnet depredation by common bottlenose dolphins in the southwestern Gulf of Mexico: Testing the relationship with ecological, trophic, and nutritional characteristics of their prey. Front. Mar. Sci., 9, 870012. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.870012>
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2009). Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica. CONABIO, México.
- Connor, R. C., Wells, R. S., Mann, J. & Read, A. J. (2000). The bottlenose dolphin: Social relationships in a fission-fusion society. In: Mann, J., Connor, R. C., Tyack, P. L. & Whitehead, H. (Eds.), Cetacean Societies: Field Studies of Dolphins and Whales (pp: 91-126). The University of Chicago Press.
- De Vere, A. J., Lilley, M. K., & Frick, E. E. (2018). Anthropogenic Impacts on the Welfare of Wild Marine Mammals. Aquatic Mammals, 42(2), 150-180. <https://doi.org/10.1578/AM.44.2.2018.150>
- Degrati, M., Dans, S., Garaffo, G., & Crespo, E. (2012). Diving for food: A switch of foraging strategy of dusky dolphins in Argentina. J Ethol, 30, 361–367. <https://doi.org/10.1007/s10164-012-0333-1>
- Dias, P. A., Rangel-Negrín, A., & Canales-Espinosa, D. (2011) Effects of lactation on the time-budgets and foraging patterns of female black howlers (*Alouatta pigra*). The American Journal of Physical Anthropology, 145(1), 137-46. <https://doi.org/10.1002/ajpa.21481>

- Druskat, A., Ghosh, R., Castrillon, J., & Bengtson Nash, S.M. (2019). Sex ratios of migrating southern hemisphere humpback whales: A new sentinel parameter of ecosystem health. *Marine Environmental Research*, 151, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2019.104749>
- Gálvez, C., Tenorio-Osorio, M., Hernández-Candelario, I., Delfín-Alfonso, C. A., & Morteo, E. (2022). Lobomycosis-like disease epidemiology, pathology and social affiliations in bottlenose dolphins from Southwestern Gulf of Mexico. *Front. Mar. Sci.*, 9, 1018118. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.1018118>
- García-Aguilar, P. (2020). Uso de hábitat del tursión (*Tursiops truncatus*) en las aguas costeras de Alvarado, Veracruz. [Unpublished Bachelor Thesis]. Universidad Veracruzana.
- García-Vital, M., Morteo, E., Martínez-Serrano, I., Delgado-Estrella, A., & Bazúa-Durán, C. (2015). Inter-individual association levels correlate to behavioral diversity in coastal bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) from the Southwestern Gulf of Mexico. *Therya*, 6(2), 337–350. <https://doi.org/10.12933/therya-15-270>.
- 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>
- Ghaemmaghami, P. & Ehlert, U. (2013). Gestation. In: Gellman, M. D. & Turner, J. R. (Eds.), *Encyclopedia of Behavioral Medicine* (pp: 861-865). Springer.
- Gowans, S. (2023). Grouping behaviors of dolphins and other toothed whales. In: Würsig, B. (Eds.). *Ethology and behavioral ecology of odontocetes* (pp: 3 – 24). Springer.
- Guzmán-Vargas, E. (2015). Comparación de patrones de actividad de tursiones (*Tursiops truncatus*) en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano y las Aguas Costeras de Alvarado, Veracruz [Unpublished Bachelor Thesis]. Universidad Veracruzana.
- Hartman, K. L. (2015). Sex differences in residency patterns of Risso's dolphins (*Grampus griseus*) in the Azores: Causes and management implications. *Marine Mammal Science*, 31(3), 1153-1167. <https://doi.org/10.1111/mms.12209>
- Hernández-Candelario, I. C., Pardío-Sedas, V., Gálvez, C., & Morteo, E. (2024). First report of organochlorine pesticides and heavy metals in a stranded bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) off the Central Coast of Veracruz State: A warning to assess pollution in a reef marine ecosystem from the Gulf of Mexico? *Aquatic Mammals*, 50(2), 152-169. <https://doi.org/10.1578/AM.50.2.2024.152>
- Huesca-Domínguez I., Morteo, E., Abarca-Arenas L. G., Balmer B. C., Cox T. M., Delfín-Alfonso C. A., & Hernández-Candelario I. C. (2024). Assessing residency and site fidelity in bottlenose dolphins: a literature review and bibliometric analysis. *Aquatic Mammals*, 50(3), 199-214 (In press).
- Hurtado-Mejorada O. (2021). Actividad vocal y contexto conductual de tursiones que interactúan con la pesca artesanal en Alvarado, Veracruz, México. [Unpublished Master degree thesis]. Universidad Veracruzana.
- Kassambara, A. & Mundt, F. (2020) Factoextra: Extract and Visualize the Results of Multivariate Data Analyses. R Package Version 1.0.7. <https://CRAN.R-project.org/package=factoextra>
- Kasuya, T. (1995). Overview of cetacean life histories: an essay in their evolution. In: Schytte Blix, A., Walløe, L., & Ulltang, Ø. (Eds.). *Developments in Marine Biology 4: Whales, seals, fish and man* (pp: 481-497). Elsevier.

- Kazma, J. M., Van den Anker, J., Allegaert, K., Dallmann, A., & Ahmadzia, H. K. (2020). Anatomical and physiological alterations of pregnancy. *Journal of Pharmacokinetics and Pharmacodynamics*, 47(4), 271-285. <https://doi.org/10.1007/s10928-020-09677-1>
- Krzyszczyl, E., Patterson, E. M., Stanton, M. A., & Mann, J. (2017). The transition to independence: Sex differences in social and behavioural development of wild bottlenose dolphins. *Animal Behaviour*, 129, 43-59. <https://doi.org/http://doi.org/10.1016/j.anbehav.2017.04.011>
- La Fauci, D. (2017). Segregazione spaziale per classe d'età del delfino *Tursiops truncatus* Montagü, 1821 della costa centrale di Veracruz, Messico [Unpublished Master's Thesis]. Università Politecnica Delle Marche.
- Lehner, P. N. (1992). Sampling Methods in Behavior Research. *Poultry Science*, 71(4), 643-649. <https://doi.org/10.3382/ps.0710643>
- Mackey, A. D., Makecha, R. N., & Kuczaj II, S. A. (2014). The Development of Social Play in Bottlenose Dolphins (*Tursiops truncatus*). *Animal Behavior and Cognition*, 1(1), 19-35. <https://doi.org/10.12966/abc.02.02.2014>
- Mann, J. & Smuts, B. (1999). Behavioral development in wild bottlenose dolphin newborns (*Tursiops* sp.). *Behaviour*, 136(5), 529-566. <https://doi.org/10.1163/156853999501469>
- Mann, J., Foroughirad, V., McEntee, M. H. F., Miketa, M. L., Evans, T. C., Karniski, C., Krzyszczyl, E., Patterson, E. M., Strohman, J. C., & Wallen, M. M. (2021). Elevated Calf Mortality and Long-Term Responses of Wild Bottlenose Dolphins to Extreme Climate Events: Impacts of Foraging Specialization and Provisioning. *Front. Mar. Sci.*, 8, 617550. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.617550>
- Matsumoto-Oda, A., & Oda, R. (2001). Activity budgets of wild female chimpanzees in different reproductive states. *Journal of Ethology*, 19, 17–21. <https://doi.org/10.1007/s101640170012>
- McEntee, M., Foroughirad, V., Krzyszczyl, E., & Mann, J. (2023). Sex bias in mortality risk changes over the lifespan of bottlenose dolphins. *Proceedings of the Royal Society B.*, 290. <http://10.1098/rspb.2023.0675>.
- Medellín-Ortiz, B. (2012). Diferencias sexo-específicas en las áreas núcleo de la distribución de los delfines *Tursiops truncatus* frente al sistema lagunar de Alvarado, Golfo de México [Unpublished Master's Thesis]. Universidad Veracruzana
- Mendoza-Martínez, J. (2019). Ontogenia de la dieta del tursión (*Tursiops truncatus*) en la costa central de Veracruz [Unpublished Bachelor Thesis]. Universidad Veracruzana
- Morales-Rincon, N., Morteo, E., & Delfín-Alfonso, C. (2019). Influence of artisanal fisheries on the behavior and social structure of *Tursiops truncatus* in the Southwestern Gulf of Mexico. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 99(8), 1841-1849. <https://doi.org/10.1017/S002531541900078X>
- Morales-Rincon N., Morteo E., Castelblanco-Martínez N., Pérez-España H., Bello-Pineda J., Delfín-Alfonso C.A., Bazúa-Durán C. 2025. Acoustic and behavioural strategies of dolphins in relation to fishing vessel traffic in the Southern Gulf of Mexico. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 35:e70103. doi:10.1002/aqc.70103.
- Morán-Silva, A., Martínez-Franco, L. A., Chávez-López , R., Franco-López, J., Bedia-Sánchez, C. M., Contreras-Espinosa, F., Gutiérrez-Medieta , F., Brown-Peterson, N. J., & Peterson, M. S. (2005). Seasonal and Spatial Patterns in Salinity, Nutrients, and Chlorophyll  $\alpha$  in the Alvarado Lagoonal System, Veracruz, Mexico. *Gulf and Caribbean Research*, 17(1), 133-143. <https://doi.org/10.18785/gcr.1701.14>.

- Morteo, E., Rocha-Olivares, A., Arceo-Briseño, P., & Abarca-Arenas L.G. (2012a). 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. <https://doi.org/10.1017/S0025315411000488>
- Morteo, E., Rocha-Olivares, A., & Morteo, R. (2012b). Sensitivity analysis of residency and site fidelity estimations to variations in sampling effort and individual catchability. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83, 487-495. <http://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2012.2.972>.
- Morteo, E., Rocha-Olivares, A., & Abarca-Arenas, L.G. (2014). Sexual segregation in coastal bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the south-western Gulf of Mexico. *Aquatic Mammals*, 40(4), 375-385. <https://doi.org/10.1578/AM.40.4.2014.375>
- Morteo, E., Rocha-Olivares, A., Morteo, R., & Weller, D. W. (2017). Phenotypic variation in dorsal fin morphology of coastal bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) off Mexico. *PeerJ*, 5, e3415. <https://doi.org/10.7717/peerj.3415>
- Morteo, E., Ramírez y Romero T., Del Castillo-Olvera V., Delfín-Alfonso C., Bello-Pineda J. & González-Christen A. (2019). Ecología poblacional de delfines (*Tursiops truncatus*) en el corredor arrecifal del suroeste del Golfo de México. In: Granados-Barba, A., Ortiz-Lozano, L. D., González-Gádara, C. & Salas-Monreal, D. (Eds.). *Estudios Científicos en el Corredor Arrecifal del Suroeste del Golfo de México* (pp: 191-204). Universidad Autónoma de Campeche.
- Neuenhoff, R. (2009). Age, growth, and population dynamics of common bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) along coastal Texas [Unpublished Master's Thesis]. Texas A&M University.
- Neumann, D. R. (2001). The Activity budget of free-ranging common dolphins (*Delphinus delphis*) in the northwestern Bay of Plenty, New Zealand. *Aquatic Mammals*, 27.2, 121–136.
- Nowacek, S. M., Wells, R. S. & Solow, A. R. (2001). Short-term effects of boat traffic on bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, in Sarasota Bay, Florida. *Marine Mammal Science*, 17(4), 673 – 688. <https://doi.org/10.1111/j.1748-7692.2001.tb01292.x>
- Pace, D. S., Di Marco, C., Giacomini, G., Ferri, S., Silvestri, M., Papale, E., Casoli, E., Ventura, D., Mingione, M., Di Loro, P. A., Lasinio, G. J. & Ardizzone, G. (2021). Capitoline dolphins: residency patterns and abundance estimate of *Tursiops truncatus* at the Tiber river estuary (Mediterranean sea). *Biology*, 10, 275. <https://doi.org/10.3390/biology10040275>
- Pardalou, A. & Tsikliras, A. (2020). Factors influencing dolphin depredation in coastal fisheries of the northern Aegean Sea: Implications on defining mitigation measures. *Marine Mammal Science*, 36(4), 1126 – 1149. <https://doi.org/10.1111/mms.12702>
- Pearson, H. (2011). Sociability of Female Bottlenose Dolphins (*Tursiops spp.*) and Chimpanzees (*Pan troglodytes*): Understanding Evolutionary Pathways Toward Social Convergence. *Evolutionary Anthropology*, 20(3), 85-95. <https://doi.org/10.1002/evan.20296>
- Perrin, W. F. & Reilly, S. B. (1984). Reproductive Parameters of Dolphins and Small Whales of the Family Delphinidae. *Reports of the International Whaling Commission*, 6: 97-133.
- R Core Team (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org/>.
- Rechimont, M. E., Lara, A. L., Morteo, E., & Martínez-Serrano, I. (2018). Depredation by Coastal Bottlenose Dolphins (*Tursiops truncatus*) in the Southwestern Gulf of Mexico in Relation to Fishing Techniques. *Aquatic Mammals*, 43(5), 469-481. <https://doi.org/10.1578/AM.44.5.2018.469>

- Retureta-Delgado, I. (2012). Patrones de comportamiento del delfín nariz de botella (*Tursiops truncatus*) en dos zonas del litoral Norte del Estado de Veracruz [Unpublished Bachelor Thesis]. Universidad Veracruzana.
- Rogers, C.A., Brunnick, B.J., Herzing, D.L., & Baldwin, J.D. (2004). The social structure of bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, in the Bahamas. *Marine Mammal Science*, 20(4), 688-708. <https://doi.org/10.1111/j.1748-7692.2004.tb01188.x>
- Romero, A. & Delgado, A. (2015). Comparación del ritmo de crecimiento de las toninas (*Tursiops truncatus*) pertenecientes a tres localidades distintas. *THERYA*, 6(2), 389-400. <https://doi.org/10.12933/thearya-15-263>.
- Ronzón-Contreras, F. (2018). Variación temporal en la condición corporal del tursión (*Tursiops truncatus*) de las aguas costeras de Alvarado, Veracruz. [Unpublished Bachelor Thesis]. Universidad Veracruzana.
- Sarasota Dolphin Research Program (SDRP). (2005). Field techniques and photoidentification handbook. Chicago Zoological Society and Dolphin Biology Research Institute. Sarasota, FL.
- Simões-Lopes, P. C. & Fabian, M. E. (1999). Residence patterns and site fidelity in bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus* (Montagu) (Cetacea, Delphinidae) off Southern Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 16(4), 1017 – 1024. <https://doi.org/10.1590/S0101-81751999000400012>
- Sprogis, K. R., Raudino, H. C., & Rankin, R. (2016). Home range size of adult Indo-Pacific bottlenose dolphins (*Tursiops aduncus*) in a coastal and estuarine system is habitat and sex-specific. *Marine Mammal Science*, 32(1), 287 – 308. <https://doi.org/10.1111/mms.12260>
- Stockin, K. A., Binedell, V., Wiseman, N., Brunton, D. H., & Orams, M. B. (2009). Behavior of free-ranging common dolphins (*Delphinus sp.*) in the Hauraki Gulf, New Zealand. *Marine Mammal Science*, 25(2), 283-301. <https://doi.org/10.1111/j.1748-7692.2008.00262.x>
- Thompson, J. W., Zero, V. H., Schwacke, L. H., Speakman, T. R., Quigley, B. M., Morey, S. M. & McDonald, T. L. (2019). finFindR: Computer-assisted Recognition and Identification of Bottlenose Dolphin Photos in R. *BioRxiv*, 1-18. <https://doi.org/10.1101/825661>
- Tschopp, A., Ferrari, M. A., Crespo, E. A., & Coscarella, M.A. (2018). Development of a site fidelity index based on population capture-recapture data. *PeerJ*, 6, e4782. <https://doi.org/10.7717/peerj.4782>
- Weir, J. S., Duprey, N. M., & Würsig, B. (2008). Dusky dolphin (*Lagenorhynchus obscurus*) subgroup distribution: Are shallow waters a refuge for nursery groups? *Canadian Journal of Zoology*, 86, 1225-1234. <https://doi.org/10.1139/Z08-101>.
- Wells, R. S., Hohn A. A., Scott, M. D., Sweeney, J.C., Townsend Jr., F. I., Allen, J. B., Barleycorn, A. A., McHugh, K. A., Basson-Hull, K., Lovewell, G. N., Duffield, D. A., Smith, C. R. & Irvine, A. B. (2025). Life history, reproductive, and demographic parameters for bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in Sarasota Bay, Florida. *Frontiers in Marine Science*, 12:1531528. doi: 10.3389/fmars.2025.1531528
- Zanardo, N., Parra, G. J. & Möller, L. M. (2016). Site fidelity, residency, and abundance of bottlenose dolphins (*Tursiops sp.*) in Adelaide's coastal waters, South Australia. *Marine Mammal Science*, 32(4), 1381 – 1401. <https://doi.org/10.1111/mms.12335>

## **CAPÍTULO IV**

### **DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES GENERALES**

## Discusión general

Los resultados de este estudio ofrecen evidencia robusta sobre la influencia del sexo y del estado reproductivo en la dinámica poblacional y ecológica del delfín nariz de botella (*Tursiops truncatus*) en las aguas costeras de Alvarado, Veracruz. El análisis conjunto de la proporción sexual adulta (PSA) y de los patrones de residencia de hembras permitió una caracterización detallada de la estructura social, el uso del hábitat y la exposición diferencial al riesgo por parte de los individuos de esta población costera, la cual se encuentra expuesta a diversas perturbaciones de origen natural y antrópico (Morteo et al., 2014; Bolaños-Jiménez et al., 2021).

La PSA mostró un sesgo constante hacia las hembras durante el periodo de estudio (2002–2023), alcanzando valores de hasta un macho por cada diez hembras. Esta tendencia ha sido documentada en otras poblaciones de tursiones, particularmente en aquellas residentes de hábitats costeros, donde factores como la fidelidad al sitio de las hembras, la mortalidad diferencial de machos y la segregación sexual espacial explican parte de esta asimetría (Fruet et al., 2015; Galezo et al., 2017; Sprogis et al., 2016). En este caso, las hembras conforman el núcleo estable de la población (Morteo et al., 2014), mientras que los machos parecen utilizar el área de manera más transitoria (i.e., fidelidad al sitio a corto plazo) o estar sujetos a mayor mortalidad, posiblemente asociada a sus interacciones más frecuentes con las artes de pesca artesanal (Morteo et al., 2011; Morales-Rincón et al., 2019). La sobrerepresentación de hembras podría estar favoreciendo dinámicas reproductivas específicas, pero también podría ser indicativa de desequilibrios poblacionales que amenacen la viabilidad a largo plazo del grupo, especialmente si la llegada o permanencia de machos adultos se ve comprometida por presiones externas (Le Galliard et al., 2005; Székely et al., 2014).

Además de la estructura por sexo, este estudio confirma que el estado reproductivo de las hembras condiciona significativamente sus patrones de residencia, fidelidad al sitio y comportamiento. Las hembras en etapa de lactancia y en el intervalo inter-cría mostraron una alta fidelidad espacial, lo cual es consistente con la necesidad de contar con hábitats predecibles, seguros y ricos en recursos durante el periodo de cuidado parental (Gero et al., 2005; Morteo et al., 2014). La menor duración del periodo de dependencia de crías ( $\bar{x}=2.6$

años) en comparación con el promedio global ( $\approx$ 3.5 años) (Wells et al., 1999; Aguilar-Badillo, 2019) ser resultado de un ajuste conductual frente a condiciones adversas, como el disturbio antrópico o la competencia por recursos. Esta reducción en el tiempo de crianza podría tener efectos en el desarrollo y la supervivencia de las crías, lo que convierte a este patrón en un indicador de posible estrés poblacional (Hartman et al., 2015; Druskat et al., 2019). A su vez, las hembras gestantes mostraron menor presencia en el área y mayor distancia hacia sitios con tráfico marino o pesquerías (La Fauci, 2017), lo cual podría interpretarse como una estrategia de evasión ante perturbaciones ambientales o actividades humanas intensivas, como el tráfico de embarcaciones (Nowacek et al., 2001; Morteo et al., 2012).

Por otra parte, los datos revelan que los machos sexados, aunque menos abundantes, mostraron altos índices de residencia a corto plazo. Este hallazgo, aparentemente contradictorio con su baja abundancia, podría reflejar una limitación en el uso del espacio por parte de estos individuos o una mayor fidelidad al sitio por parte de un subconjunto de machos adultos, que aún comparten parte del ámbito hogareño de sus madres (Connor et al., 2000; Nicholson et al., 2022). Otra posibilidad es que los machos identificados correspondan a individuos tolerantes a la presencia humana o dependientes de actividades pesqueras como fuente alimenticia, lo que puede implicar un riesgo elevado de captura incidental o lesión (Rechimont et al., 2018; Morales-Rincón et al., 2019).

Las condiciones ambientales también se asociaron con las fluctuaciones observadas en la abundancia y PSA. Cambios abruptos en la composición y comportamiento de la fauna marina han sido atribuidos a eventos climáticos extremos, como ciclones y huracanes (Ackerman et al., 1991; Mallin y Corbett., 2006). En este estudio, se identificaron años con mayor variabilidad en la PSA y disminuciones en la abundancia coincidentes con temporadas de alta actividad ciclónica (NOAA, 2021; CONAGUA, 2024), lo cual sugiere que estos fenómenos podrían alterar la disponibilidad de presas, provocar desplazamientos poblacionales o afectar directamente la salud de los delfines (Rosel y Watts, 2007). Además, se han reportado incrementos de temperatura en el agua y presencia de contaminantes (pesticidas y metales pesados) en tejidos de tursiones varados en la zona (Hernández-Candelario et al., 2024), lo cual refuerza la hipótesis de que el deterioro ambiental puede

estar comprometiendo la funcionalidad del hábitat como zona de crianza (Takeshita et al., 2017; Frasier et al., 2020).

Otro hallazgo relevante fue el aumento progresivo de hembras clasificadas como "visitantes ocasionales" en los últimos años del estudio. Esta tendencia puede reflejar un cambio poblacional estructural más amplio, como una reducción de la población núcleo o el inicio de un proceso de abandono del área por parte de las hembras reproductivas. De confirmarse, este patrón podría tener serias implicaciones para la estabilidad de la población local, ya que indicaría un desplazamiento hacia otras zonas potencialmente menos impactadas, pero también menos conocidas en términos ecológicos (Quérouil et al., 2009; Nicholson et al., 2022).

Otro de los aspectos analizados fue el presupuesto de actividades (behavioral budget) de las hembras por estado reproductivo. Este enfoque permitió identificar patrones de conducta diferenciados en función de los requerimientos energéticos, sociales y de protección que caracterizan a cada etapa. Las hembras en lactancia presentaron un predominio de conductas asociadas a la alimentación y el descanso, lo cual es consistente con la alta demanda energética de la producción de leche y el cuidado directo de las crías (Gero et al., 2005; Hartman et al., 2015). A su vez, estas hembras evitaron con mayor frecuencia la interacción con embarcaciones, lo cual sugiere una estrategia de evasión para reducir el riesgo de colisión o alteración del comportamiento de las crías (Nowacek et al., 2001; Morteo et al., 2012). En contraste, las hembras en etapa inter-cría mostraron mayor diversidad de comportamientos, incluyendo socialización y desplazamientos más amplios, lo cual puede reflejar una mayor flexibilidad conductual en ausencia de restricciones maternas inmediatas. Finalmente, las hembras gestantes, aunque escasamente observadas, mostraron un patrón de actividad fragmentado, con conductas evasivas y sociales esporádicas, lo que podría ser indicativo de una transición hacia áreas menos perturbadas para el parto (Connor et al., 2000; Sprogis et al., 2018).

En conjunto, los resultados de este trabajo muestran cómo la PSA y el estado reproductivo interactúan para modelar la ecología espacial de los tursiones, y cómo estos parámetros pueden verse afectados por la combinación de factores bióticos (etapa reproductiva, relaciones sociales) y abióticos (temperatura, salinidad, contaminación), así

como por el impacto directo de las actividades humanas. La integración de estos componentes constituye una herramienta valiosa para la comprensión y conservación de poblaciones de cetáceos en contextos costeros vulnerables.

## **Conclusiones generales**

1. La proporción sexual de la población de tursiones en Alvarado está consistentemente sesgada hacia las hembras, y aunque no mostró diferencias significativas entre temporadas, presentó fluctuaciones interanuales asociadas con factores ambientales y antrópicos.
2. Las hembras presentaron mayor abundancia que los machos, pero su número disminuyó con mayor intensidad a lo largo del tiempo, lo que puede estar relacionado con cambios en la disponibilidad de recursos y degradación del hábitat.
3. El estado reproductivo de las hembras influyó significativamente en su residencia y fidelidad al sitio, siendo más marcadas en etapas de crianza e inter-cría, mientras que las hembras gestantes fueron más móviles.
4. Existen patrones conductuales claros por estado reproductivo. Estos hallazgos reflejan adaptaciones conductuales específicas frente a demandas fisiológicas y ambientales.
5. Los patrones observados indican una plasticidad conductual probablemente derivada de la presión pesquera, tráfico de embarcaciones y eventos climáticos extremos, que afectan la distribución, comportamiento, éxito reproductivo y la supervivencia de los individuos.
6. El monitoreo a largo plazo de la proporción sexual, junto con indicadores de residencia y comportamiento, es esencial para comprender las dinámicas poblacionales de los cetáceos en hábitats costeros impactados por actividades humanas.

**“Lis de Veracruz: Arte, Ciencia, Luz”**

**[www.uv.mx](http://www.uv.mx)**

