



UNIVERSIDAD DEL MAR

CAMPUS PUERTO ÁNGEL, OAXACA

**“USO DE SILBIDOS POR GRUPOS COSTEROS DE
TURSIONES (*Tursiops truncatus*, Delphinidae, Cetacea)
DE LA LAGUNA DE TÉRMINOS, CAMPECHE, MÉXICO”**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

BIÓLOGO MARINO

PRESENTA

BRENDA PATRICIA GONZÁLEZ LEAL

DIRIGIDA POR

DRA. MARIA DEL CARMEN BAZÚA DURÁN

Puerto Ángel, Oaxaca 2014

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

Después de haber analizado y evaluado la tesis “**USO DE SILBIDOS POR GRUPOS COSTEROS DE TURSIONES (*Tursiops truncatus*, Delphinidae, Cetacea) DE LA LAGUNA DE TÉRMINOS, CAMPECHE, MÉXICO**”, presentada por la Pasante de Biología Marina **Brenda Patricia González Leal**, se considera que cumple con los requisitos académicos y la calidad necesaria para ser defendida en el examen profesional.

Comisión Revisora

Dra. María del Carmen Bazúa Durán
Facultad de Ciencias, UNAM
Director

Dr. Juan Meràz Hernando
Universidad del Mar
Revisor

Dr. Carlos García Estrada
Universidad del Mar
Revisor

M. en C. Samantha Gabriela Karam
Martínez
Universidad del Mar
Revisora

M. en C. Alejandro Villareal López
Facultad de Ciencias, UNAM
Revisor

Puerto Ángel, Oaxaca, febrero de 2014

RESUMEN

Este trabajo buscó asociar las características de los silbidos con las actividades que realizaban los tursiones en la Laguna de Términos, Campeche, en el sur del Golfo de México utilizando datos que se recolectaron durante 2004. Las actividades que realizaban los tursiones se clasificaron como viaje, alimentación, social y descanso y a cada silbido se le asociaron todas las actividades que estaban realizando los tursiones. Los silbidos luego se clasificaron en tipos para construir el repertorio de silbidos de los tursiones. A cada tipo de silbido se asoció sólo una de las cuatro actividades que realizaban los tursiones, la que fuera la más frecuente, y considerando los silbidos que integraban cada tipo. Luego se calcularon la variabilidad proporcional (VP) y el índice de complejidad (IC) del repertorio de silbidos de cada actividad de los tursiones. Con 1438.67 minutos de grabación se analizaron 1113 silbidos y se obtuvieron 109 tipos de silbidos, de los cuales 29 tipos con 39 silbidos se formaron únicamente con uno, dos y tres silbidos (26.6% de los tipos, 3.5% de los silbidos, $IC_{ne1} = 0.70$, $VP_{ne1} = 74.3\%$) y hubo 9 tipos con 36 silbidos para los que no fue posible adjudicar una actividad en específico ($IC_{ne2} = 0.67$, $VP_{ne2} = 25.0\%$), por lo que no fueron considerados en el análisis. Entonces, con 71 tipos de silbidos se encontró que los tursiones utilizaron mucho los tipos de silbidos y, como la variabilidad proporcional del repertorio fue pequeña para todas las actividades de los tursiones, los tursiones emitieron muchos silbidos del mismo tipo sin importar la actividad que realizaran. Durante la alimentación se usaron un mayor número de tipos de silbidos y estos fueron de mediana complejidad (26 tipos con 440 silbidos, $IC_{ali} = 0.47$, $VP_{ali} = 5.9\%$). Durante la socialización y el descanso los silbidos fueron de gran complejidad (21 tipos con 301 silbidos, $IC_{soc} = 0.62$, $VP_{soc} = 7.0\%$ y 6 tipos con 50 silbidos, $IC_{des} = 0.63$, $VP_{des} = 12.0\%$, respectivamente), aunque durante el descanso se emitieron pocos tipos de silbidos. Durante el viaje se encontraron los silbidos con la menor complejidad (18 tipos con 247 silbidos, $IC_{via} = 0.36$, $VP_{via} = 7.3\%$). No se encontró ningún tipo de silbido que estuviera integrado por silbidos grabados cuando los tursiones realizaban la misma actividad, pero durante las actividades en que los tursiones

requieren mayor contacto acústico (e.g., durante la alimentación y la socialización) fue donde se encontró que emitieron más silbidos y más tipos, mientras que durante las actividades en que los tursiones requieren de menor contacto acústico (e.g., durante el descanso y el viaje) fue donde se encontró que emitieron menos silbidos y menos tipos. Como la complejidad de los silbidos fue mayor durante la socialización y el descanso, se sugiere que durante estas actividades es cuando los tursiones utilizan más los silbidos considerados como silbidos firma. Los resultados de este trabajo sugieren que el uso de los silbidos sí depende de la actividad que realizan los tursiones porque la complejidad de los silbidos varía de acuerdo a la actividad, aunque los tipos de silbidos que utilizan los tursiones no los usan para una actividad en particular. Entonces, al determinar el tamaño del repertorio (e.g., el número de tipos de silbidos) y al calcular el índice de complejidad del repertorio de silbidos, es posible tener un indicio de la actividad que están realizando los tursiones. Cuando el tamaño del repertorio de silbidos es grande con una alta complejidad los tursiones probablemente estén socializando, mientras que si el tamaño del repertorio es pequeño con una alta complejidad los tursiones probablemente estén descansando. Los tursiones probablemente estén alimentándose cuando el repertorio de silbidos tiene mediana complejidad y los tursiones probablemente estén viajando cuando el repertorio de silbidos tiene poca complejidad. El estudio realizado y los resultados obtenidos son especialmente relevantes en áreas donde los delfines están expuestos a los humanos y donde la visibilidad subacuática es limitada, como en la Laguna de Términos, un área natural protegida en México.

DEDICADO A:

Mi Papá y Mamá por el apoyo tan valioso moral y económico que me otorgaron durante mis estudios y lo más importante que siempre hayan creído en mí a pesar de mis tropiezos.

Mis hermanos: Yolanda por sus visitas para no sentirme tan sola y Héctor porque a pesar de la lejanía por medio de sus ánimos y pláticas que me hacían reír me daba mayor fuerza para seguir.

Mis abuelos que siempre estuvieron al pendiente de lo que me hacía falta y su optimismo, el cual me hacían sentir.

Esa persona tan especial, que siempre estuvo ahí cuando más lo necesitaba y que sin pedirme nada a cambio nunca dudo en dejarme a la deriva. Siempre te estaré agradecida (R. A. F. R.).

Mis compañeros (la vecindad del churro) y amigas de la carrera de Biología Marina (Samantha Flores, Nancy Cruz, Cristina Tlapale y Raúl Lara), por aminorar esa nostalgia de estar lejos de mi casa y siempre brindarme las alegrías y cuidados que se necesitaban.

Mi asesora la Dra. Carmen Bazúa Durán, por recibirme como su alumna y tratar de mostrarme que la constancia y la responsabilidad son la clave para la realización de un buen trabajo y que a pesar de no ser ya tan constante en la recta final nunca me dejo de lado, más bien me daba ánimos, claro a su manera. También muchas gracias por darme la oportunidad de asistir a los congresos los cuales para mí fueron de mucho aprendizaje y alegrías.

Mis amigos del cubículo de la Facultad de Física de la UNAM, Julieta Sarmiento, Alejandro Villarreal y Daniel Guevara por nunca molestarse al preguntarles muchas de mis dudas, a Diana López por su apoyo moral y por mostrarse tan linda en el congreso al que asistimos juntas. A mis amigos los físicos Fernando y Memo por siempre hacerme reír y por los momentos que vivimos fuera del cubículo. Muchas gracias a todos, por todo, de todo corazón.

A los chicos (no tan chicos) Jorge, Theo y al encargado César Zepeda del aula de computo del edificio de Física por brindarme un espacio en lo que me asignaban un cubículo y por esas tardes entretenidas de risas y platicas tan amenas.

Agradezco al Fondo Mixto CONACYT-Gobierno del Estado de Campeche y al PAPIIT-UNAM por el financiamiento otorgado a la Dra. María del Carmen Bazúa Durán para la recolección y análisis de los datos utilizados en el presente estudio, así como el apoyo económico para mi manutención (equivalente a una beca de tesis de licenciatura).

ÍNDICE

Resumen	ii
Dedicatoria y agradecimientos	v
Índice	vii
Índice de tablas	ix
Índice de figuras	xi
1 Introducción	1
1.1 Biología de la especie.....	1
1.1.1 Taxonomía	1
1.1.2 Fisonomía	2
1.1.3 Distribución y abundancia	4
1.2 Generalidades de la acústica	5
1.3 Producción de sonido en los delfines	7
1.4 Generalidades del comportamiento y comunicación en animales	9
1.5 Uso de silbidos en delfines	12
2 Antecedentes	13
3 Justificación	16
4 Hipótesis.....	18
5 Objetivo	18
5.1 Objetivo general	18
5.2 Objetivos específicos	18
6 Área de estudio	18
7 Material y método	20
7.1 Trabajo de campo	21
7.2 Análisis de datos	23
7.2.1 Obtención del contorno de los silbidos	23

7.2.2	Obtención del repertorio de los silbidos	28
7.2.3	Descripción del repertorio de silbidos.....	33
7.2.4	Adjudicación de una actividad a cada tipo de silbido	36
7.2.5	Uso del repertorio de silbidos	39
7.2.6	Tipos de silbidos no representativos	39
8	Resultados	40
8.1	Descripción del repertorio de silbidos	41
8.2	Relación entre el repertorio de silbidos y la actividad de los tursiones.....	51
8.3	Repertorio de silbidos no representativos	66
9	Discusión	71
9.1	Tasa de emisión	71
9.2	Equitabilidad y variabilidad proporcional	74
9.3	Índice de complejidad	76
9.4	Relación entre el repertorio de silbidos y la actividad de los tursiones	77
9.5	Repertorio de silbidos no representativos	80
10	Conclusiones	84
11	Uso de ARTwarp y otros comentarios	86
12	Bibliografía	88
ANEXO I	233 grabaciones y 1113 silbidos analizados	95
ANEXO II	Cálculos realizados para poder asignarle una actividad a cada tipo de silbido	114

Índice de tablas

Tabla 1	Clasificación taxonómica de la especie <i>Tursiops truncatus</i> Montagu, 1821	2
Tabla 2	Ejemplo de contornos para cada una de las cuatro categorías generales de los tipos de silbidos: silbidos complejos con gran modulación, silbidos complejos con poca modulación, silbidos simples con modulación lineal corta y silbidos simples con modulación lineal larga	35
Tabla 3	Ejemplificación de cómo sacar el valor del índice de complejidad, I.C. para el repertorio de silbidos	36
Tabla 4	Ejemplificación de la adjudicación de la actividad para el tipo de silbido 22, la cual fue S porque fue la actividad que más se repetía con una proporción global de 0.45	37
Tabla 5	Tipos de silbidos ordenados por el número de silbidos que lo formaron, incluyendo la actividad de los tursiones adjudicada y la variabilidad proporcional por tipo de silbido, así como el índice de complejidad, variabilidad proporcional y equitabilidad de acuerdo al intervalo de tipos de silbidos ..	43
Tabla 6	Número de silbidos y de tipos de silbidos con respecto a la actividad que fueron adjudicados, así como aquellos no representativos (los tipos de silbidos con 1, 2 y 3 silbidos y los tipos de silbidos a los que no se les pudo adjudicar una actividad), mostrando los valores del índice de complejidad, de la variabilidad proporcional, del número de silbidos por tipo y de la proporción global por actividad (social, alimentación, viaje y descanso) y de las cuatro actividades en conjunto	49
Tabla 7	Repertorio de los 109 tipos de los tursiones de la Laguna de Términos separados de acuerdo a la categoría general (complejos de gran modulación, complejos de poca modulación, simples largos y simples cortos).....	54
Tabla 8	Los 26 tipos de silbidos de la actividad de alimentación ordenados por el número de silbidos que lo formaron, incluyendo la proporción global, el índice de complejidad, la variabilidad proporcional y el promedio del número de silbidos por tipo	58

Tabla 9	Los 21 tipos de silbidos de la actividad social ordenados por el número de silbidos que lo formaron, incluyendo la proporción global, el índice de complejidad, la variabilidad proporcional y el promedio del número de silbidos por tipo ..	59
Tabla 10	Los 18 tipos de silbidos de la actividad de viaje ordenados por el número de silbidos que lo formaron, incluyendo la proporción global, el índice de complejidad, la variabilidad proporcional y el promedio del número de silbidos por tipo ..	60
Tabla 11	Los 6 tipos de silbidos de la actividad de descanso ordenados por el número de silbidos que lo formaron, incluyendo la proporción global, el índice de complejidad, la variabilidad proporcional y el promedio del número de silbidos por tipo ..	61
Tabla 12	Tipos de silbidos con 1, 2 y 3 silbidos, en donde se les calculó el valor de complejidad y la proporción de las actividades ..	68
Tabla 13	Tipos de silbidos sin actividad adjudicada, con valores de índice de complejidad, variabilidad proporcional y promedio y desviación estándar del número de silbidos por tipo ..	69

Índice de figuras

Figura 1	Fisonomía de un delfín <i>Tursiops truncatus</i> ..	3
Figura 2	Mapa de distribución de <i>Tursiops truncatus</i> a lo ancho del mundo ..	4
Figura 3	Representación de una onda acústica. A. Oscilograma o forma de la onda y B. espectro de un silbido de un delfín silvestre (tomada de Bazúa Durán, 2010) ..	6
Figura 4	Esquema que ilustra la anatomía de la cabeza de un <i>Tursiops truncatus</i> . Generador de sonido: labios fónicos y complejo de bolsas dorsales (modificado de Cranford <i>et al.</i> , 1996) ..	8
Figura 5	Representación gráfica de un silbido en un espectrograma, donde se muestra la frecuencia fundamental y dos armónicos superiores para un silbido (modificado de Bazúa Durán, 2010) ..	10

Figura 6	Representación gráfica de un silbido firma (tomada de Sayigh & Janik, 2010)	12
Figura 7	Región costera de estudio del sur del Golfo de México (tomada de Google-INEGI, 2012)	20
Figura 8	Espectrograma de un silbido en una ventana de 3 segundos de duración	24
Figura 9	Ejemplos de silbidos de contorno simple de modulación lineal	31
Figura 10	Ejemplo de silbidos de contorno complejo de modulación variada.....	31
Figura 11	Distribución (a) de los tipos de silbidos y (b) del número de silbidos de acuerdo al número de silbidos que formaron cada tipo.....	42
Figura 12	Distribución (a) del número de tipos de silbidos y (b) del número de silbidos de acuerdo a las cuatro categorías generales del repertorio de silbidos	43
Figura 13	Valores promedio del índice de complejidad con respecto al número de silbidos por tipo. Del lado izquierdo se muestra el número de tipos de silbidos utilizados para calcular el promedio del índice de complejidad por número de silbidos por tipo	50
Figura 14	Número de tipos de silbidos y de silbidos con respecto a la actividad que fueron adjudicados, así como aquellos no representativos (los 29 tipos de silbidos con uno, dos y tres silbidos y los 8 tipos de silbidos a los que no se les pudo adjudicar una actividad).....	52
Figura 15	Distribución de silbidos analizados en (a) número de tipos de silbidos y (b) el número de silbidos para a las cuatro categorías generales de silbidos	53
Figura 16	Distribución de número de tipos de silbidos y del número de silbidos de acuerdo a las cuatro categorías generales del repertorio de silbidos y considerando la actividad de los tursiones: (a) alimentación, (b) social, (c) viaje y (d) descanso	62

Figura 17	Repertorio de los 10 tipos de silbidos de los tursiones de la Laguna de Términos con un mayor número de silbidos por tipo (más de 30 silbidos por tipo) separados de acuerdo a la categoría general de silbido y de acuerdo a la actividad de los tursiones, incluyendo los tipos de silbidos no representativos. N= 395 silbidos	63
Figura 18	Repertorio de los 22 tipos de silbidos de los tursiones de la Laguna de Términos con un número de silbidos por tipo intermedio (entre de 11 y 29 silbidos por tipo) separados de acuerdo a la categoría general de silbido y de acuerdo a la actividad de los tursiones, incluyendo los tipos de silbidos no representativos. N= 378 silbidos	64
Figura 19	Repertorio de los 77 tipos de silbidos de los tursiones de la Laguna de Términos con un menor número de silbidos por tipo (con 10 o menos silbidos por tipo) separados de acuerdo a la categoría general de silbido y de acuerdo a la actividad de los tursiones, incluyendo los tipos de silbidos no representativos. N= 340 silbidos	65
Figura 20	(a) Número de tipos para los silbidos con uno, dos y tres silbidos, (b) Número de silbidos para los tipos con uno, dos y tres silbidos.....	67
Figura 21	Distribución de número de tipos de silbidos y el número de silbidos de acuerdo a las cuatro categorías generales del repertorio de silbidos no representativos: (a) tipos con uno, dos y tres silbidos y (b) tipos de silbidos sin actividad adjudicada	70
Figura 22	Distribución del (a) número de tipos de silbidos y (b) del número de silbidos para los tipos de silbidos con uno, dos y tres silbidos de acuerdo a la adjudicación posible actividad que realizaban los tursiones	82