

UNIVERSIDAD ESTATAL A DISTANCIA
VICERRECTORÍA ACADÉMICA
ESCUELA DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
MAESTRÍA ACADÉMICA EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES
CON ENFÁSIS EN BIODIVERSIDAD

**Parámetros reproductivos de la población residente de
Tursiops truncatus (Cetartiodactyla: Delphinidae) en el Golfo Dulce, Costa
Rica**

Tesis presentada al Tribunal Examinador del Programa de Maestría Académica
en Manejo de Recursos Naturales de la Escuela de Ciencias Exactas y
Naturales para optar por el grado de *Magister Scientiae* con énfasis en gestión
de la biodiversidad

María del Pilar Bernal Castro

Director de tesis: PhD. Lenin Enrique Oviedo Correa. leninovi1@gmail.com
Lector de tesis: MSc. Guido Alonso Saborío Rodríguez. gsaborio@gmail.com
Lector de tesis: MSc. Juan Diego Pacheco Polanco. Polancop@gmail.com

San José, Costa Rica
Julio, 2021

Dedicatoria

Este estudio está dedicado especialmente a mi familia quienes me han apoyado incondicionalmente siempre, a todos los estudiantes de las ciencias marinas y a todos los amantes de los mamíferos marinos, para que continúen dejando su aporte al conocimiento de estas increíbles criaturas para su conservación.

“La gente protege aquello que ama.
Pero solo amamos aquello que conocemos”
Jacques Cousteau

Agradecimientos

Agradezco especialmente a todo el equipo de trabajo de CEIC, quienes con esmero y gran pasión por la conservación de las poblaciones de cetáceos en el Golfo Dulce generan el conocimiento científico indispensable para la conservación de estas especies.

Un agradecimiento especial a Lenin Oviedo quien me dio la oportunidad de ser parte de esta generación de conocimiento y me contagió de su amor hacia estos delfines y sus historias de vida.

INDICE

RESUMEN	5
ABSTRACT	6
INTRODUCCIÓN	7
METODOLOGÍA	9
RESULTADOS	11
DISCUSIÓN	15
AGRADECIMIENTOS	17
REFERENCIAS	17
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20
ANEXOS	22

Parámetros reproductivos de la población residente de *Tursiops truncatus* (Cetartiodactyla: Delphinidae) en el Golfo Dulce, Costa Rica

María del Pilar Bernal Castro

Maestría Académica en Manejo de Recursos Naturales, UNED. Puerto Jiménez. pilarbercast@gmail.com

(Este trabajo fue sometido a la Revista de Biología Tropical para su publicación formal. Debe buscarse como: María del Pilar Bernal-Castro, David Herra-Miranda, Juan Diego Pacheco-Polanco, Lenin Oviedo. Parámetros reproductivos de la población residente de *Tursiops truncatus* (Cetartiodactyla: Delphinidae) en el Golfo Dulce, Costa Rica. Anexo 3)

RESUMEN

Parámetros reproductivos de la población residente de *Tursiops truncatus* (Cetartiodactyla: Delphinidae) en el Golfo Dulce, Costa Rica. Introducción: Los cetáceos son considerados especies centinelas por su capacidad de respuesta a cambios ambientales, especialmente en hábitats semicerrados con influencia antropogénica. El Golfo Dulce posee estas características y presenta una pequeña población residente de delfín nariz de botella ecotipo costero, con alta fidelidad al hábitat, dependiente de los recursos disponibles y del impacto proveniente de las actividades humanas, haciendo que esta sea una población vulnerable a los cambios ambientales. Por esta razón es prioritario establecer una línea base del patrón poblacional por medio de los parámetros reproductivos, que contribuya al manejo y conservación de la especie y sus hábitats. **Objetivo:** Evaluar los parámetros reproductivos de la población residente de *T. truncatus* en el Golfo Dulce. **Métodos:** Se realizaron 343 censos, distribuidos en dos temporadas: seca (noviembre a mayo) y lluviosa (junio a octubre) del 2011 al 2018. Se realizó un registro de foto-identificación y se estimaron los parámetros reproductivos de las hembras residentes por medio del historial reproductivo individual. **Resultados:** Entre el 2011 y 2018 se realizaron un total de 343 censos, con un total de 189 muestreos efectivos de foto-identificación, durante los cuales se tomó un total de 12,259 fotografías; de éstas se seleccionaron aproximadamente 35% (n=4480), obteniendo 523 recapturas con un total de 101 individuos, de los cuales 9 hembras son consideradas residentes. Se documentaron 24 crías en total, de los cuales el 16.6% fueron identificados como neonatos. La tasa media de nacimientos por temporada es de 0.01, presentado un lapso intermedio de 4 años. La tasa de reclutamiento media por temporada fue de 0.03 y el intervalo de nacimientos se calculó en 3.4 años. La curva de nacimientos no fue dependiente de las temporadas. **Conclusión:** En este estudio se presentan por primera vez los parámetros reproductivos para la población de hembras residentes definidos de acuerdo con las características del Golfo Dulce. El análisis de los parámetros reproductivos muestra una tendencia a una mayor inversión en el cuidado parental, la cual podría relacionarse con una estrategia para asegurar la supervivencia de las crías. No se encontró un patrón de temporalidad en los parámetros reproductivos.

Palabras clave: delfín nariz de botella, supervivencia de crías, tasa de nacimiento, tasas de reproducción, estacionalidad.

ABSTRACT

Reproductive parameters of the resident population of the inshore bottlenose dolphins *Tursiops truncatus* (Cetartiodactyla: Delphinidae) in Golfo Dulce, Costa Rica.

Introduction: Cetaceans are considered suitable ecosystem sentinels, due to their sensitivity to environmental changes, especially in semi-close habitats affected by anthropogenic influences. The latter are precisely the features characterizing Golfo Dulce, where a small population of inshore bottlenose dolphins shows high levels of site fidelity and important dependence on the local available resources. Additionally, they are particularly exposed to impacts derived from human activities within the coastal habitat. Which made them vulnerable to environmental changes. These highlight the need to prioritize a solid baseline to inform management and conservation strategies. **Objective:** To assess the reproductive parameters of the resident female population of bottlenose dolphins in Golfo Dulce. **Methods:** Dolphin surveys (n=343) were distributed between two seasons: Dry (Nov-May) and Rainy (Jun-Oct) from 2011 to 2018. Photo ID records were taken to later estimate the reproductive parameters by constructing the individuals capture and reproductive history. **Results:** Between 2011 and 2018, a total of 343 surveys were carried out, with a total of 189 effective photo-identification samplings, during which a total of 12,259 photographs were taken; Of these, approximately 35% (n = 4480) were selected, obtaining 523 recaptures with a total of 101 individuals, of which 9 females are considered residents. In total, 24 calves have been documented, from these, 16.6% have been classified as neonates. The seasonal crude birth rate was 0.01, with a paucity of 4 years. The seasonal recruitment rate (survival at year 1) was 0.03 and the inter-birth interval was 3.4 years. There is no seasonal effects in the crude birth rate. **Conclusion:** The analysis of reproductive parameters showed the relevance of parental care investment, which could be associate with a strategy to secured calves' survival, characterized by a lack of seasonality in reproductive rates.

Key words: bottlenose dolphin, calf survivorship, birth rate, reproduction, seasonality.

INTRODUCCIÓN

Los centinelas de los ecosistemas son especies que responden a la variabilidad y a los cambios del ecosistema de una forma oportuna y mensurable, estas respuestas pueden ser los efectos a cambios en la oceanografía, distribución, abundancia y composición de las presas, y cambios en la dinámica de la red alimentaria, lo cual afecta la productividad del ecosistema (Hanzen et al., 2019). Según Wells et al. (2004) y Bossart (2010), los mamíferos marinos son las principales especies centinelas debido a que muchas especies son longevas, son residentes costeros a largo plazo, se alimentan a un alto nivel trófico y son un vínculo observable entre los procesos físicos y las respuestas biológicas, por lo cual mediante investigaciones a largo plazo es posible documentar la historia de exposición a perturbaciones del ecosistema y sus efectos. El cambio climático es importante de monitorear actualmente por medio de especies centinelas, puesto que diversos estudios mencionan los posibles impactos sobre la población de cetáceos, como variaciones en su distribución relacionadas con la disponibilidad y abundancia de presas, vulnerabilidad a las enfermedades y disminución en su capacidad reproductiva (Griffin y Griffin, 2004; MacLeod, 2009; Sousa, Alves, Dinis, Bentz, Cruz y Nunes, 2019; Wild, Krützen, Rankin, Hoppitt, Gerber y Allen, 2019).

Aunado a las variaciones ambientales que pueden influir en las poblaciones de cetáceos, las características de las poblaciones estuarinas de *Tursiops truncatus* como su diferenciación genética de otras poblaciones costeras, su fidelidad al hábitat y su exposición a la baja calidad ambiental de las áreas costeras (Felix, 1997; Bayas-Rea y Montufar, 2018), influyen en el comportamiento, estructura social, dinámica poblacional, parámetros demográficos y reproductivos de la especie, por lo que es esencial determinarlos para establecer una línea base que contribuya al manejo de la especie y sus hábitats (Baker y Herman, 1987; Connor, Wells, Mann y Read, 2000; Fruet, Genoves, Möller, Botta y Secchi, 2015). Los parámetros reproductivos y las tendencias a nivel de población en cetáceos se pueden estimar mediante un muestreo periódico con técnicas de foto-identificación (Wells y Scott, 1990; Würsig y Jefferson, 1990; Wells, 2004; Herzing, 1997; Mann, Connor, Barre, Heithaus, 2000); siendo esta metodología particularmente efectiva para poblaciones relativamente pequeñas con rangos limitados (Wells, 2014). Los avistamientos de individuos identificables durante un largo periodo de tiempo con un patrón de residencia permiten la construcción de las historias reproductivas de las hembras y la estimación de los parámetros reproductivos como tasa de natalidad, intervalo de nacimientos, supervivencia de crías (a la edad 1 y edad 3), tasa de reclutamiento y estacionalidad de los nacimientos (Fruet et al., 2015; Tezanos-Pinto, Constantine, Mourão, Berghan y Baker, 2015; Chang, Karczmarski, Huang, Gailey y Chou, 2016; Baker, O'Brien, McHugh y Berrow, 2017).

El estudio de *T. truncatus* que ha generado más información sobre los parámetros del ciclo de vida, fue el realizado en Bahía Sarasota (Florida), el cual siguió las historias de vida individuales durante cinco generaciones (Wells, 1991). Según Wells (1991) y Mann et al. (2000), las hembras viven más que los machos y alcanzan la madurez sexual entre los 6 y 12 años. Las crías dependen de la madre durante los primeros 18 meses de vida, sin embargo, la lactancia no nutricional puede extenderse hasta los 3 años e incluso hasta los 8 años (Mann et al., 2000). Según Clutton-Brock (1989), las hembras mayores podrían pasar más tiempo con sus crías que las hembras más jóvenes, por esta razón, los intervalos de parto pueden ser mayores a mayor edad. Usualmente, las hembras pueden quedar embarazadas nuevamente hasta que su cría sea destetada o si esta murió (Connor et al., 2000; Mann et al., 2000). Según los estudios de Wells y Scott (1990) y Mann et al. (2000), llevados a cabo en Sarasota y Shark Bay las tasas de mortalidad tienden a ser más altas en las crías menores a 1 año, alcanzando los valores de 18,9% y 24% respectivamente.

La estructura de la población de cetáceos depende de las características físicas del hábitat (Wells, 1991), los delfines que habitan en aguas abiertas o hábitats semiabiertos no muestran una gran fidelidad al hábitat, mantienen grupos más grandes y áreas de distribución más amplias (Barco, Swingle, McLellan, Harris y Pabst, 1999). En comparación con las poblaciones de bahías cerradas, las cuales muestran gran fidelidad al sitio, alto grado de residencia, grupos más pequeños y rangos de movimiento limitados como en la Bahía de Sarasota (Wells, 1991).

Estudios del delfín nariz de botella en el Golfo Dulce, un ecosistema estuarino con características hidrográficas de fiordo (Richards, Anderson y Cline, 1971; Quesada, Cortés, Alvarado y Fonseca, 2006; Morales, Acuña, Lizano y Alfaro, 2015) destacan su preferencia por aguas poco profundas cerca a la costa, pendientes submarinas escarpadas y desembocadura de los ríos, especialmente el área conformada por la desembocadura de los Ríos Tigre y Platanares (Acevedo y Burkhart, 1998; Cubero-Pardo, 1998, 2007; Oviedo, 2007; Herra, Pacheco, Oviedo y Iñiguez, 2016; Pacheco-Polanco, 2016; Oviedo, Fernández, Pacheco y Herra, 2019). Pacheco-Polanco, (2016), menciona la importancia de esta población en términos de abundancia para el litoral Pacífico de Costa Rica, por ser un ecotipo costero. Según el estudio de Oviedo (2018), *T. truncatus* presenta una población residente dentro del Golfo, documentando actividades claves de supervivencia como la alimentación y la reproducción. En el mismo estudio de Oviedo (2018), se identificaron tres grupos de acuerdo con el patrón de fidelidad al hábitat: a) residentes todo el año (15%); b) residentes por temporadas (35%) y c) Transitorios (50%) y se determinó una población de menos de 100 (IC: 84 -119) individuos de *T. truncatus* con un índice de supervivencia de 0.90 y sin fluctuaciones en el tamaño de la población por estacionalidad.

En este estudio se analizan los datos obtenidos en 7 años de observaciones de la población residente de *T. truncatus* en el Golfo Dulce, recopilados por el Centro de Investigación de Cetáceos de Costa Rica (CEIC), teniendo como base la población de 10 hembras residentes identificadas en el estudio de Oviedo (2018), para la construcción de la historia reproductiva individual y la estimación de los parámetros reproductivos, siendo este último el objetivo de este estudio. Como hipótesis de investigación analizamos si más del 50% de los individuos identificados en el historial de capturas del 2016 al 2018 son recapturas y si las variables reproductivas presentan patrones de estacionalidad.

METODOLOGÍA

Área de estudio: El Golfo Dulce se localiza en la costa sur de Costa Rica, Pacífico Tropical Oriental, entre los 8°27' - 8°45'N y los 83°07' - 83°30'W. Sus características hidrográficas se han descrito como un estuario similar a un fiordo o una bahía semicerrada de formación tectónica, con 50 km de largo y de 10 a 15 Km de ancho, con una cuenca interna con profundidad máxima de 215 m y un canal de poca profundidad de aproximadamente 60-70 m que comunica al Océano Pacífico (Richards et al., 1971; Wolff, Hartmann y Koch, 1996; Morales-Ramírez et al., 2015). Estas características, restringen el intercambio de agua presentándose un ambiente anóxico en sus aguas profundas y un gradiente pronunciado en los parámetros fisicoquímicos de la columna de agua (temperatura, salinidad, oxígeno disuelto). Se han identificado dos capas de masas de agua, una superficial hasta los 50-60 m de profundidad, con temperaturas más cálidas (19-30°C) y con una salinidad menor a los 34‰ y otra de aguas profundas con características físicas homogéneas, temperaturas mínimas de 15.4°C y salinidad de 34.8‰. Debido a estas particularidades, el Golfo Dulce se ha caracterizado como un fiordo tropical, de los cuales solo existen tres en el mundo, siendo este el único en la Costa Pacífica del continente americano (Quesada-Alpízar y Cortés, 2006; Morales-Ramírez et al., 2015).

Recolección de datos: Los datos analizados corresponden a la temporada 2011-2017, los cuales fueron recolectados por el Centro de Investigación de Cetáceos de Costa Rica, utilizando la metodología descrita por Pacheco-Polanco (2016) y Oviedo (2018). Los muestreos fueron dirigidos al registro y monitoreo de cetáceos, utilizando un bote de 7 m de eslora con un motor de cuatro tiempos de 115 HP para obtener los registros. Los recorridos se llevaron a cabo en un patrón de zig-zag, iniciando en Bahía Rincón o Puerto Jiménez hasta la boca del Golfo. Se realizaron 343 censos en dos temporadas: seca (noviembre a mayo) y lluviosa (junio a octubre), aproximadamente 24 censos por temporada. Los muestreos se realizaron iniciando en la mañana (07:00-08:00) y finalizando en la tarde (14:00-16:00). Cada 30 minutos se realizó una lectura de posicionamiento por GPS y se registraron las condiciones ambientales como: condición de la superficie marina (Escala Beaufort), temperatura superficial (utilizando un termómetro de campo), ciclo de mareas en el Módulo de Información Oceanográfica del Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR) de la Universidad de Costa Rica. Cada avistamiento se asoció con observaciones de conducta iniciando los registros a los 10 min, dependiendo de la identificación de alteraciones conductuales se prosiguió el protocolo de seguimiento grupal (Mann, 2000): registro de foto-identificación por medio del método de captura-recaptura y muestreo etológico por barridos. Durante el protocolo de seguimiento grupal, se tomaron fotografías de las aletas dorsales de los individuos adultos y sub-adultos identificados en el grupo, tratando de tomar las fotografías perpendicularmente al eje corporal y de la mayoría de los individuos posible. Las fotografías fueron tomadas con una cámara digital SRL (Canon 7D), con un lente de zoom telescópico de 400 mm. Las fotografías fueron organizadas por carpetas según la fecha de muestreo.

Análisis de los datos

Registros de foto-identificación: Las fotografías fueron seleccionadas de acuerdo con criterios de calidad (Whitehead et al., 1997), y contrastadas con el catálogo de foto-identificación para el Golfo Dulce del 2011 al 2015. Se construyó, el historial de captura para cada individuo identificado con su respectivo respaldo fotográfico y el historial reproductivo para cada hembra residente. Solo se consideraron para el análisis de los parámetros reproductivos a hembras clasificadas como “residentes todo el año”, de acuerdo con lo establecido por Oviedo (2018). Un rango hogar extenso, combinado con movimientos de inmigración y emigración azaroso, como el documentado en esta población por Oviedo (2018). Previene el registro efectivo de datos demográficos (Henderson, Dawson, Currey, Lusseau y Shneider, 2014). La clasificación anterior describe particularmente a hembras presentes en todas las temporadas evaluadas (lluvia 2011-seca 2015-2016) y con un nivel de recapturas ≥ 10 .

El historial reproductivo fue construido combinando criterios que incluyen el análisis de las fotografías y las observaciones documentadas en campo, como la observación de asociaciones consistentes entre un adulto identificable y otro individuo (madre-cría). Esta asociación se caracteriza etológicamente por evidenciar la postura infantil de uno de los individuos, incluyendo el nado paralelo con neonatos, tal como se describe en Mann y Smuts (1999). Complementariamente se detalló la presencia de pliegues fetales en neonatos, asignando una etapa de vida a cada individuo según la siguiente clasificación: neonato, cría 1, cría 2, cría 3 y cría 4.

Estimación de los parámetros reproductivos

Tasa de nacimientos: La tasa de nacimiento (CBR) al año t , $CBR(t) = 2011 \dots 2017$, se define como la proporción de recién nacidos en la población al año t (Clapham y Mayo, 1990) y se calcula como la razón del número de neonatos (nt) a la suma de crías (igual número de asociaciones

madre-cría (mc_t) y el total de números de delfines observados e identificados en un año determinado (i_t).

$$CBR(t) = \frac{n_t}{mc_t + i_t}$$

Tasa de reclutamiento: La tasa de reclutamiento (ARR) al año t , ARR_t , se calculó con:

$$ARR_t = \frac{S1_t}{i_t}$$

En donde, $S1_t$, es el número de crías que sobreviven hasta la edad de 1 año y (i_t) representa el número de los individuos identificados en un año determinado.

Supervivencia de crías: La supervivencia de crías al año a la edad 1 ($l_{x,t}$), fue calculada por:

$$l_{x,t} = \frac{S_{x,t}}{n_t}$$

Donde, $S_{x,t}$ es el número de crías que sobreviven a la edad x ($x=0.5, 1, 2, 3$) y n_t es el número de crías nacidos en un año determinado t ($t=2010...2019$). El valor de $l_{0,t}$ fue definido como 1. La supervivencia de crías por edad ($p_{x,t}$) se calculará con:

$$p_{x,t} = \frac{l_{x+1,t}}{l_{x,t}}$$

Intervalo de nacimientos: Se definió como el período (en años) entre los meses de nacimiento estimados de dos crías sucesivos (Clapham y Mayo, 1990). Tal como destaca Tezanos-Pinto (2009), generalmente no se observan los partos en delfines hembra en los muestreos, por lo tanto, el primer avistamiento de una hembra acompañada de un neonato se utilizó como registro de la fecha aproximada de nacimiento. Los neonatos se distinguen por los pliegues fetales y pueden perdurar hasta los 3 meses de edad, por lo que, el neonato podría haber nacido 1-3 meses antes de la fecha del primer avistamiento.

Estacionalidad de nacimientos: Se analizó la estacionalidad de los partos de acuerdo con la frecuencia de avistamientos de neonatos en la temporada seca (noviembre a mayo) y lluviosa (junio a octubre). Se analizó las diferencias estadísticas entre el número de hembras con crías, así como el número de neonatos entre las temporadas evaluadas, mediante una prueba no paramétrica (Kruskal Wallis) bajo un nivel de significancia de $P < 0.05$.

RESULTADOS

Esfuerzo de muestreo y foto-identificación

Entre el 2011 y 2018 se realizaron un total de 343 censos, con un total de 189 muestreos efectivos de foto-identificación, durante los cuales se tomó un total de 12,259 fotografías; de éstas se seleccionaron aproximadamente 35% ($n=4480$), las cuales incluyeron un total de 523 recapturas. El proceso de selección se sustentó bajo estrictos criterios de calidad (nitidez, ángulo y exposición), que resultó en un subgrupo de fotografías con calidad superior al 80%. Los censos

se realizaron durante todo el año, sin embargo, el 54% de los censos se llevaron a cabo en los meses de junio, julio y agosto correspondientes a la temporada de lluvia.

Parámetros reproductivos

Hembras reproductivas: Según el estudio de Oviedo (2018), se identificaron 10 hembras residentes en el Golfo Dulce teniendo en cuenta los patrones de residencia de ocurrencia, permanencia y periodicidad. El total de estas hembras fueron avistadas durante los 7 años de muestreo. De las 9 hembras, el 66,6% ($n=6$) fueron avistadas con 3 crías sucesivas y el 33,3% ($n=3$) fueron avistadas con 2 crías. Se documentaron 24 crías en total de 9 hembras reproductivas en los 7 años de estudio. De las 24 crías, el 16,6% ($n=4$) fueron identificados como neonatos, reconociéndolos por los pliegues fetales, mancha ocular, tamaño, tipo de nado y asociación con un adulto (Tabla 1).

TABLA 1

Historial de avistamiento de hembras reproductivas y sus crías del 2011 al 2018

ID	Nombre	Temporadas														N	#Crías	
		Lluv. 2011	Seca 2011-2012	Lluv. 2012	Seca 2012-2013	Lluv. 2013	Seca 2013-2014	Lluv. 2014	Seca 2014-2015	Lluv. 2015	Seca 2015-2016	Lluv. 2016	Seca 2016-2017	Lluv. 2017	Seca 2017-2018			
TtGD004	Wall E	C12	C12-C13	C13	NtII	NtII-C11	C11	C11-C12	C12	C12-C13	C13	NtIII	NtIII-C111	C111	C111-C112	20	3	
TtGD009	Kiki	A	x	x	x	NtI	NtI-C11	C11	C12	C12	C12-C13	C13	C13-C14	NtII	NtII-C111	13	3	
TtGD022	Eva	C12	C13	C13	NtII	C12-C11	C11	C12	C12	C12-C13	C13	x	x	x	x	14	2	
TtGD026	Momo	C11	C12	C12	C13	C13	C14	x	x	x	NtII	NtII-C11	C112	C12	x	11	2	
TtGD037	Leo	C12	C13	C13	C14	NtII	A	C12	C12	C13	C13	C111	x	C112	x	17	3	
TtGD042	Star	C12	C13	A	A	C11	C11	C12	C12	NtIII	NtIII-C111	C111	x	C112	x	20	3	
TtGD043	Azucena	C12	C13	C13	A	A	NtII	C11	C11	C12	C12	C13	C13	C13	C14	26	2	
TtGD060	Piquito	NtI-C11	C11	C12	C12	C13	C13	NtII	C11	C12	C12	A	x	x	C111	C111	19	3
TtGD061	Corina	C12	C12	C11	C11	C12	C12	C13	C13	A	A	x	C112	C113	x	16	3	
Total crías:																24		

ID: número de catálogo de identificación individual; Nt: neonatos; C1: crías a edad 1; C2: crías a edad 2; C3: crías a edad 3; C4: crías a edad 4; I, II, III: primera, segunda y tercera cría; A: avistamiento de hembra adulta sola; x: sin avistamiento; N: Total de avistamientos de la hembra reproductiva; #crías: número total de crías por hembra reproductiva

TABLA 2

Parámetros reproductivos por temporada para *Tursiops truncatus* en el Golfo Dulce

	Lluviosa 2011	Seca 2011-2012	Lluviosa 2012	Seca 2012-2013	Lluviosa 2013	Seca 2013-2014	Lluviosa 2014	Seca 2014-2015	Lluviosa 2015	Seca 2015-2016	Lluviosa 2016	Seca 2016-2017	Lluviosa 2017	Seca 2017-2018
# individuos identificados (It)	48	62	78	83	90	90	90	96	98	98	100	101	101	101
# madres-crías (MCt)	7	9	8	7	9	9	9	9	8	7	9	10	11	11
# neonatos (nt)	0	0	0	4	1	2	0	0	0	1	3	2	1	1
Tasa cruda de nacimientos (CBR)	0.00	0.00	0.00	0.04	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.02	0.01	0.01

# crías edad 1 ($S1,t$)	2	2	2	1	1	4	6	3	2	0	3	3	1	3
Tasa de reclutamiento (SRR)	0.04	0.03	0.03	0.01	0.01	0.04	0.07	0.03	0.02	0.00	0.03	0.03	0.01	0.03

El número de individuos identificados representa el número total de adultos identificados fotográficamente y codificados en el catálogo

Tasa de nacimientos: La tasa media de nacimientos por temporada es de 0.01, basada en el número de nacimientos como proporción de la población total de individuos identificados ($n=101$) y las hembras reproductivas identificadas ($n=9$) (Tabla 2). Se observa dos picos de nacimientos, uno en la temporada seca del 2012-2013 y otro en la temporada lluviosa del 2016, presentado un lapso intermedio de 4 años (Figura 1). Realizando la modificación temporal a 1 año, la tasa de nacimiento anual es en promedio 0.02.

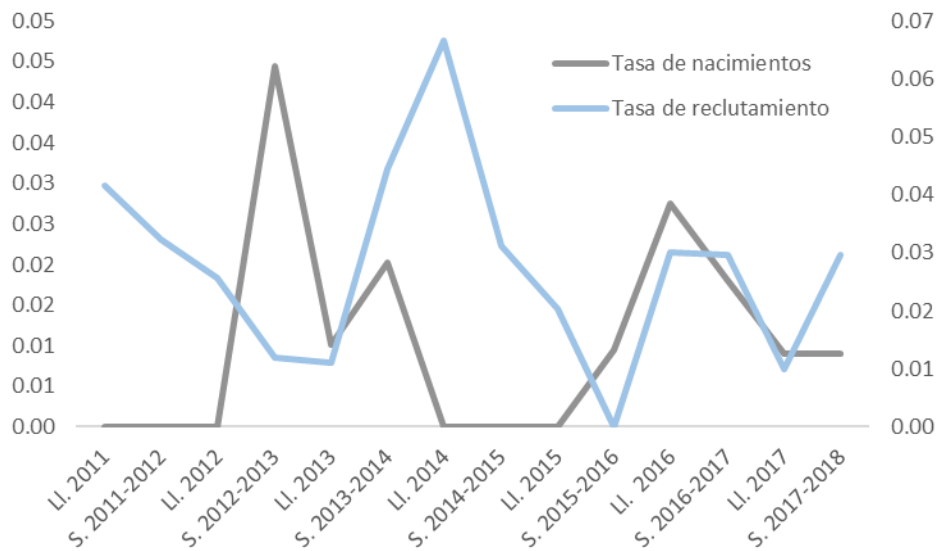


Fig.1 Curva de la tasa de nacimientos y tasa de reclutamiento de las hembras residentes de *Tursiops truncatus* por temporada seca y lluviosa del 2011 al 2018 en el Golfo Dulce

Tasa de reclutamiento: La tasa de reclutamiento media por temporada calculada fue de 0.03 (Tabla 2). Se observa un pico de reclutamiento en la temporada lluviosa del 2014, y un declive en la temporada seca del 2015 al 2016 (Figura 1).

Supervivencia de crías: La supervivencia media de crías a la edad 1 por temporadas se calculó en 1.1 (Tabla 2), con un pico principal durante la temporada seca 2012-2013, en contraste con dos picos secundarios en las estaciones lluviosas del año 2016 y 2017 (Figura 2).

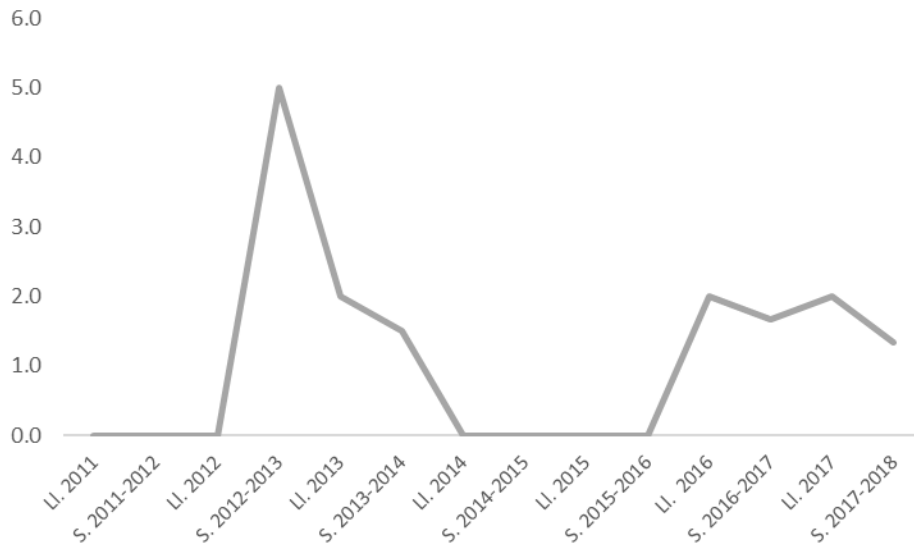


Fig. 2 Curva de supervivencia de crías a la edad 1 de *Tursiops truncatus* en la temporada lluviosa y seca en el Golfo Dulce

Intervalo de nacimientos: El intervalo de nacimientos se calculó para las hembras residentes que registraron al menos dos neonatos consecutivos en el historial reproductivo. Para las etapas de crías registradas como neonato, se infirió la fecha de nacimiento 3 meses antes, y para las crías registradas como neonato a cría 1, se infirió la fecha de nacimiento 6 meses antes. La media de intervalo de nacimientos para las hembras residentes se calculó en 3.4 años (\pm SD 0.52) (Tabla 3).

TABLA 3

Intervalo de nacimientos

Código	Nombre	# Cría	Nacimiento aprox.	Fecha 1er avistamiento con neonato	Fecha último avistamiento con neonato	Intervalo de nacimientos
TtGD004	Wall E	II	Mar-13	Sep-13	Jul-16	3.4
TtGD009	Kiki	I	Jul-13	Oct-13	Jul-17	4
TtGD042	Star	II	Mar-13	Sep-13	Agos-2015	2.5
		III		Agos-2015	Ene-2019	3.3
TtGD043	Azucena	II	Ene-2014	Jul-14	Jul-18	3.3
TtGD060	Piquito	I	Nov-10	May-11	Mar-14	3.8
					Promedio	3.4
					SD	0.52

Estacionalidad: La curva de nacimientos no muestra una diferencia notoria entre la temporada seca y la temporada lluviosa, los nacimientos se registraron durante todo el año sin mostrar una relación con la temperatura superficial del agua ($r=0.17$) (Figura 3). Igualmente, la curva de madres con cría no presenta una variación o picos marcados por las temporadas (Figura 4). La no discriminación de picos por temporada es sustentada estadísticamente para el número de

hembras y crías (Prueba KW: $X^2=0.112$, $GL=1$, $P>0.05$), así como para el número de neonatos presentes (Prueba KW: $X^2=0.758$, $GL=1$, $P>0.05$).

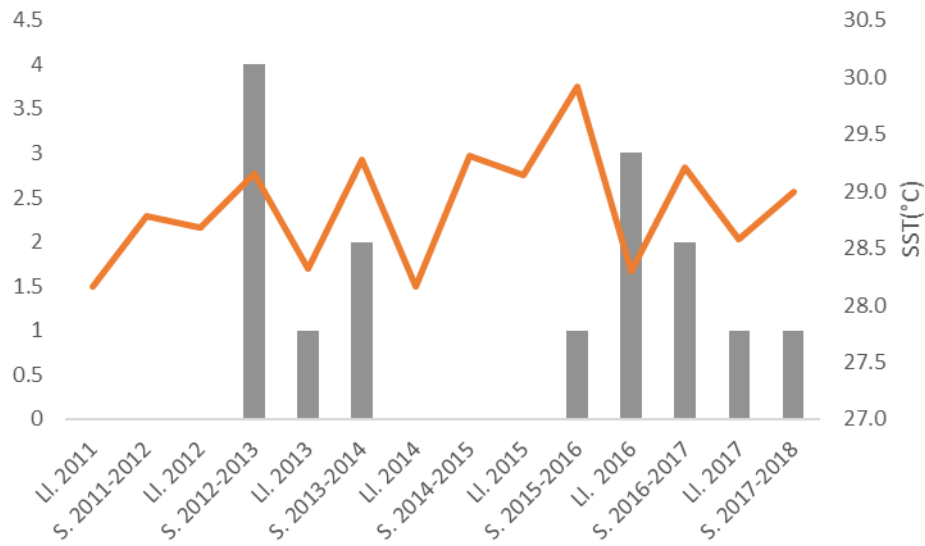


Fig. 3 Curva de nacimiento por temporada y temperatura superficial del agua

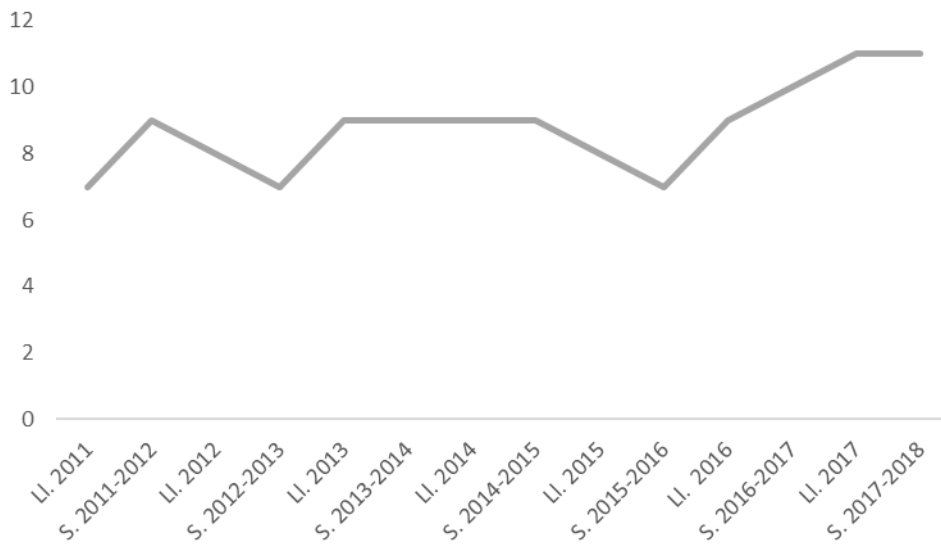


Fig. 4 Curva de madres con cría por temporada

DISCUSIÓN

Parámetros reproductivos: Los resultados obtenidos de los parámetros reproductivos de esta población de hembras residentes se definen de acuerdo con las características del Golfo Dulce como su hábitat crítico de reproducción y crianza (Pacheco-Polanco, 2016; Herra-Miranda et al., 2016; Oviedo, Fernández, Herra, Pacheco, Hernández y Aurióles, 2018; Oviedo, 2018; Oviedo et al., 2019). Según Wells (1991) y Barco et al. (1999), las características de las poblaciones de cetáceos dependerán de las características físicas del hábitat, de esta forma las poblaciones de bahías cerradas, con gran fidelidad al sitio, alto grado de residencia, grupos más pequeños y rangos de movimiento limitados, presentarán características propias de estos ámbitos. El Golfo Dulce, es un estuario o bahía cerrada tipo fiordo con intercambio de agua restringido, por lo

cual, los parámetros reproductivos y la dinámica poblacional de *T. truncatus* mostrará patrones y tendencias limitadas por los recursos disponibles en este hábitat.

En este estudio se presentan por primera vez los parámetros reproductivos para la población de hembras residentes de *T. truncatus* en el Golfo Dulce. La curva de la tasa de nacimientos muestra un pico en el año 2012, seguido por un intervalo de 4 años de menor actividad, consecutivamente se muestra un pico secundario nuevamente en el año 2016. Lo anterior más que un patrón de posible sincronización relativa entre la actividad reproductiva de las hembras refleja una mayor inversión en el cuidado parental. Sin descartar, que esta tendencia podría estar relacionada con la disponibilidad de recursos, sin embargo, los estudios sobre la relación presa-depredador aún están en desarrollo. Los nacimientos por temporada variaron de 0 a 4 neonatos, siendo los nacimientos 0 cuando las hembras fueron observadas con crías de 1 y 2 años. Esta tendencia podría relacionarse con una estrategia que permite maximizar las posibilidades de supervivencia de los neonatos, hasta desarrollarse a su primer año de vida, etapa donde la mortalidad es más crítica (Whitehead y Mann, 2000; Henderson et al., 2014, Mann et al., 2021).

El intervalo de partos promedio fue de 3.4 años, sin embargo, se observaron asociaciones madre-cría de hasta 4 años. Según Clutton-Brock (1989), las hembras mayores podrían pasar más tiempo con sus crías que las hembras más jóvenes, por esta razón, los intervalos de parto pueden ser mayores con el incremento de la edad. Esto se evidenció con un caso en particular, donde las observaciones de la hembra TtGD060, la cual ha sido registrada desde los esfuerzos de investigación el año 1991 (Acevedo-Gutiérrez y Burkhart, 1998; Moreno y Acevedo-Gutiérrez, 2016), y a la cual se calculó un intervalo de nacimientos de 3.8 años entre el 2011 al 2018.

La curva de reclutamiento al primer año de vida muestra complementariedad con la curva de nacimientos y el intervalo entre nacimientos. Lo anterior refleja un éxito reproductivo importante al garantizar la supervivencia al primer año de vida, tal como se argumentó anteriormente. La etapa de destete de las crías se registró a la edad de 3 años y entre los 3 y 4 años. Según Baker et al. (2017) y Wells (2014), las edades de destete se encuentran entre los rangos de 2 a 4 años, sin embargo, en estudios pertinentes a la longevidad de las asociaciones madres-crías, se observó que individuos destetados especialmente hembras, se asociaban de nuevo con sus madres y nuevos neonatos durante más meses.

La supervivencia de crías a 1 año, (0.01) es baja comparada con otros estudios. Sin embargo, teniendo en cuenta que el cálculo se basa en poblaciones con mayor cantidad de hembras reproductivas y mayor número de nacimientos, la supervivencia de crías de esta población es proporcional al número de hembras residentes reproductivas en este estudio. En contraste, en el historial reproductivo todos los neonatos registrados ($n=24$), alcanzaron la edad de 1 año, lo que muestra atributos importantes asociados al cuidado parental de las hembras reproductivas.

La estacionalidad de los nacimientos no mostró una relación con la temporada lluviosa o seca, ni con la temperatura superficial del agua. Según Tezanos-Pinto (2009) y Wells et al. (1987), los picos en las temporadas de nacimientos se han observado en poblaciones de *T. truncatus* de latitudes altas, en donde las variaciones estacionales y la temperatura del agua superficial cambia drásticamente. No se puede descartar, otras variables como la depredación, ejerciendo un efecto importante en la temporalidad de los nacimientos. Lo anterior, ya ha sido documentado en latitudes tropicales con poblaciones costeras (Fearnbach, Durban, Parsons y Claridge, 2011).

Consideraciones de manejo y conservación: Teniendo en cuenta que este es el primer estudio que se realiza sobre los parámetros reproductivos de la población de hembras residentes de *T. truncatus* del Golfo Dulce, se establece una línea base que permitirá observar variaciones en la tendencia reproductiva de una población de tamaño limitado en un hábitat estuarino cercano a la influencia antropogénica. Lo anterior informa las decisiones de manejo y conservación, tanto del hábitat como de la especie. La población residente del Golfo Dulce como población centinela puede ayudar a visibilizar cambios ambientales, especialmente en ecosistemas estuarino semi-cerrados como el Golfo Dulce, pero para esto, es necesario la continuidad de estudios y monitoreos a largo plazo que permitan la construcción de las historias de vida de las hembras residentes, la estimación de los parámetros reproductivos y las tendencias de la población.

Estudios anteriores han hecho énfasis en la relevancia del paisaje marino costero de Golfo Dulce, incluyendo los hábitats críticos de forrajeo y crianza para la población del ecotipo costero *T. truncatus*, siendo las áreas núcleo la desembocadura de los ríos Esquinas, Rincón, Coto-Colorado y en especial el área correspondiente entre el Río Tigre y el Río Platanares (Oviedo, 2007; Pacheco-Polanco, 2016; Herra-Miranda et al., 2016; Oviedo, 2018; Oviedo et al., 2018, 2019). En esta última área, los estudios de Bessesen et al., (2014) y Pacheco-Polanco, (2016) han reportado lesiones dérmicas en la población residente de delfines nariz de botella, las cuales se asemejan a lesiones provocadas por LLD (Lacaziosis Like Disease, ahora denominada *Paracoccidioidomycosis ceti*).

La comunidad de hembras residentes, son longevas y de rango hogar limitado a los hábitats críticos en Golfo Dulce, con casos emblemáticos como TtGD060, tal como se mencionó anteriormente. La supervivencia de las crías está relacionada con la identidad y asociación de hembras específicas. De acuerdo con Henderson et al. (2014), si las mejores madres garantizan la supervivencia de crías con cierto grado de sincronidad relativa, tal como se apreció anteriormente, se sustenta el crecimiento poblacional.

A pesar de ser relativamente proporcional al número de hembras residentes, la baja tasa de nacimientos (promedio anual 0.02) y el tamaño discreto de la población son aspectos que reflejan la vulnerabilidad de esta población costera de delfín nariz de botella. Sin embargo, estas características demográficas contrastan con la alta supervivencia de las crías al primer año de vida expresada por la tasa de reclutamiento anteriormente discutida, en comparación con otras poblaciones costeras (Steiner y Bossley 2008; Henderson et al. 2014; Baker et al. 2017).

Ante las perspectivas descritas anteriormente, es perentorio integrar a la legislación nacional que regula la conservación de fauna marina, el nivel de stock y población. Lo anterior serían conceptos claves para guiar futuras evaluaciones del estatus de conservación de poblaciones importantes como la de Golfo Dulce, y así diseñar medidas sustentadas en información científica en las estrategias de manejo y conservación de cetáceos en Costa Rica y Latinoamérica.

AGRADECIMIENTOS

Mis sinceros agradecimientos a todo el equipo del Centro de Investigación de Cetáceos Costa Rica, a David Herra-Miranda, al Instituto Earthwatch, a mis lectores Juan Diego Pacheco-Polanco y Guido Saborio, y a mi tutor Lenin Oviedo. Este trabajo es parte de los requisitos de graduación del programa de Maestría Académica en Manejo de Recursos Naturales de la Universidad Estatal a Distancia de Costa Rica.

REFERENCIAS

- Acevedo-Gutiérrez, A. & Burkhart, S. (1998). Seasonal distribution of bottlenose (*Tursiops truncatus*) and pan-tropical spotted (*Stenella attenuata*) dolphins (Cetacea: Delphinidae) in Golfo Dulce, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*. 46(6): 91-101.
- Bayas-Rea, R., Félix, F., & Montúfar, R. (2018). Genetic divergence and fine scale population structure of the common bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*, Montagu) found in the Gulf of Guayaquil, Ecuador. 31 p. *PeerJ*, <http://dx.doi.org/10.7717/peerj.4589>
- Baker, S, Perry, A. & Herman, L. (1987). Reproductive histories of female humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in the North Pacific. *Marine Ecology Progress Series*. 41, 103-114. <http://dx.doi.org/10.3354/meps041103>
- Baker, I., O'Brien, J., McHugh, K. & Berrow, S. (2017). Female reproductive parameters and population demographics of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the Shannon Estuary, Ireland. *Marine Biology* 165, 15 (2018). <https://doi.org/10.1007/s00227-017-3265-z>
- Barco, S. G., Swingle, W. M., McLellan, W. A, Harris, R. N. & Pabst, D. A. (1999). Local abundance and distribution of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the nearshore waters of Virginia Beach, Virginia. *Marine Mammal Science*. 15:394-408. https://uncw.edu/mmsp/documents/barcoetal1999_bottlenose_abundance.pdf
- Bessensen, B., Oviedo-Correa, L., Acevedo-Gutiérrez, A., Burdett Hart, L., Herra-Miranda, D., Pacheco-Polanco, J. D., Baker, L., Saborío-R, G. & Bermúdez-Villapol, L. (2014). Lacaziosis-like disease in Costa Rica from photographic records of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in Golfo Dulce. *Emerging Infectious Diseases*. Diseases of aquatic organisms. 107, 173–180. <https://doi.org/10.3354/dao02692>
- Bossart, G.D. (2010). Marine Mammals as Sentinel Species for Oceans and Human Health. *The American College of Veterinary Pathologist. Veterinary Pathology* 48(3): 676-690. <http://dx.doi.org/10.1177/0300985810388525>
- Chang, W. L., Karczmarski, L., Huang, S.L., Gailey, G. & Chou, L. S. (2016). Reproductive parameters of the Taiwanese humpback dolphin (*Sousa chinensis taiwanensis*). *Regional Studies in Marine Science*, 8 (3): 459-465. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2016.08.001>
- Clapham, P.J. & Mayo, C. A. (1990). Reproduction of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) observed in the Gulf of Maine. *Report of the International Whaling Commission*, Special Issue 12, 171-175.
- Clutton-Brock TH, (1989). Conferencia de revisión: Sistemas de apareamiento de mamíferos. *Actas del Royal Society of London, Serie B*: 339-372. In Tezanos-Pinto, G. 2009. Population structure, abundance, and reproductive parameters of bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) in the Bay of Islands (Northland, New Zealand). Thesis submitted in fulfilment of the requirements for the Degree of Doctor of Philosophy in Biological Sciences. Auckland. New Zealand. 260 pp.
- Connor, R. C., Wells, R. S., Mann, J. & Read, A. J. (2000). The bottlenose dolphin social relationships: in a fission-fusion society. En J. Mann, R. C. Connor, P. L. Tyack, y H. Whitehead (Eds.), *Cetacean societies: field studies of whales* (pp. 91–126). Chicago: The University of Chicago Press and dolphins.
- Cubero-Pardo, P. (1998). Patrones de comportamiento diurnos y estacionales de *Tursiops truncatus* y *Stenella attenuata* (Mammalia: Delphinidae) en el Golfo Dulce, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 46(6): 103-110.
- Cubero-Pardo, P. (2007). Environmental factors governing the distribution of the bottlenose (*Tursiops truncatus*) and the spotted dolphin (*Stenella attenuata*) in Golfo Dulce, South Pacific, off Costa Rica. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 35(2):15-23.
- Fearnbach, H., Durban, J. Parsons, K. & Claridge, D. (2011). Seasonality of calving and predation risk in bottlenose dolphins on Little Bahama Bank. *Marine Mammal Science* 28:402–411. <https://doi.org/10.1111/j.1748-7692.2011.00481.x>

- Félix F. (1997). Organization and social structure of the coastal bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) in the Gulf of Guayaquil, Ecuador. *Aquatic Mammals*, 23 (1): 1-16.
- Fruet P. F., Genoves, R. C., Möller L.M., Botta, S. & Secchi, E. R. (2015). Using mark-recapture and stranding data to estimate reproductive traits in female bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) of the South western Atlantic Ocean. *Marine Biology*, 162: 661–673. <https://doi.org/10.1007/s00227-015-2613-0>
- Griffin, R. B. & N. J. Griffin. (2004). Temporal variation in Atlantic Spotted Dolphin (*Stenella frontalis*) and Bottlenose Dolphin (*Tursiops truncatus*) densities on the West Florida Continental Shelf. *Aquatic Mammals*. 30(3): 380-390. DOI 10.1578/AM.30.3.2004.380
- Hanzen, E. L., Abrahms, B., Brodie, S., Carrol, G., Jacox, M. G., Savoca, M. S., Sacales, K. L., Sydeman, W. J. & Bograd S. J. (2019). Marine top predator as climate and ecosystem sentinels. *Frontiers in Ecology and the Environment* 17(10): 565– 574. <https://doi.org/10.1002/fee.2125>
- Henderson, A. D., Dawson, S. M., Currey, R. J., Lusseau, D. & Shneider, K. (2014). Reproduction, birth seasonality, and calf survival of bottlenose dolphins in Doubtful Sound, New Zealand. *Marine Mammal Science*, 30(3): 1067–1080. <https://doi.org/10.1111/mms.12109>
- Herra-Miranda, D., Pacheco-Polanco, J. D., Oviedo-Corrales, L., & Iñiguez, M. (2016). Análisis espacial de los hábitats críticos del delfín nariz de botella (*Tursiops truncatus*) y la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) en el Golfo Dulce, Costa Rica: Consideraciones acerca de un proyecto de construcción de marina. *Revista Ciencias Marinas y Costeras*, 8(1): 9-27. <http://dx.doi.org/10.15359/revmar.8-1.1>
- Herzing, D.L., (1997). The life history of free-ranging Atlantic spotted dolphins (*Stenella frontalis*): Age classes, color phases, and female reproduction. *Marine Mammal Science*. 13, 576-595. <https://doi.org/10.1111/j.1748-7692.1997.tb00085.x>
- MacLeod, C. D. 2009. Global climate change, range changes and potential implications for the conservation marine cetaceans: a review and synthesis. *Endangered Species Research* 7: 125-136. <https://doi.org/10.3354/esr00197>
- Mann, J. (2000). Unraveling the dynamics of social life: long term studies and observational methods. In J. Mann., R.C. Connor., P.L. Tyack, & H. Whitehead (Eds.). *Cetacean societies: Field studies of dolphins and whales* (pp. 45-64). Chicago-London: The University of Chicago Press.
- 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., Connor, R. C., Barre, L. M., Heithaus, M. R. (2000). Female reproductive success in bottlenose dolphins (*Tursiops sp.*): Life history, habitat, provisioning, and group-size effects. *Behavioral Ecology*, 11(2). 210-219. <https://doi.org/10.1093/beheco/11.2.210>
- Mann, J, Foroughirad, V., McEntee, M., Miketa, M. L., Evans, T. C., Karniski, C., Krzyszczyk, 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. *Frontiers in Marine Science* (8):617550. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.617550>
- Morales-Ramírez, A. Acuña-González, J., Lizano, O. & Alfaro, E. (2015). Rasgos oceanográficos en el Golfo Dulce, Pacífico de Costa Rica: una revisión para la toma de decisiones en conservación marina. *Revista de Biología Tropical*, 63(1): 131-160. <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v63i1.23100>
- Moreno, K., & Acevedo-Gutierrez, A. (2016). The social structure of Golfo Dulce bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) and the influence of behavioural state. *Royal Society Open Science* 3:160010.
- Oviedo, L. (2018). Patrones y procesos de selección de Hábitat en delfines simpátricos en Golfo dulce, Costa Rica. Tesis para obtener el grado de Doctorado en Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional. La Paz. México. 123 pp.
- Oviedo, L, Fernández, M., Herra-Miranda, D., Pacheco-Polanco, J. D., Hernández-Camacho, C. J. & Auriolles-Gamboa, D. (2018). Habitat partitioning mediates the coexistence of sympatric dolphins in a tropical fjord-like embayment. *Journal of Mammalogy*, 99(3): 554-564. <https://doi.org/10.1093/jmammal/gyy021>

- Oviedo-Correa, L. Fernández, M., Pacheco-Polanco, J. D. & Herra-Miranda, D. (2019). Spatial análisis on the occurrence of inshore and offshore bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in Osa Peninsula waters and Golfo Dulce, Costa Rica. *Journal of Cetacean Research and Management*, 20:(1-11). <https://doi.org/10.47536/jcrm.v20i1.233>
- Pacheco-Polanco J. D. (2016). La población residente de delfines nariz de botella (*Tursiops truncatus*) ecotipo costero en el Golfo Dulce, Costa Rica: aspectos ecológicos y socio-económicos para una gestión integrada del recurso. Tesis para optar al grado y título de Maestría Académica en Gestión Integrada de Áreas Costeras Tropicales. Universidad de Costa Rica. Costa Rica. 128 pp.
- Quesada-Alpízar, M., & Cortés, J. (2006). Los ecosistemas marinos del Pacífico Sur de Costa Rica: estado del conocimiento y perspectivas de manejo. *Revista de Biología Tropical*, 54: 101-145.
- Quesada, M., Cortés, J., Alvarado, J. & Fonseca, A. C. (2006). Características hidrográficas y biológicas de la zona marino-costera del Área de Conservación Osa. Serie Técnica: Apoyando los esfuerzos en el manejo y protección de la biodiversidad tropical. The Nature Conservancy. San José, Costa Rica. 80 pp.
- Richards, F.A, Anderson, J. J. & Cline, J. D. (1971). Chemical and physical observations in Golfo Dulce, an anoxic basin on the Pacific coast of Costa Rica. *Limnology and Oceanography*, 16, 43-50. <https://doi.org/10.4319/lo.1971.16.1.0043>
- Sousa, A., Alves, F., Dinis, A., Bentz, J., Cruz, M.J. & Nunes, J. P. (2019). How vulnerable are cetaceans to climate change? Developing and testing a new index. *El Sevier. Ecological Indicators* 98, 9-18. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.10.046>
- Tezanos-Pinto, G. (2009). Population structure, abundance and reproductive parameters of bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) in the Bay of Islands (Northland, New Zealand). Thesis submitted in fulfillment of the requirements for the Degree of Doctor of Philosophy in Biological Sciences. Auckland. New Zealand. 260 pp.
- Tezanos-Pinto, G., Constantine, R., Mourão, F., Berghan, J. & Baker C. S. (2015). High calf mortality in bottlenose dolphins in the Bay of Islands, New Zealand—a local unit in decline. *Marine Mammal Science* 31 (2):540–559
- Wells, R. S. (1991). The role of long-term study in understanding the social structure of a bottlenose dolphin community. In: Pryor K, Norris KS. *Dolphin societies: Discoveries and puzzles*. Berkley, CA: University of California Press.
- Wells, R. S. (2014). Social structure and life history of bottlenose dolphins near Sarasota Bay, Florida: insights from four decades and five generations. In: Yamagiwa, J., Karczmarski, L. (Eds.) *Primates and Cetaceans. Primatology Monographs*, 9, 149-172. https://doi.org/10.1007/978-4-431-54523-1_8
- Wells, R. S. & Scott, M. D. (1990). Estimating bottlenose dolphin population parameters from individual identification and capture-release techniques. *Reports of the International Whaling Commission (Special Issue)* 12, 407-415.
- Wells, R. S., Rhinehart, H. L., Hansen, L. J., Sweeney, J. C., Townsend, F. I., Stone, R., Casper, D. R., Scott, M. D., Hohn, A. A. & Rowles, T. K. (2004). Bottlenose Dolphins as Marine Ecosystem Sentinels: Developing a Health Monitoring System. *EcoHealth* (1): 246-254. <https://doi.org/10.1007/s10393-004-0094-6>
- Whitehead, H., & Mann, J. (2000). Female reproductive strategies of cetaceans. In J. Mann, R. Connor, P. Tyack, & H. Whitehead (Eds.), *Cetacean societies: Field studies of dolphins and whales* (pp. 219–246). Chicago: The University of Chicago Press.
- Wild, S., Krützen, M., Rankin, R. W., Hoppitt, W., Gerber, L. & Allen, S. J. (2019). Long-term decline in survival and reproduction of dolphins following a marine heatwave. *Current Biology* 29 (7): 225-240. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2019.02.047>
- Wolff, M., Hartmann, H. J. & Koch, V. (1996). A pilot trophic model for Golfo Dulce, a fjord-like tropical embayment, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 44(3): 215-231.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones: En este estudio se presentan por primera vez los parámetros reproductivos para la población de hembras residentes definidos de acuerdo con las características del Golfo Dulce. El análisis de los parámetros reproductivos muestra una tendencia a una mayor inversión en el cuidado parental, la cual podría relacionarse con una estrategia para asegurar la supervivencia de las crías. Así mismo, los picos en los nacimientos pueden estar relacionados con los recursos disponibles. No se encontró un patrón de temporalidad en los parámetros reproductivos.

Las características hidrográficas del Golfo Dulce y las características particulares de la población residente de delfines ecotipo costero, como la fidelidad al hábitat y el tamaño poblacional, aumentan la vulnerabilidad de esta población a los cambios medio ambientales. Este hecho prioriza la necesidad de continuar con el monitoreo de esta población a largo plazo, para observar posibles cambios en los parámetros reproductivos, los cuales podrían estar asociados a variaciones en la abundancia y disponibilidad de recursos. Esta especie como centinela, es valiosa para estudios de cambio climático e impacto antropogénico en un ecosistema semicerrado y con intercambio de agua restringido, como lo es el Golfo Dulce, siendo este conocimiento relevante para la toma de decisiones en el manejo y la conservación de esta especie y su hábitat.

Recomendaciones: Los parámetros reproductivos evaluados en este estudio son la línea base de la tendencia de la población residente de *T. truncatus* del Golfo Dulce, por lo cual, se recomienda continuar con el monitoreo y estudios a largo plazo de esta población, siguiendo la metodología utilizada para dar continuidad al historial de captura de toda la población residente y las historias de vida individuales de las hembras reproductivas.

En la tasa de nacimientos se observaron dos picos, los cuales podrían estar relacionados con la disponibilidad de los recursos. Sin embargo, actualmente no existen estudios de abundancia y distribución de presas en el Golfo Dulce, por lo tanto, se recomienda realizar estudios relacionados que sirvan de línea base para un análisis más completo.

ANEXOS

ANEXO 1: HISTORIAL REPRODUCTIVO DE LAS HEMBRAS RESIDENTES

Código	Nombre	Rainy 2011	Dry 2011-2012	Rainy 2012	Dry 2012-2013	Rainy 2013	Dry 2013-2014	Rainy 2014	Dry 2014-2015	Rainy 2015	Dry 2015-2016	Rainy 2016	Dry 2016-2017	Rainy 2017	Dry 2017-2018
TtGD004	Wall E	Cria 2(25052011:5326)	Cria 2-3	Cria 3	Neonato	Neo-Cria 1(12092013:2004)	Cria 1(22032014:8759)	Cria 1-2(10082014:7081)	Cria 2(10122014:9087)	Cria 2-3(27072015:6662)	Cria 3(03012016:2715)	Neonato(23072016:6226)	Neonato a Cria 1(08122016:4839)	Cria 1(28072017:2709)	Cria 1 a Cria 2(29052018:8317)
											Juvenil destete	Neonato(11082016:2786)			
TtGD009	Kiki	Sola	N/A	N/A	N/A	Neonato(01102013:0396)	Neo-Cria 1(22012014:8000)	Cria 1(24072014:0900)	Cria 1-2	Cria 2(13082015:2039)	Cria 2-3(10122015:5940)	Cria 3(11082016:2577)	Cria 4(10122016:5984)	Neonato(18072017:1619)	Neonato a Cria 1
													Cria 3(22082016:6042)	Juvenil(destete)(06042017:1669)	Neonato(27072017:1993,2023)
TtGD022	Eva	Cria 2(14082011:4229)	Cria 2-3	Cria 3(09072012:2786)	Neonato	Neo-Cria 1(01102013:5164)	Cria 1	Cria 1-2(10082014:7268)	Cria 2(10122014:9108)	Cria 2-3	Cria 3	N/A	N/A	N/A	N/A
TtGD026	Momo	Cria 1(13082011:3455)	Cria 1-2	Cria 2(04072012:7015)	Cria 2-3(18052013:6913)	Cria 3(12092013:1577)	Juvenil (28122013:1995)	N/A	N/A	Solita (13082015:2427)	Neonato	Neonato a Cria 1	Cria 1 a Cria 2	Cria 2(27072017:2470)	Cria 2 a Juvenil
							Sola(28122013:9611)								
TtGD037	Leo	Cria 2(25052011:4335)	Cria 2-3	Cria 3(04072012:7168)	Cria 3-4(21112012:8290)	Neo-Cria 1(101102013:0113)	Sola(27122013:9181)	Cria 1-2(24072014:6194)	Cria 2	Cria 2-3	Cria 3(17012016:5161)	Cria 1(22082016:6421)	Cria 1 a Cria 2	Cria 2(27072017:2108)	Cria 2 a Juvenil
					Neonato		Cria 1								
TtGD042	Star	Cria 2(25052011:4465)	Cria 2-3	Sola(16082012:6387)	Sola (08022013:2907)	Neo-Cria 1(12092013:2111)	Cria 1	Cria 1-2(10082014:7417)	Cria 2(10122014:9080)	Neonato(13082015:2575)	Cria 1(17012016:5544)	Cria 1(22082016:5749)	Cria 1 a Cria 2	Cria 2(18072017:1570)	Cria 2 a Juvenil
					Neonato						Neo-Cria 1(17012016:5583)				
TtGD043	Azucena	Cria 2(20062011:9186)	Cria 2-3(18122011:8687)	Cria 3(09072012:3149)	Sola (18052013:6927)	Solita(12092013:2372)	Solita(05022014:2135)	Neo-Cria 1(24072014:0917)	Cria 1(20022015:8860)	Cria 1-2(13072015:8884)	Cria 2(18012016:8247)	Cria 2-3(11082016:2731)	Cria 3(08122016:4484)	Cria 3a Cria 4(28062017:6802)	Cria 4(destete)
		Cria 2(20062011:9313)						Neonato					Cria 2-3(22082016:5566)	Cria 3(11062017:6602)	Cria 3 a Cria 4(14072017:0149)
TtGD060	Piquito	Neo-Cria 1(25052011:4147)	Cria 1(18122011:8742)	Cria 1-2(04072012:7253)	Cria 2(18052013:6754)	Cria 2-3(12092013:1799)	Cria 3(05022014:2172)	Neo-Cria 1	Cria 1(08032015:6150)	Cria 1-2	Solita(03012016:3102)	N/A	Neonato	Neonato-Cria 1(05072017:6974)	Cria 1(31012018:2603)
							Neonato				Cria 2(17012016:4600)				
TtGD061	Corina	Cria 1-2	Cria 2(18122011:8693)	Neo-Cria 1(07082012:2890)	Cria 1(18052013:6950)	Cria 1-2(18052013:6950)	Cria 2(22032014:8810)	Cria 2-3(10082014:7145)	Cria 3	Solita(13082015:2547)	Solita(15032016:8927)	Cria 1 a Cria 2	Cria 2(10122016:5912)	Cria 2 a Cria 3(28062017:6811)	Cria 3(destete)
														Cria 2 a Cria 3(18072017:1483)	
														Cria 2 a Cria 3(27072017:2472)	

Registro de historial reproductivo de hembras residentes con crías, respaldado con fecha de captura y código fotográfico

ANEXO 2: HISTORIA REPRODUCTIVA DE WALL E (TtGD004)

Historial reproductivo Wall E (TtGD004)



Cría 2



25-05-2011

Neonato a Cría 1



12-09-2013

Cría 1



22-04-2014

Cría 2



10-12-2014

Cría 3



03-12-2016

Neonato



23-07-2016

Cría 1



28-07-2017

Cría 1 –Cría 2



29-05-2018

Número de crías (2011-2018): 3, Intervalo de nacimientos: 3.4 años

ANEXO 3: CARTA DE RECEPCIÓN DE LA REVISTA CIENTÍFICA BIOLOGÍA TROPICAL



08 de julio del 2021
RBT-149-2021

A QUIEN INTERESE:

Hago constar que el manuscrito: **“Parámetros reproductivos de la población residente de *Tursiops truncatus* (Cetartiodactyla: Delphinidae) en el Golfo Dulce, Costa Rica”** por María del Pilar Bernal-Castro, David Herra-Miranda, Juan Diego Pacheco-Polanco y Lenin Oviedo, se encuentra en proceso de revisión del Comité Editorial de la *Revista de Biología Tropical*.

Atentamente,

Dr. Jeffrey A. Sibaja Cordero
Director



UCR